



U. PORTO




FACULDADE DE
MEDICINA DENTÁRIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

MONOGRAFIA
MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

ALINHADORES ORTODÔNTICOS:
PREVISIBILIDADE DE MOVIMENTO DENTÁRIO

Edinara Midyan Ilg

Porto, 2022





**ARTIGO DE REVISÃO BIBLIOGRÁFICA
MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA**

**ALINHADORES ORTODÔNTICOS:
PREVISIBILIDADE DE MOVIMENTO DENTÁRIO**

Edinara Midyan Ilg

Estudante do Mestrado Integrado em Medicina Dentaria na
Faculdade de Medicina Dentaria da Universidade do Porto

up202101361@up.pt / nara.ilg@hotmail.com

Orientadora:

Prof. Doutora Maria João Feio Ponces Ramalhão

Professora Auxiliar da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto

mponces@fmd.up.pt

Coorientador:

Prof. Doutor Danilo Pinelli Valarelli

Professor e Coordenador do Curso de Especialização em Ortodontia do CPO – Bauru/SP

dvalarelli@gmail.com

Porto, 2022

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, por ser a base das minhas conquistas, por guiar meus passos, pelas pessoas que coloca em meu caminho e pelas oportunidades de aprendizado.

À Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto, por este período de aprendizagem e crescimento profissional e pessoal.

À minha Orientadora, Professora Doutora Maria João Feio Ponces Ramalhão, pelo tempo despendido, por toda a ajuda e partilha de conhecimentos.

Ao meu Coorientador, Professor Doutor Danilo Pinelli Valarelli, pela atenção prestada e sabedoria transmitida.

À Professora Cristina Paschotto, pelo auxílio essencial tanto na escolha do tema quanto nos detalhes finais, mas acima de tudo a amizade e incentivo constantes.

À Sarah, pelo apoio incondicional, pelo suporte, carinho e compreensão. Obrigada por ser luz, aconchego e alegria.

À Minha Mãe e ao Meu Pai, por terem estado sempre presentes, mesmo que virtualmente, durante o meu percurso, pelo amor, educação e por sempre me incentivarem a seguir meus sonhos.

*“If you do not go after what you want, you will never have it.
If you do not ask, the answer will always be no.
If you do not step forward, you will always be in the same place.”*

Author Unknown

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	III
ÍNDICE GERAL	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ABREVIATURAS	VII
RESUMO	VIII
ABSTRACT	IX
INTRODUÇÃO	1
MATERIAIS E MÉTODOS	4
ALINHADORES ORTODÔNTICOS: PREVISIBILIDADE DE MOVIMENTO DENTÁRIO	5
<i>ATTACHMENTS</i>	5
MOVIMENTO DENTÁRIO ORTODÔNTICO	6
INCLINAÇÕES	6
PREVISIBILIDADE DA INCLINAÇÃO COM TERAPIA DE ALINHADOR	7
TORQUE	8
PREVISIBILIDADE DO TORQUE COM TERAPIA DE ALINHADOR	9
ROTAÇÃO	11
PREVISIBILIDADE DA CORREÇÃO ROTACIONAL COM TERAPIA DE ALINHADOR	11
INTRUSÃO	13
PREVISIBILIDADE DA INTRUSÃO COM TERAPIA DE ALINHADOR	14
EXTRUSÃO	15
PREVISIBILIDADE DA EXTRUSÃO COM TERAPIA DE ALINHADOR	16
TRANSLAÇÃO	16
PREVISIBILIDADE DA DISTALIZAÇÃO COM TERAPIA DE ALINHADORES	17
PREVISIBILIDADE DO FECHAMENTO DE ESPAÇO COM TERAPIA DE ALINHADOR	18
CONCLUSÃO	21
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
ANEXOS	24
TABELA DOS ARTIGOS ANALISADOS	25
PARECER DA ORIENTADORA	26
PARECER DO COORIENTADORA	27
DECLARAÇÃO DE AUTOR.....	28
DECLARAÇÃO DE FORMA DE DIVULGAÇÃO DO TRABALHO	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - <i>Attachments</i> Convencionais e <i>Attachments</i> Optimizados ⁽¹⁶⁾	6
Figura 2 - Movimento de Inclinação Descontrolada. ⁽¹⁾	7
Figura 3 - Movimento de Inclinação Controlada. ⁽¹⁾	7
Figura 4 - Movimento de Torque. ⁽¹⁾	9
Figura 5 - Imagem demonstrativa de <i>power ridge</i> do Invisalign®. ⁽³⁾	9
Figura 6 - Movimento de Rotação. ⁽²⁾	11
Figura 7 - Movimento de Intrusão. ⁽¹⁾	14
Figura 8 - As Rampas de mordida. ⁽¹⁹⁾	15
Figura 9 - Movimento de Extrusão. ⁽¹⁾	15
Figura 10 - Movimento de Translação. ⁽¹⁾	17

ABREVIATURAS

CAT	Clear Aligner Therapy <i>(Terapia de Alinhadores Transparentes)</i>
CAD/CAM	Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing <i>(Projeto Auxiliado por Computador / Fabricação Auxiliada por Computador)</i>
3D	Três Dimensões
MDO	Movimento Dentário Ortodôntico
IPR	Interproximal Reduction <i>(Redução Interproximal)</i>

RESUMO

Introdução: Os alinhadores transparentes são uma alternativa usada na ortodontia para as correções das más oclusões dentárias. As considerações estéticas e as demandas dos pacientes por tratamento ortodôntico "invisível" impuseram certas metas para a previsão do movimento dentário antecipado, com maior interesse no alinhamento dentário.

Objetivo: O presente trabalho tem por finalidade analisar através das evidências disponíveis a previsibilidade da movimentação ortodôntica com alinhadores transparentes, especificamente do sistema Invisalign®.

Materiais e Métodos: A pesquisa dos artigos científicos foi realizada através de uma busca com recurso às bases de dados *PubMed*, *Web of Science*, *Scopus* e *Google Scholar*. A recolha de dados foi limitada ao período temporal de publicação de artigos estabelecido foi de 2012 a 2022 e aos idiomas inglês ou português.

Desenvolvimento: O uso dos alinhadores estéticos no tratamento ortodôntico ainda gera muitas controvérsias entres os profissionais da área. De um modo geral a previsibilidade do movimento dentário rotacional com alinhadores é ainda muito baixa, assim como a intrusão de dentes anteriores e extrusão de dentes posteriores (correção da sobremordida profunda). Porém a precisão e previsibilidade dos movimentos dentários com alinhadores estéticos melhorou muito nos últimos anos para as inclinações dentárias, torques, movimento de translação (distalização) e correção de mordida aberta.

Conclusão: Apesar das limitações dos alinhadores transparentes em relação à previsibilidade da maioria dos movimentos dentários, a precisão do movimento e a correção dos parâmetros dentários têm sido muito aperfeiçoadas nos últimos anos. São necessários mais estudos sobre a previsibilidade e eficácia de movimentos ortodônticos dentários com alinhadores transparentes para o sucesso com esta ferramenta terapêutica.

Palavras-Chaves: Alinhadores Ortodônticos; Invisalign®; Movimento Dentário Ortodôntico; Previsibilidade do Movimento; Precisão do Movimento.

ABSTRACT

Introduction: Clear aligners are an alternative used in orthodontics for the correction of dental malocclusions. Esthetic considerations and patient demands for "invisible" orthodontic treatment have imposed certain goals for predicting anticipated tooth movement, with greater interest in tooth alignment.

Objective: The present work aims to analyze, through the available evidence, the predictability of orthodontic movement with clear aligners, specifically the Invisalign® system.

Materials and Methods: The search for scientific articles was carried out through a search using *PubMed, Web of Science, Scopus and Google Scholar* databases. Data collection was limited to the time period of publication of articles established was from 2012 to 2022 and to the English or Portuguese languages.

Development: The use of esthetic aligners in orthodontic treatment still generates much controversy among professionals in the area. In general, the predictability of rotational tooth movement with aligners is still very low, as is the intrusion of anterior teeth and extrusion of posterior teeth (deep overbite correction). However, the precision and predictability of tooth movements with esthetic aligners has improved a lot in recent years for tooth inclinations, torques, translational movement (distalization) and open bite correction.

Conclusion: Despite the limitations of clear aligners regarding the predictability of most tooth movements, movement accuracy and correction of dental parameters have been greatly improved in recent years. More studies on the predictability and effectiveness of orthodontic tooth movements with clear aligners are needed for success with this therapeutic tool.

Keywords: Orthodontic Aligners; Invisalign®; Orthodontic Tooth Movement; Movement Predictability; Movement Accuracy.

INTRODUÇÃO

A Ortodontia tem mostrado uma mudança crescente em direção à terapia com alinhadores estéticos. Durante anos, os ortodontistas têm usado aparelhos fixos pré-ajustados para o tratamento ortodôntico. Embora os aparelhos fixos tenham sido altamente eficientes no tratamento das más oclusões ortodônticas, não são tão estéticos quanto os alinhadores transparentes.⁽⁴⁾ O CAT (Clear Aligner Therapy) oferece certas vantagens em relação aos tratamentos ortodônticos tradicionais com aparelhos fixos. Estes incluem menos emergências clínicas, melhora da estética, conforto, maior facilidade na higiene e saúde periodontal.⁽⁵⁾

O conceito de usar alinhadores transparentes para corrigir os dentes foi introduzido pela primeira vez em 1944, com o Posicionador Dentário (TP Orthodontics), ou seja, a terapia com alinhadores transparentes tem feito parte da prática ortodôntica há décadas. No entanto, foi desde a introdução dos aparelhos Invisalign® no mercado que se tornaram um aditamento cada vez mais comum ao arsenal ortodôntico.⁽⁶⁾

A Align Technology (Santa Clara, CA, EUA) lançou o sistema Invisalign® em 1998, graças à introdução da tecnologia CAD/CAM na Ortodontia. No início, os alinhadores foram comercializados como uma alternativa aos aparelhos fixos tradicionais em casos de má oclusão simples, como leve apinhamento ou pequeno fechamento de espaço. Com o passar do tempo, no entanto, ampliou-se a gama de casos de má oclusão que podem ser tratados por meio de alinhadores invisíveis.⁽⁷⁾

O Invisalign® é um dos aparelhos CAT mais complexos atualmente disponíveis – oferece a utilidade de envio digital ou impressão, um plano de tratamento computadorizado ajustável pelo médico dentista (com alto grau de detalhe), *design* de aparelho, manipulação de modelo 3D computadorizado com um alto nível de precisão, alinhadores de dentes moldados por pressão que são acompanhados por uma ampla gama de tipos de fixação especificamente analisados e projetados por computador, rampas de mordida anteriores, cortes de precisão e recortes de botões para facilitar a incorporação do desgaste dos elásticos em tratamento, braços de força e “*power ridges*” para melhor controle da raiz axial e controle de torque, respectivamente. Pontos de pressão também são embutidos nos alinhadores para auxiliar nos movimentos mais difíceis de verticalização e intrusão do dente.⁽⁶⁾

De acordo com os dados internos da empresa a Align Technology, registra o maior número de pacientes tratados até o momento (mais de 10 milhões) comparado a outro produto de alinhador transparente.⁽⁸⁾

As considerações estéticas e a procura dos pacientes por tratamento ortodôntico "invisível" impuseram certas metas para a previsão do movimento dentário antecipado.⁽⁹⁾ ¹⁰⁾ Foram desenvolvidos e utilizados pelas empresas *softwares* de simulação na tentativa de fornecer a visualização do resultado final do tratamento, seguindo uma série de incrementos no movimento dentário planejados individualmente.⁽⁹⁾ O ClinCheck® é o *software* patenteado pela Align Technology que permite a manipulação e o planejamento virtual das coroas dos dentes bem como a projeção radicular virtualmente planejada, baseando-se nas referências médias do comprimento das raízes. O ortodontista envia os registros iniciais do paciente, além de suas expectativas verbais sobre o resultado do tratamento, para a empresa. A empresa então fabrica uma série de alinhadores personalizados que reposicionam sequencialmente os dentes. Os alinhadores deslocam incrementalmente os dentes de posição, com base no resultado que o ortodontista espera alcançar.⁽⁵⁾ O alinhador do final do tratamento é baseado no modelo tridimensional (3D) ClinCheck®, que permite ao paciente visualizar o resultado final previsto, o progresso com cada alinhador e comparar sua evolução ao longo do tratamento.⁽¹¹⁾

Nesse sentido, a previsão dos movimentos dentários é constantemente utilizada pelas empresas fornecedoras de alinhadores para estimar a troca sequencial dos alinhadores durante o tratamento. Em última análise, isso pode levar a uma estimativa aproximada da duração do tratamento, na verdade, condicional à adesão dos pacientes. Além disso, há uma alta probabilidade de que o clínico possa usar essa ilustração simulada de tratamento como uma informação para os pacientes, que provavelmente podem estar interessados em uma representação visual decurso e do resultado de seu tratamento. Este último pode potencialmente ter um impacto sobre o consentimento informado dos pacientes para o tratamento. Pelos mesmos motivos, espera-se que o médico dentista conheça as potenciais limitações ou desvantagens dos programas de simulação relatados; isso ajudaria os pacientes a chegar a uma decisão mais informada e baseada em evidências.⁽¹²⁾

Embora a demanda do consumidor e o uso profissional de alinhadores transparentes continuem a crescer, as questões sobre a eficácia deste sistema ainda permanecem controversas. Os resultados comprometidos do tratamento após o uso de

alinhadores podem estar relacionados à incapacidade inerente dos alinhadores em atingir a quantidade de movimento dentário prevista no início do tratamento.⁽¹³⁾

Com isso, tem havido um interesse crescente em relação aos resultados de tratamento relacionados com a terapia de alinhador. Isso levou a uma série de estudos com o objetivo de avaliar as evidências existentes dentro desse campo.⁽¹²⁾

É importante avaliar evidências recentes de produtos que estão em constante evolução. Houve muitas novas atualizações na tecnologia de alinhadores transparentes, como cortes de precisão, rampas de mordida de precisão e anexos dentários que possivelmente resultaram em maior precisão e melhor previsibilidade para o movimento dentário.⁽¹⁴⁾

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi rever a literatura disponível entre 2012 e 2022, sobre a previsibilidade da movimentação ortodôntica com alinhadores transparentes, especificamente do sistema Invisalign®.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a elaboração da presente revisão bibliográfica, realizou-se à pesquisa de artigos científicos com recurso às bases de dados *PubMed*, *Web of Science*, *Scopus* e *Google Scholar*.

A estratégia de busca consistiu na utilização dos seguintes termos: “orthodontic aligners”, “Invisalign®”, “orthodontic tooth movement”, “movement accuracy” e “predictability”. Foi estabelecido um período temporal de publicação dos artigos entre o ano de 2012 e o ano de 2022, opção escolhida na base de dados utilizando o filtro “últimos 10 anos”. O filtro de idioma também foi utilizado selecionando apenas os idiomas inglês e português.

De forma a especificar os resultados da pesquisa, foram utilizados alguns critérios de exclusão:

- estudos que não com o sistema Invisalign® (Align Technology, CA, EUA);
- artigos cujo título e o resumo não estavam enquadrados no tema da monografia;
- artigos com indisponibilidade do texto integral ou que tivesse restrições de acessibilidade com impossibilidade de recolha através dos mecanismos disponíveis na Universidade do Porto;

Trinta artigos foram considerados relevantes. Destes 14 artigos eram estudos retrospectivos e foram utilizados na análise e discussão deste trabalho. Os demais eram revisões sistemáticas ou estudos que não detalharam com clareza a previsibilidade do movimento dentário com alinhador, mas que foram úteis para introduzir o presente estudo.

Na pesquisa manual foi selecionado um livro de referência.

ALINHADORES ORTODÔNTICOS: PREVISIBILIDADE DE MOVIMENTO DENTÁRIO

ATTACHMENTS

Os *attachments* estão diretamente relacionados com a otimização dos movimentos dentários ortodônticos e conseqüentemente com a previsibilidade do movimento. Os *attachments* são anexos compostos colados aos dentes para que o alinhador possa ser mais retentivo e facilitar o movimento do dente.⁽¹⁵⁾

Atualmente existem dois tipos de *attachments* da Invisalign®: otimizados e convencionais. Os otimizados são projetados e patenteados pela Align Technology para criar forças biomecânicas precisas nos dentes. Eles são colocados automaticamente pelo *software* ClinCheck® quando uma certa quantidade e tipo de movimento dentário planejado é detectado. Os *attachments* convencionais podem ser escolhidos e colocados manualmente pelo médico dentista sempre que necessário. Os *attachments* convencionais não são exclusivos do Invisalign® e são usados por outras empresas ou com *software* para criar alinhadores de consultório com impressoras 3D. Ambos os tipos de encaixe vêm em várias formas, e alguns podem ser mais úteis do que outros para dentes específicos e tipos de movimento.⁽¹⁵⁾

Os *attachments* otimizados foram desenvolvidos em 2009 com os recursos SmartForce. De acordo com a Align Technology, os acessórios otimizados são projetados para fornecer forças e momentos ideais com base na forma e posicionamento individualizados dos *attachments*. À medida que o alinhador encaixa a área de superfície ativa do *attachment*, ele é projetado para encaixar simultaneamente a face lingual do dente, resultando em um movimento rotacional para baixo no seu longo eixo. Ao observar os nichos do *attachment* no alinhador não têm a mesma forma do *attachment* otimizado. Ao contrário dos *attachments* convencionais, o *software* determina a forma do alinhador com duas considerações: a superfície “ativa” do alinhador se encaixa e aplica força na superfície “ativa” do *attachment*, enquanto a superfície “inativa” do alinhador tem um espaço intencional, proporcionando área livre para o movimento dentário. Embora isso possa dar a impressão de que o acessório não está totalmente encaixado no alinhador, esse excesso de espaço é intencional.⁽¹⁶⁾

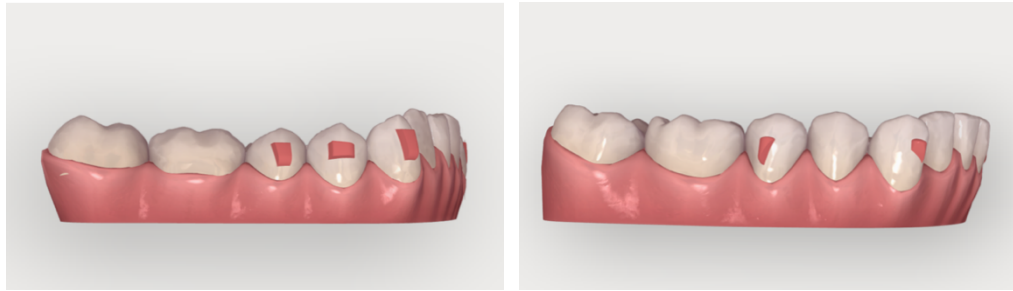


Figura 1 - Attachments Convencionais e Attachments Optimizados ⁽¹⁶⁾

Além dos *attachments*, pode ser necessário uso de acessórios, como botões e elásticos intermaxilares para aumentar eficácia do tratamento e consequentemente aumentar a previsibilidade dos movimentos.⁽¹⁶⁾

MOVIMENTO DENTÁRIO ORTODÔNTICO

O movimento dentário ortodôntico (MDO) é um processo de modelação óssea induzida mecanicamente, ou seja, uma resposta biológica à interferência no equilíbrio fisiológico do complexo dentofacial, aplicada por uma força externa. O movimento gerado por uma força ortodôntica é o produto da atividade celular que ocorre tanto ao nível do osso alveolar, com reabsorção do lado de pressão e aposição do lado de tensão, como ao nível do tecido conjuntivo, com remodelação e reparação do ligamento periodontal.⁽¹⁷⁾

Inclinações

O movimento de inclinação pode ser considerado como o movimento dentário mais seguro e biológico. Isto deve-se, principalmente, ao fato do movimento fisiológico dos dentes ocorrer em forma de inclinação. Durante o tratamento ortodôntico, um dente pode ser inclinado com certas variações em direção vestibulo-lingual ou méso-distal.⁽¹⁷⁾

De acordo com Proffit⁽²⁾, movimentos de inclinação são produzidos quando uma força simples é aplicada contra a coroa de um dente. Quando isto é feito, o dente gira em torno de seu centro de resistência. Essa inclinação pode ser controlada ou descontrolada, a inclinação descontrolada é o tipo de movimento dental mais facilmente obtido pelo profissional, também pode ser denominado de movimento pendular e origina-se do somatório da ação de uma força simples aplicada distante do centro de resistência

do dente e da tendência rotacional resultante dessa força (momento de rotação gerado frente à aplicação de uma força passando distante do centro de resistência do dente). Desse modo, quando uma força única é aplicada no dente ao nível do centro da coroa, um movimento de inclinação descontrolada irá ocorrer, provocando um movimento da coroa em uma determinada direção e do ápice dentário na direção oposta.

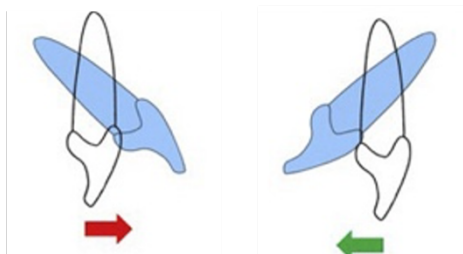


Figura 2 - Movimento de Inclinação Descontrolada.⁽¹⁾

Na inclinação controlada, o ortodontista move todo o dente, mantendo o ápice radicular imóvel. Portanto, o centro de rotação do movimento dentário coincide com o final da raiz. É o tipo de movimento necessário quando a coroa está mal posicionada, mas o mesmo não ocorre com a região apical.⁽²⁾

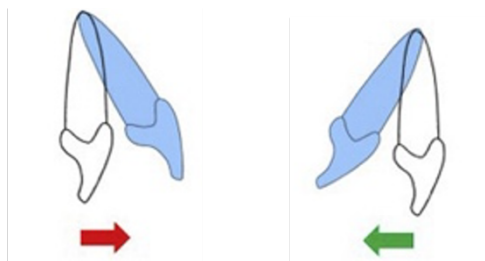


Figura 3 - Movimento de Inclinação Controlada.⁽¹⁾

Previsibilidade da Inclinação com Terapia de Alinhador

Buschang *et al.*⁽⁵⁾ observou que o controle da inclinação vestibulo-lingual posterior é relativamente previsível.

A maioria dos tratamentos de correção de apinhamento com alinhadores, que não requerem extrações, usa IPR (redução interproximal) e projeta/inclina os incisivos para alcançar um alinhamento correto do setor anterior. A correção do apinhamento usando a protrusão dos incisivos (ou seja, a extensão do comprimento do arco dentário anterior) parece ser fácil de prever e implementar.⁽¹⁸⁾

No estudo do Charalampakis *et al.*⁽¹⁹⁾ mostrou que os movimentos horizontais de todos os incisivos pareceram ser precisos, com diferenças pequenas ou insignificantes entre os valores previstos e alcançados, sendo 85% (caninos) a 98% (incisivos) de

previsibilidade alcançada no arco mandibular e 76% (caninos) a 79% (incisivos) no arco maxilar, dos resultados desejados.

Para Haouili et al.⁽²⁰⁾ o movimento dentário mais preciso com Invisalign® foi a inclinação de coroa. Assim como no o estudo de Jiang et al.⁽¹⁾ que mostrou que a inclinação pura também foi o movimento mais previsível entre incisivos com 72,48% de previsibilidade. O movimento da raiz para labial foi significativamente mais previsível do que o movimento da raiz para lingual, e o movimento dos incisivos inferiores foi significativamente mais fácil que o dos incisivos superiores. Esse achado sugere que, quando as raízes foram projetadas para se mover labialmente, a resistência no lado labial diminuiria, o que pode ser a razão pela qual o movimento labial era mais preciso. Em comparação com os incisivos superiores, os incisivos inferiores eram mais propensos a se mover labialmente, e pode haver 3 razões para isso: primeiro, mais deiscência foi encontrada na mandíbula do que na maxila, o que resultou em menos resistência; segundo, a área coronal das raízes mandibulares era menor que a das raízes maxilares, e os movimentos podiam ocorrer mesmo com força menor. Terceiro, a margem lingual do alinhador mandibular era geralmente mais longa do que o lado vestibular, o que tornava o ponto de aplicação de força no lado lingual mais próximo ao centro de resistência do dente e pode resultar em um controle radicular vestibular mais alcançável. Esses dados sugerem que os alinhadores transparentes podem alcançar maior precisão ao aliviar o apinhamento anterior mandibular com a expansão labial do que dos maxilares.

Em geral, níveis moderados de evidência propõem que a inclinação é bastante previsível. O que também pode ser atribuída ao material mais flexível do alinhador SmartForce, bem como aos *Power Ridges*, que foram usados na maioria dos estudos.

Torque

Torque é o movimento de eleição para promover a mudança do longo eixo do dente, sem alterar a posição do bordo incisal da coroa. Durante o movimento de torque, o ponto de apoio ou centro de rotação situa-se no acessório em uso. Graças à composição das forças utilizadas a raiz se desloca, enquanto a coroa mantém-se fixa.⁽²⁾

O torque dos incisivos pode ser escalonado para ter efeito ao mesmo tempo em que ocorre a retração dos incisivos. Na experiência clínica, os autores geralmente iniciam

o torque antes da retração dos incisivos. Este torque adicional dos incisivos superiores pode ajudar a prevenir a inclinação lingual descontrolada durante a retração e evitar problemas como a diminuição do *overjet* antes da conclusão do fechamento do espaço.⁽⁴⁾

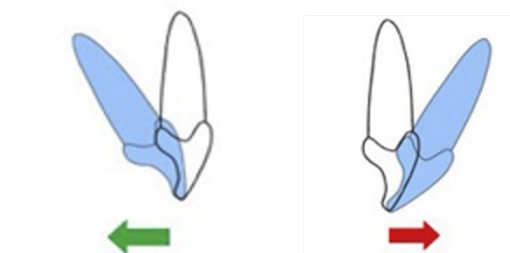


Figura 4 - Movimento de Torque.⁽¹⁾

Previsibilidade do Torque com Terapia de Alinhador

Com relação aos alinhadores transparentes, o mecanismo de aplicação de força para torque pode ser mais complicado. Por exemplo, o movimento de torque requer uma força de inclinação promovida pela deformação reversível do alinhador próximo à margem gengival e a força resultante na direção oposta produzida pelo movimento do dente contra a superfície interna oposta do aparelho próximo ao bordo do incisivo.⁽¹⁾

O recurso *Power Ridge* foi introduzido nos alinhadores Invisalign® numa tentativa de controlar o binário de forças e ajudar no movimento dos dentes em torno de seu centro de resistência. Essas bolhas positivas, internamente posicionadas nos alinhadores (verificadas por um alto relevo interno), em contato com as regiões cérvico-vestibulares dos incisivos deslocam as raízes do dente em direção palatina. Este sistema de torção da superfície do alinhador foi projetado para manter um ajuste correto na margem gengival durante a movimentação dentária. Geralmente é incorporado quando são necessários pelo menos 3 graus de torque radicular lingual.^(21, 22)

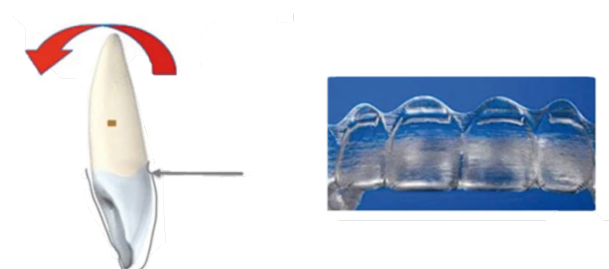


Figura 5 - Imagem demonstrativa de power ridge do Invisalign®.⁽³⁾

No estudo de Sfondrini *et al.*⁽²²⁾ mostrou que os alinhadores geraram menor controle de torque se comparados aos braquetes convencionais, porém essa diferença não foi

estatisticamente significativa, concluindo que os alinhadores mostraram boa confiabilidade clínica no controle de torque do incisivo superior.

Castroflorio *et al.*⁽²¹⁾ examinaram 12 incisivos superiores em pacientes tratados com Invisalign® usando o recurso *Power Ridge*, que precisavam de torque radicular lingual e descobriram que, quando uma correção de torque de cerca de 10° era necessária, a perda de torque era insignificante.

Simon *et al.*⁽²³⁾ relataram que a precisão média para o torque dos incisivos superiores foi de 42%. Assim como no estudo de Grünheid *et al.*⁽²⁴⁾ que mostrou controle de torque limitado para incisivos centrais, segundos pré-molares e primeiros e segundos molares superiores. O controle de torque também foi limitado para caninos inferiores e primeiros e segundos molares inferiores. Tendo como maior diferença o torque do segundo molar superior, que excedeu 2°, o que considerado clinicamente relevante.

A perda do controle de torque na região posterior pode estar relacionada à maior flexibilidade e diminuição da quantidade de força exercida pelos segmentos posteriores dos alinhadores. Além disso, os molares têm maiores áreas de superfície radicular e exigem maiores forças para o movimento dos dentes.⁽²⁴⁾

Dai *et al.*⁽²⁵⁾ mostraram que perda de torque foi estatisticamente significativa para incisivos centrais usando o sistema Invisalign®. Neste estudo não foram utilizados *power ridges* e *attachments* em incisivos centrais que poderiam aumentar o controle de torque dos incisivos

No recente estudo de Jiang *et al.*⁽¹⁾ mostrou que o movimento menos previsível entre incisivos foi o torque (35,21%), mesmo tendo usado otimizadores como *power ridge* e *attachments*.

Os resultados dos estudos sugerem que os alinhadores transparentes compartilham o mesmo princípio biomecânico de movimento dentário que os outros aparelhos ortodônticos. No entanto, as propriedades do material dos alinhadores transparentes provavelmente podem ser responsáveis por sua incapacidade de aplicar o controle radicular. A margem gengival do alinhador é elástica e teria dificuldade em aplicar forças nessa região.^(1, 23) Para superar essa fragilidade, o Invisalign® preconiza o uso de *power ridges*. Porém estudos mostraram que os alinhadores tendem a levantar durante o torque, que não teria um encaixe perfeito da borda do incisivo no alinhador com o dente.⁽²³⁾ Desta forma, o binário de forças produzido pelos alinhadores poderia não ser suficiente e, conseqüentemente, levar a uma menor eficácia do movimento. Além disso, a distorção do aparelho pode causar intrusão não intencional do dente, que é o

chamado efeito semente de melancia.⁽¹⁾ Esses resultados sugerem que mesmo pequenos movimentos de toque podem justificar a sobrecorreção.

Rotação

No movimento rotacional o dente gira sobre o seu longo eixo sob a ação de um binário, ou seja, a rotação de um dente pode ser realizada através da aplicação de duas forças de mesma magnitude e sentidos opostos.

De acordo com Proffit *et al*⁽²⁾, forças para produzir rotação de um dente em torno de seu longo eixo poderiam ser maiores do que aquelas para produzir outro tipo de movimento dentário, já que a força pode ser distribuída por todo o ligamento, em vez de uma faixa estreitamente vertical.

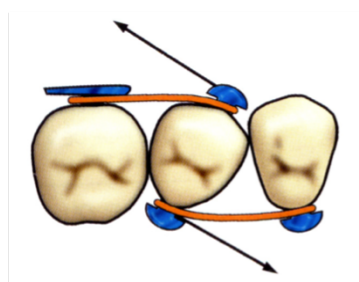


Figura 6 - Movimento de Rotação.⁽²⁾

Previsibilidade da Correção Rotacional com Terapia de Alinhador

O estudo de Simon *et al.*⁽¹³⁾ de 2014 mostrou que o movimento menos preciso foi a rotação pré-molar (40%). A correção das rotações dos molares inferiores é mais precisa que a dos pré-molares. Uma razão para isso pode ser que os molares inferiores não são tão arredondados quanto os pré-molares e têm mais área de superfície, portanto, os alinhadores podem ajustar-se melhor ao dente para fornecer as forças necessárias. Além disso, quanto maior o grau de rotação do dente, mais difícil é obter a correção rotacional completa, a precisão diminuiu significativamente com movimentos de rotação superiores a 15°.^(13, 20)

Como mostrou o estudo de Buschang *et al.*⁽⁵⁾ a precisão rotacional do movimento dentário é baixa com os alinhadores, especialmente rotações de dentes arredondados. Conforme descrito na literatura, os aparelhos termoplásticos tendem a perder ancoragem e escorregar devido à presença de poucos cortes inferiores e à forma arredondada do dente.⁽¹³⁾

No estudo de Grünheid *et al.*⁽²⁴⁾ a rotação dos dentes arredondados também foi incompleta, a rotação dos caninos superiores foi descrita como notoriamente baixa, provavelmente porque esses dentes têm as raízes mais longas da dentição com grandes áreas de superfície radicular, exigindo maior força para produzir movimentação dentária ortodôntica.

Em 2018 os achados de Charalampakis *et al.*⁽¹⁹⁾ foram estatisticamente significativos para as rotações de todos os dentes. Todas as rotações alcançadas foram significativamente menores do que as previstas. Os caninos apresentaram as maiores discrepâncias de 3,05° no arco maxilar e 2,45° no arco mandibular. Os pré-molares superiores tiveram a menor discrepância de apenas 0,9°.

No estudo de Haouili *et al.*⁽²⁰⁾ de 2020, a precisão geral com a rotação foi de 46% e esse movimento foi particularmente desafiador para os caninos, pré-molares e molares, sendo os movimentos menos precisos a rotação mesial do primeiro molar inferior (28%). A maior precisão de rotação com alinhadores foi a rotação mesial relatada para incisivos centrais superior (61%).⁽²⁰⁾

Na revisão sistemática do Koletsi *et al.*⁽⁹⁾ de 2021, foram avaliadas todas as evidências disponíveis sobre a previsão dos movimentos rotacionais dos dentes com alinhadores. Os achados desta revisão também sugeriram um potencial de imprevisibilidade para movimentos rotacionais dos dentes. A rotação canina foi identificada como o segundo movimento menos preciso em geral, cerca de 50% de diferença entre o movimento dentário previsto e o alcançado após a conclusão da principal fase ativa do tratamento.

Pode ser provável que a anatomia e o formato da coroa dos caninos seja um parâmetro restritivo significativo e isso possa prejudicar o verdadeiro potencial dos alinhadores para um movimento rotacional mais eficaz; pode-se argumentar ainda que a superfície anatômica curva dos caninos poderia potencialmente reduzir a dinâmica de aderência do acessório, caso seja utilizado nestes dentes. Na mesma direção, contatos interproximais de caninos rotacionados também podem ser considerados um preditor significativo para a diminuição da eficácia do movimento dentário, especialmente na ausência de redução interproximal do esmalte (IPR).⁽⁹⁾

No entanto, a direção da rotação foi relatada como tendo um efeito na precisão da correção rotacional, com o movimento distal demonstrando menos precisão do que o mesial. Por exemplo, para caninos superiores, a rotação mesial pode ser realizada de forma relativamente melhor e com uma maior precisão, com valores que apontam para

os 52%, em comparação com a rotação distal, que tem uma precisão menor de 37%. A maior área de contato distal pode explicar a menor precisão.⁽²⁰⁾ Este achado está possivelmente aliado à área de contato real entre canino e pré-molar, ou outros desafios potenciais de proporcionar redução de esmalte nesta área. Análises de divisão e subgrupos baseadas na direção específica dos movimentos rotacionais não puderam ser determinadas, para nenhum dos grupos de dentes examinados, tendo em vista a aparente escassez de evidências de estudos primários.⁽⁹⁾

Karras *et al.*⁽¹⁶⁾ encontraram uma acurácia média de 63,2% para esses movimentos rotacionais de caninos e pré-molares, achados com valores superiores aqueles que estudos anteriores mostram. As diferenças podem ser devidas a vários fatores, incluindo a introdução do material SmartTrack em 2013, dimensões de amostra menores em estudos anteriores, adesão variável do paciente, frequência de troca de alinhadores e a presença ou ausência de anexos. No geral, a amostra deste estudo teve 99% das rotações medidas consideradas leves (<45°), de acordo com as classificações da Align Technology; os acessórios de rotação utilizados foram os otimizados e convencionais retangulares (3mm).

É de um consenso geral que a precisão da correção rotacional é baixa e, portanto, uma sobrecorreção pode ser necessária para atingir a derrotação completa.⁽²³⁾ Os autores recomendam que a sobrecorreção de rotação seja de cerca de 20%, e que diminuir os movimentos rotacionais para cerca de 1° por sequência de alinhador durante o estadiamento pode obter uma melhor correção rotacional. Como foi demonstrado em estudos anteriores, aumentar a quantidade de movimento rotacional para mais de 1,5° por sequência de alinhador leva a uma menor precisão.⁽¹³⁾

Intrusão

Quando um dente é intruído, a força é concentrada em uma pequena área do ápice, por esta razão, forças extremamente leves são necessárias para produzir uma pressão adequada no ligamento periodontal durante a intrusão.⁽²⁾ Deve-se ter cuidado ao intruir dentes, pois forças aumentadas podem levar a um risco aumentado de reabsorção radicular. Forças leves e contínuas reduzem o risco de reabsorção radicular e permitem a intrusão dos dentes.⁽²⁶⁾

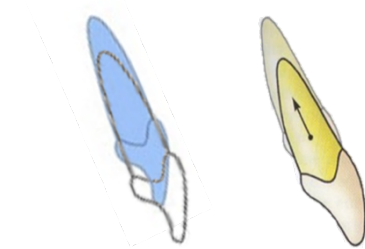


Figura 7 - Movimento de Intrusão.⁽¹⁾

Previsibilidade da Intrusão com Terapia de Alinhador

É possível intruir os dentes com o uso de aparelhos alinhadores transparentes como Invisalign®,⁽²⁷⁾ embora a eficácia da intrusão seja controversa.⁽²⁶⁾

Buschang *et al.*⁽⁵⁾ observaram que a intrusão dos dentes anteriores é relativamente previsível. No trabalho de Rossini *et al.*⁽²⁷⁾ diz-se que a intrusão usando Invisalign® é mais precisa em afetar os incisivos centrais superiores e inferiores e menos precisa na intrusão dos incisivos laterais superiores.

Os estudos de Haouili *et al.*⁽²⁰⁾ relataram um nível de intrusão dos incisivos superiores em torno de 33%. Para Charalampakis *et al.*⁽¹⁹⁾ a intrusão de incisivos foi a mais imprecisa de todos os movimentos lineares. Os incisivos centrais superiores tiveram a maior diferença. Os incisivos inferiores atingiram 26% e os caninos 51%, da intrusão prevista. Os incisivos centrais e laterais superiores foram submetidos à extrusão onde a intrusão havia sido previamente planejada. Outros dois estudos também corroboram com esse achado, ou seja, que os dentes anteriores haviam sido colocados mais oclusalmente do que o previsto e que a cúspide méso-vestibular do molar superior havia sido significativamente intruída onde nenhuma intrusão estava planejada. ^(24, 25)

Algumas intrusões posteriores geralmente ocorrem com a terapia com alinhadores e, portanto, a mordida aberta posterior é um efeito colateral típico observado com a terapia com alinhadores.⁽²⁵⁾ Vários autores verificaram que a presença de material entre os dentes posteriores superiores e inferiores pode causar intrusão molar.^(26, 28) A terapia dos alinhadores tem um efeito de bloqueio de mordida (“bite-block”), porque dois alinhadores são interpostos entre os dentes posteriores durante todo o tratamento. A intrusão inesperada dos molares faz com que os incisivos extruam nos modelos de pós-tratamento após a sobreposição. O efeito de bloqueio de mordida pode tornar as mordidas profundas mais difíceis e as mordidas abertas mais fáceis de tratar com o Invisalign®.^(19, 25, 29) Mesmo a quantidade de intrusão sendo pequena, ela pode contribuir

para a mordida aberta dos primeiros molares, que é comumente observada na prática clínica durante o tratamento com alinhadores transparentes.⁽²⁵⁾ Rampas de mordida anterior poderiam evitar o efeito de bloqueio de mordida.^(19, 29)



Figura 8 - As Rampas de mordida.⁽¹⁹⁾

A intrusão de incisivos continua sendo um desafio e não melhorou mesmo com as melhorias do Invisalign® G5 – projetado para ajudar a melhorar os resultados clínicos no tratamento de mordida profunda com Invisalign®. A baixa precisão da intrusão dos incisivos inferiores (35%) em Haouili *et al.*⁽²⁰⁾ foi semelhante aos resultados relatados por Grünheid *et al.*⁽²⁴⁾ e Charalampakis *et al.*⁽¹⁹⁾ Uma explicação para a menor precisão da intrusão dos incisivos inferiores pode ser a falta de ancoragem posterior. De acordo com o protocolo SmartForce, a ancoragem (ou decolagem do alinhador) está perto da última consideração para o *software*.⁽²⁰⁾

Extrusão

Movimento mais fácil de se obter fisiologicamente é o deslocamento do dente no sentido de sua erupção. Movimento natural que ocorre cada vez que o dente perde seu antagonista. Porém a extrusão com alinhadores parece ser mais desafiadora do que outras mecânicas ortodônticas.⁽²⁶⁾

Para Proffit *et al.*⁽²⁾ movimentos extrusivos, idealmente, não produziram áreas de compressão no ligamento, somente tensão.

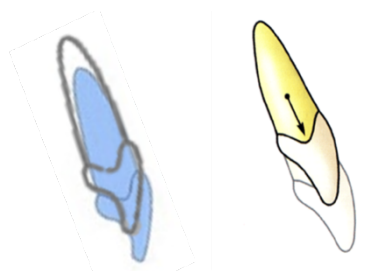


Figura 9 - Movimento de Extrusão.⁽¹⁾

Previsibilidade da Extrusão com Terapia de Alinhador

A extrusão de molares com alinhadores parece ser mais desafiadora do que com outras mecânicas ortodônticas.^(26, 27)

Numa revisão sistemática de 2015 mostrou que a extrusão foi o movimento dentário menos preciso alcançado com CAT (30% de previsibilidade). Onde os incisivos centrais tiveram a menor precisão. A quantidade média de extrusão tentada foi de 0,56mm.^(5, 27)

Resultados de um estudo retrospectivo em 2017 por Khosravi *et al.*⁽³⁰⁾ descobriram que, em média, 0,5 mm de extrusão molar foi alcançada ao corrigir uma sobremordida profunda usando alinhadores Invisalign®.

Estudos mais recentes mostraram uma melhoria na precisão da extrusão dos incisivos superiores, sendo considerado o movimento de extrusão mais previsível do que o de intrusão. A extrusão dos incisivos pareceu ser precisa, uma vez que não foram observadas diferenças estatisticamente significativas.^(19, 20, 24, 25) O estudo de Hauili *et al.*⁽²⁰⁾ mostrou que a extrusão dos incisivos superiores (55%) teve maior precisão, enquanto a extrusão dos molares superiores e inferiores (40%) teve menor precisão.

Tradicionalmente, os alinhadores eram considerados ruins na execução de movimentos extrusivos, mas houve uma melhor compreensão dos movimentos de extrusão. Uma explicação plausível para a melhoria pode ser o uso de acessórios de extrusão otimizados. Com a mecânica dos alinhadores, a extrusão agora pode ser alcançada de forma mais previsível.⁽²⁰⁾

A maior precisão da extrusão dos incisivos e da intrusão dos molares e a baixa precisão da intrusão dos incisivos e da extrusão molar sugerem que o Invisalign® é mais eficaz no fechamento da mordida, em vez da abertura da mordida. Khosravi *et al.*⁽³⁰⁾ relataram que apenas 1,5 mm de melhoria da sobremordida poderia ser esperada com o Invisalign®, que é metade da quantidade normalmente alcançada com aparelhos fixos. Talvez as más oclusões de mordida profunda que exigem intrusão mandibular verdadeira e extrusão posterior se beneficiem da "mecânica híbrida" do Invisalign® maxilar com aparelhos fixos mandibulares.

Translação

O movimento de translação, por definição, é a progressão simultânea da coroa e do ápice radicular na mesma direção. Desse modo, a translação ou o movimento em

corpo é aquele deslocamento em que o dente não sofre alteração em seu longo eixo. O centro de rotação, no movimento de translação, está no infinito. Pode-se demonstrar que uma única força, agindo através do centro de resistência do dente, produz a translação pura do mesmo.⁽²⁾

Clinicamente Proffit ⁽²⁾ considera necessário a aplicação de duas forças simultaneamente sobre a coroa de um dente para se conseguir o movimento de translação. Desta forma, a coroa e o ápice radicular movem-se na mesma direção e quantidade, comprimindo o ligamento periodontal uniformemente.

A distalização dos molares superiores é frequentemente necessária em pacientes sem extração de Classe II. Resolver as relações molares de Classe II por distalização de molares superiores pode ser indicado para pacientes com discrepâncias esqueléticas menores.⁽³¹⁾

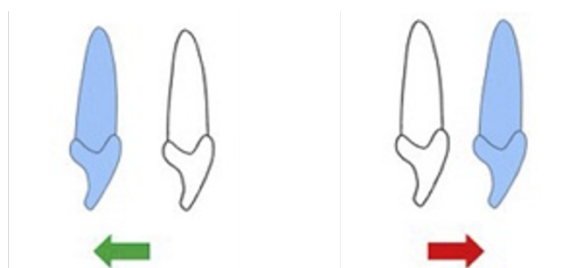


Figura 10 - Movimento de Translação.⁽¹⁾

Previsibilidade da Distalização com Terapia de Alinhadores

A distalização com alinhadores pode ser alcançada com o movimento sequencial dos dentes posteriores. Por exemplo, se os segundos molares estão presentes, então os segundos molares são distalizados primeiro, seguidos pelos primeiros molares, seguidos pelos pré-molares e assim por diante.⁽²⁷⁾ Quando os segundos molares são distalizados, os primeiros molares e todos os dentes anteriores a ele em ambos os lados atuam como unidade de ancoragem.⁽²³⁾

Em 2014 no estudo de Simon *et al.*⁽²³⁾ o movimento mais efetivo foi a distalização do molar, relatando uma alta precisão (88%) do movimento em corpo dos molares superiores com alinhadores quando um movimento médio de distalização de 2,7mm foi prescrito. Os autores relataram ainda melhor precisão quando o movimento foi apoiado pela presença de um *attachment* na superfície do dente.

Em uma revisão de Rossini *et al.*⁽²⁷⁾ de 2015, afirmaram que os alinhadores Invisalign® são eficazes no controle do movimento em corpo dos molares superiores quando uma distalização de 1,5mm foi prescrita.

Em 2016 no estudo de Ravera *et al.*⁽³¹⁾ foi demonstrado que o primeiro e segundo molar superior pode ser distalizados de 2 a 3 mm efetivamente com alinhadores em combinação com elásticos intermaxilares, sem movimentos verticais significativos da coroa e inclinação e sem efeitos significativos na dimensão vertical, tendo o Invisalign® uma alta previsibilidade na realização de movimento.

O excelente controle de dimensão vertical durante distalização dos molares superiores com alinhadores ortodônticos também foi comprovada no estudo de Caruso *et al.*⁽³²⁾ representando uma solução ideal para o tratamento de indivíduos hiperdivergentes ou de mordida aberta. Afirmando ainda permitir um excelente controle do torque incisal sem perda de ancoragem durante o procedimento ortodôntico.

Com esses resultados encorajadores os médicos dentistas podem considerar o uso de alinhadores no planejamento do tratamento de pacientes que necessitam de 2 a 3 mm de distalização dos molares superiores.

Previsibilidade do Fechamento de Espaço com Terapia de Alinhador

O fechamento do espaço ortodôntico geralmente requer movimento de translação dos dentes para alcançar o posicionamento paralelo da raiz dos dentes adjacentes ao espaço de extração. Além disso, é importante manter o torque dos dentes anteriores superiores em casos de extração. No entanto, o controle de torque com alinhadores é controverso.⁽²²⁾

No estudo de Dai *et al.*⁽²⁵⁾ mostrou-se que devido à perda de ancoragem do molar, no fechamento de espaço, a quantidade de retração alcançada dos incisivos foi menor do que o previsto. O controle da ancoragem dos primeiros molares e a retração dos incisivos centrais não foram totalmente alcançados, conforme previsto no primeiro tratamento de extração pré-molar com Invisalign®. Ou seja, os resultados não foram favoráveis em casos de extração de primeiros pré-molares tratados com Invisalign®, não tiveram um bom controle de ancoragem nem de torque.⁽²⁵⁾ Dai *et al.*⁽²⁵⁾ sugerem, na sua pesquisa, que se o controle máximo de ancoragem for necessário no tratamento com

alinhadores, a ancoragem auxiliar como mini implantes deve ser considerada, bem como o uso de *attachments* e as sobrecorreções para melhor resultado de tratamento.

Os achados do estudo de Dai *et al.*⁽²⁵⁾ mostraram ainda que o apinhamento inicial e a perda de ancoragem também foram correlacionados no tratamento com alinhadores transparentes. Quanto maior o apinhamento, menor a inclinação mesial e translação dos primeiros molares. O espaço de extração é usado principalmente para aliviar o apinhamento e retrair os dentes anteriores. De acordo com os princípios biomecânicos, geralmente é necessária menor ancoragem para aliviar o apinhamento do que para retrair os dentes anteriores.

Já na pesquisa de Galan-Lopez *et al.*⁽³³⁾ mostraram um bom paralelismo radicular quando Invisalign® é usado em tratamentos com extrações.

CONSIDERAÇÕES

Apesar das limitações com os alinhadores transparentes em relação à previsibilidade da maioria dos movimentos dentários, a precisão do movimento e a correção dos parâmetros dentários melhoraram nos últimos anos. Essas mudanças devem-se às pesquisas contínuas e novos produtos lançados.

O movimento ortodôntico é uma questão multifatorial, ou seja, existem muitas variáveis que influenciam a movimentação dentária, mas pouquíssimos estudos analisaram esses parâmetros. Não é só a anatomia da coroa, o comprimento da raiz, a localização do centro de resistência e a densidade óssea, outros parâmetros, como sexo e idade do paciente, também podem influenciar a resposta à aplicação dos alinhadores, como sugerido pela literatura.⁽³⁴⁾ Além disso, as características do material, espessura, aplicação do protocolo de alinhamento e estadiamento podem afetar a eficiência do movimento ortodôntico. A “leitura” do movimento prescrito no alinhador está diretamente associada à aderência do alinhador ao redor da região cervical das coroas dos dentes, ou seja, à má aderência do alinhador ao redor das coroas e à diminuição das forças na região cervical do dente dentro do alinhador, que não irá gerar a movimentação prevista.⁽²⁰⁾ Quanto melhor for essa aderência entre alinhador e dente melhor será a expressão do movimento, conseqüentemente teremos melhores resultados de previsibilidade. Todos esses parâmetros precisarão de ser cuidadosamente investigados em pesquisas futuras.^(25, 35)

Outras limitações notáveis incluem aquelas que dependem da adesão do paciente, como o uso dos alinhadores conforme prescrito e o uso de elásticos intraorais conforme instruído, sem mencionar as imprecisões associadas ao autorrelato do paciente. Há também limitações associadas ao médico dentista devido a imprecisões ao colocar anexos e ao realizar o IPR.

Muitos autores apoiam que o uso de dispositivos auxiliares de ancoragem, *power ridges*, o *designer* do *attachment* e a sobrecorreção devem ser considerados para ajudar a alcançar as movimentações previstas.^(16, 25)

Um item foi unânime a todos os autores.^(1, 16, 19, 20, 22, 24, 25, 32) De facto, mais pesquisas sobre o tema usando um meio tão preciso quanto reprodutível de sobreposição e medição de modelos é necessário e deverá envolver amostras maiores para esclarecer os potenciais benefícios e desvantagens dos sistemas de alinhadores.

CONCLUSÃO

De um modo geral foi relatado que a previsibilidade do movimento dentário rotacional com alinhadores é ainda muito baixa, assim como a intrusão de dentes anteriores e extrusão de dentes posteriores. Porém a precisão e previsibilidade dos movimentos dentários com alinhadores estéticos melhorou muito nos últimos anos para as inclinações dentárias, torques, movimento de translação (distalização) e correção da mordida aberta.

Não podemos esquecer que os princípios básicos de movimentação ortodôntica dentária para alinhadores permanecem os mesmos dos aparelhos fixos pré-ajustados. A sobrecorreção e o uso de acessórios ajuda a obter uma melhor correção. Se tais princípios forem compreendidos, melhores resultados de tratamento podem ser alcançados.

Mais estudos sobre a previsibilidade e eficácia de movimentos ortodônticos dentários com alinhadores transparentes fornecerá informação de extrema importância para o sucesso dessa terapia ortodôntica com recurso a estes alinhadores. De facto, uma vez conhecidas as limitações e a precisão de um movimento dentário específico, a sua correção antecipada no ClinCheck® poderá ser realizada, ajudando a projetar a quantidade de movimento no plano tratamento, reduzindo assim a frequência de refinamentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Jiang T, Jiang YN, Chu FT, Lu PJ, Tang GH. A cone-beam computed tomographic study evaluating the efficacy of incisor movement with clear aligners: Assessment of incisor pure tipping, controlled tipping, translation, and torque. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2021;159(5):635-43.
2. Proffit W, Fields H Jr, Larson B, Sarver D. *Contemporary Orthodontics* 6th ed. Philadelphia: Elsevier; 2019. 729 p.
3. Noar JH, Sharma S, Roberts-Harry D, Qureshi T. A discerning approach to simple aesthetic orthodontics. *Br Dent J.* 2015;218(3):157-66.
4. Mehta S, Patel D, Yadav S. Staging Orthodontic Aligners for Complex Orthodontic Tooth Movement. *Turk J Orthod.* 2021;34(3):202-6.
5. Buschang PH, Shaw SG, Ross M, Crosby D, Campbell PM. Comparative time efficiency of aligner therapy and conventional edgewise braces. *Angle Orthod.* 2014;84(3):391-6.
6. Weir T. Clear aligners in orthodontic treatment. *Aust Dent J.* 2017;62:58-62.
7. Lombardo L, Arreghini A, Ramina F, Huanca Ghislanzoni LT, Siciliani G. Predictability of orthodontic movement with orthodontic aligners: a retrospective study. *Prog Orthod.* 2017;18(1):35.
8. Invisalign. Quem nós somos. [cited 2022 21 Fev]. Available from: <https://www.aligntech.com/>.
9. Koletsi D, Iliadi A, Eliades T. Predictability of rotational tooth movement with orthodontic aligners comparing software-based and achieved data: A systematic review and meta-analysis of observational studies. *J Orthod.* 2021;48(3):277-87.
10. Robertson L, Kaur H, Fagundes NCF, Romanyk D, Major P, Flores Mir C. Effectiveness of clear aligner therapy for orthodontic treatment: A systematic review. *Orthod Craniofac Res.* 2020;23(2):133-42.
11. Morton J, Derakhshan M, Kaza S, Li C. Design of the Invisalign system performance. *Semin Orthod.* 2017;23(1):3-11.
12. Papageorgiou SN, Koletsi D, Iliadi A, Peltomäki T, Eliades T. Comment on: Treatment outcome with orthodontic aligners and fixed appliances: a systematic review with meta-analyses. *Eur J Orthod.* 2020;42(3):344-6.
13. Simon M, Keilig L, Schwarze J, Jung BA, Bourauel C. Treatment outcome and efficacy of an aligner technique--regarding incisor torque, premolar derotation and molar distalization. *BMC Oral Health.* 2014;14:68.
14. Houle J-P, Piedade L, Todescan R Jr, Pinheiro FH. The predictability of transverse changes with Invisalign. *Angle Orthod.* 2017;87(1):19-24.
15. Graber LW, Vanarsdall RL, Vig KW, Huang GJ. *Orthodontics: Current Principles and Techniques.* 6th ed. St. Louis, Missouri: Elsevier; 2017.
16. Karras T, Singh M, Karkazis E, Liu D, Nimeri G, Ahuja B. Efficacy of Invisalign attachments: A retrospective study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2021;160(2):250-8.
17. Maló L, Cabrita A, Rafael A. Movimento ortodôntico; avaliação do ligamento periodontal num estudo experimental em ratas Wistar adultas. *Revi Port de Estomatol Med Dent Cir Maxilofac.* 2014;55(3):152-8.
18. Krieger E, Seiferth J, Marinello I, Jung BA, Wriedt S, Jacobs C, et al. Invisalign® treatment in the anterior region: were the predicted tooth movements achieved? *J Orofac Orthop.* 2012;73(5):365-76.

19. Charalampakis O, Iliadi A, Ueno H, Oliver DR, Kim KB. Accuracy of clear aligners: A retrospective study of patients who needed refinement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2018;154(1):47-54.
20. Haouili N, Kravitz ND, Vaid NR, Ferguson DJ, Makki L. Has Invisalign improved? A prospective follow-up study on the efficacy of tooth movement with Invisalign. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2020;158(3):420-5.
21. Castroflorio T, Garino F, Lazzaro A, Debernardi C. Upper-incisor root control with Invisalign appliances. *J Clin Orthod.* 2013;47(6):346-51.
22. Sfondrini MF, Gandini P, Castroflorio T, Garino F, Mergati L, D'Anca K, et al. Buccolingual inclination control of upper central incisors of aligners: a comparison with conventional and self-ligating brackets. *Biomed Res Int.* 2018;2018.
23. Simon M, Keilig L, Schwarze J, Jung BA, Bourauel C. Forces and moments generated by removable thermoplastic aligners: incisor torque, premolar derotation, and molar distalization. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2014;145(6):728-36.
24. Grünheid T, Loh C, Larson BE. How accurate is Invisalign in nonextraction cases? Are predicted tooth positions achieved? *Angle Orthod.* 2017;87(6):809-15.
25. Dai F-F, Xu T-M, Shu G. Comparison of achieved and predicted tooth movement of maxillary first molars and central incisors: First premolar extraction treatment with Invisalign. *Angle Orthod.* 2019;89(5):679-87.
26. Blundell HL, Weir T, Kerr B, Freer E. Predictability of overbite control with the Invisalign appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2021;160(5):725-31.
27. Rossini G, Parrini S, Castroflorio T, Deregibus A, Debernardi CL. Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: a systematic review. *Angle Orthod.* 2015;85(5):881-9.
28. Wheeler TT. Orthodontic clear aligner treatment. *Semin Orthod.* 2017;23(1):83-9.
29. Harris K, Ojima K, Dan C, Upadhyay M, Alshehri A, Kuo CL, et al. Evaluation of open bite closure using clear aligners: a retrospective study. *Prog Orthod.* 2020;21(1):23.
30. Khosravi R, Cohanim B, Hujoel P, Daher S, Neal M, Liu W, et al. Management of overbite with the Invisalign appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2017;151(4):691-9. e2.
31. Ravera S, Castroflorio T, Garino F, Daher S, Cugliari G, Deregibus A. Maxillary molar distalization with aligners in adult patients: a multicenter retrospective study. *Prog Orthod.* 2016;17(1):1-9.
32. Caruso S, Nota A, Ehsani S, Maddalone E, Ojima K, Tecco S. Impact of molar teeth distalization with clear aligners on occlusal vertical dimension: A retrospective study. *BMC Oral Health.* 2019;19(1):1-5.
33. Galan-Lopez L, Barcia-Gonzalez J, Plasencia E. A systematic review of the accuracy and efficiency of dental movements with invisalign®. *Korean J Orthod.* 2019;49(3):140-9.
34. Chisari JR, McGorray SP, Nair M, Wheeler TT. Variables affecting orthodontic tooth movement with clear aligners. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2014;145(4):S82-S91.
35. Drake CT, McGorray SP, Dolce C, Nair M, Wheeler TT. Orthodontic tooth movement with clear aligners. *Int Sch Res Notices.* 2012;2012.

ANEXOS

TABELA DOS ARTIGOS ANALISADOS

Autores	Ano	Título do Artigo	Objetivo da Pesquisa	CONCLUSÃO
Jiang T, Jiang YN, Chu FT, Lu PJ, Tang GH.	2021	A cone-beam computed tomographic study evaluating the efficacy of incisor movement with clear aligners: Assessment of incisor pure tipping, controlled tipping, translation, and torque.	A eficácia dos movimentos dos incisivos com alinhadores claros no plano sagital foi avaliada.	Esses resultados indicam que tanto a eficácia quanto a tipo de movimento alcançado foram menos previsíveis sob tratamento ortodôntico com alinhadores transparentes. Os médicos devem reconhecer plenamente suas limitações e comprometer-se a fornecer cuidados suficientes para seus pacientes.
Blundell HLD, Weir TD, Kerr BD, Freer ED.	2021	Predictability of overbite control with the Invisalign appliance.	Investigar e determinar a precisão do Invisalign (Align Technology) na correção de uma sobremordida profunda .	A redução da sobremordida pode resultar em resultados abaixo do ideal ao usar o aparelho Invisalign, a menos que medidas corretivas sejam empregadas. Quanto mais profunda a sobremordida inicial, mais desafiador é alcançar a sobremordida pós-tratamento prescrita.
Haouili N, Kravitz ND, Vaid NR, Ferguson DJ, Makki L.	2020	Has Invisalign improved? A prospective follow-up study on the efficacy of tooth movement with Invisalign.	Fornecer uma atualização sobre a precisão da movimentação dentária com o Invisalign	A precisão média geral do Invisalign foi de 50%, os pontos fortes e fracos da movimentação dentária com o Invisalign permaneceram relativamente os mesmos. A menor precisão ocorreu com a rotação (46%), e esse movimento foi difícil para os caninos, pré-molares e molares.
Caruso S, Nota A, Ehsani S, Maddalone E, Ojima K, Tecco S	2019	Impact of molar teeth distalization with clear aligners on occlusal vertical dimension: A retrospective study.	Analisar os efeitos na dimensão dentoalveolar vertical de adultos jovens tratados com distalização sequencial com alinhadores ortodônticos.	A distalização dos molares superiores com alinhadores ortodônticos garante um excelente controle da dimensão vertical, representando uma solução ideal para o tratamento de indivíduos hiperdivergentes ou de mordida aberta. Também permite um excelente controle do torque incisal sem perda de ancoragem durante o procedimento ortodôntico.
Dai F-F, Xu T-M, Shu G	2019	Comparison of achieved and predicted tooth movement of maxillary first molars and central incisors: First premolar extraction treatment with Invisalign.	(controle de ancoragem e torque) - Comparar os movimentos dentários alcançados e previstos de primeiros molares superiores e incisivos centrais em casos de extração de primeiros pré-molares tratados com Invisalign.	Controle da ancoragem do primeiro molar e a retração do incisivo central não foram totalmente alcançados como previsto no tratamento de extração do primeiro pré-molar com Invisalign. Idade, inserção e apinhamento inicial afetaram as diferenças entre a movimentação dentária prevista e alcançada.
Charalampakis O, Iliadi A, Ueno H, Oliver DR, Kim KB.	2018	Accuracy of clear aligners: A retrospective study of patients who needed refinement.	O objetivo deste estudo foi determinar a precisão de movimentos dentários específicos com o Invisalign.	Os movimentos mais imprecisos identificados neste estudo foram a intrusão dos incisivos e a rotação dos caninos.
Sfondrini MF, Gandini P, Castroflorio T, Garino F, Mergati L, D'Anca K, et al.	2018	Buccolingual inclination control of upper central incisors of aligners: a comparison with conventional and self-ligating brackets.	O objetivo deste estudo retrospectivo foi avaliar a capacidade de controlar a inclinação buccolingual de incisivos superiores com três aparelhos ortodônticos diferentes: braquetes convencionais, chaves autoligáveis e alinhadores .	Com base nesses resultados, todos os três sistemas diferentes mostraram boa confiabilidade clínica no controle de torque do incisivo superior.
Grünheid T, Loh C, Larson BE.	2017	How accurate is Invisalign in nonextraction cases? Are predicted tooth positions achieved?	Avaliar a precisão da tecnologia Invisalign na obtenção de posições dentárias previstas em relação ao tipo de dente e direção do movimento dentário.	A expansão do arco maxilar pode não ser totalmente alcançada. Os incisivos inferiores tendem a ser posicionados mais oclusalmente do que o previsto. A rotação dos dentes arredondados pode estar incompleta. O torque molar pode não ser totalmente alcançado, com os segundos molares superiores geralmente tendo uma magnitude clinicamente relevante de mais torque da coroa facial do que o previsto.
Khosravi R, Cohananim B, Hujuel P, Daher S, Neal M, Liu W, et al.	2017	Management of overbite with the Invisalign appliance.	Avaliar a natureza das alterações da sobremordida com o aparelho Invisalign.	O aparelho Invisalign parece gerenciar relativamente bem a dimensão vertical, e o mecanismo primário é através dos movimentos dos incisivos.
Ravera S, Castroflorio T, Garino F, Daher S, Cugliari G, Deregibus A.	2016	Maxillary molar distalization with aligners in adult patients: a multicenter retrospective study.	O objetivo do presente estudo foi testar a hipótese de que a distalização dos molares superiores corporais não era alcançável na ortodontia do alinhador.	A terapia de alinhamento associada a anexos compostos e elásticos de classe II pode distalizar os primeiros molares superiores em 2,25 mm sem inclinação significativa e movimentos verticais da coroa. Não foram reveladas alterações na altura facial.
Simon M, Keilig L, Schwarze J, Jung BA, Bourauel C.	2014	Treatment outcome and efficacy of an aligner technique—regarding incisor torque, premolar derotation and molar distalization.	Investigar a eficácia do tratamento ortodôntico utilizando o sistema Invisalign®. Particularmente, analisamos a influência dos auxiliares (Attachment/Power Ridge) e do estadiamento (movimento por alinhador) na eficácia do tratamento	O torque do incisivo, a derrotação pré-molar e a distalização molar podem ser realizados usando alinhadores Invisalign®. O estadiamento (movimento/alinhador) e a quantidade total de movimento planejado têm um impacto significativo na eficácia do tratamento.
Buschang PH, Shaw SG, Ross M, Crosby D, Campbell PM.	2014	Comparative time efficiency of aligner therapy and conventional edgewise braces.	Comparar a eficiência de tempo da terapia com alinhadores e dos aparelhos convencionais edgewise	Se a maior eficiência de tempo dos Alinhadores compensa os maiores custos de material e tempo do médico necessário depende da experiência do ortodontista e do número de casos com alinhadores iniciados.
Castroflorio T, Garino F, Lazzaro A, Debemardi C.	2013	Upper-incisor root control with Invisalign appliances.	O objetivo deste estudo foi testar a eficiência do Power Ridge da Align Technology no controle da inclinação vestibulo-lingual dos incisivos superiores	É possível que os alinhadores com Power Ridges proporcionem melhor controle dos incisivos superiores do que com um sistema pré-ajustado. As diferenças entre nossas medições virtuais e reais foram insignificantes, confirmando a precisão das prescrições do Invisalign ClinCheck.
Krieger E, Seiferth J, Marinello I, Jung BA, Wriedt S, Jacobs C, et al.	2012	Invisalign® treatment in the anterior region: were the predicted tooth movements achieved?	O objetivo deste estudo foi comparar os moldes com seus modelos digitais ClinCheck® correspondentes no início do estudo e o movimento dentário alcançado no final da terapia do alinhador (Invisalign®) com o movimento previsto na região anterior.	A resolução do apinhamento anterior parcialmente severo foi realizada com sucesso. A resolução do apinhamento anterior inferior pela protrusão dos dentes anteriores (ou seja, aumento do comprimento do arco anterior) parece bem previsível. Os modelos iniciais ClinCheck® forneceram alta precisão em comparação com os moldes iniciais. A movimentação dentária alcançada estava de acordo com a movimentação prevista para todos os parâmetros, exceto para a sobremordida.

PARECER DA ORIENTADORA

Informo que o Trabalho de Monografia desenvolvido pela estudante Edinara Midyan Ilg do 5º ano do Curso de Mestrado Integrado em Medicina Dentária da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto, com o título: Alinhadores Ortodônticos: Previsibilidade de Movimento Dentário está de acordo com as regras estipuladas na FMDUP, foi por mim conferido e encontra-se em condições de ser apresentado em provas públicas.

Porto, 23 de Maio de 2022.

A Orientadora,

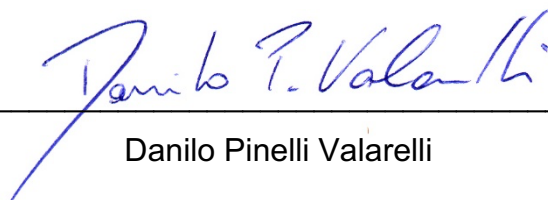
Maria João Feio Ponces Ramalhão

PARECER DO COORIENTADOR

Informo que o Trabalho de Monografia desenvolvido pela estudante Edinara Midyan Ilg do 5º ano do Curso de Mestrado Integrado em Medicina Dentária da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto, com o título: Alinhadores Ortodônticos: Previsibilidade de Movimento Dentário está de acordo com as regras estipuladas na FMDUP, foi por mim conferido e encontra se em condições de ser apresentado em provas públicas.

Porto, 24 de Maio de 2022.

O Coorientador,



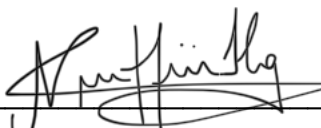
Danilo Pinelli Valarelli

DECLARAÇÃO

Monografia/Relatório de Estágio

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

Porto, 24 de Maio de 2022.



Edinara Midyan Ilg

DECLARAÇÃO

Mestrado Integrado em Medicina Dentária
Monografia/Relatório de Estágio

Identificação do Autor

Nome completo: EDINARA MIDYAN ILG

N.º identificação civil: 6K5711K79

N.º estudante: 202101361

Email institucional: up202101361@edu.fmd.up.pt

Email alternativo: nara.ilg@hotmail.com

Tlf/Tlm: 913 964 903

Faculdade/Instituto: Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto

Identificação da Publicação

Dissertação de Mestrado Integrado (Monografia)

Relatório de Estágio

Título Completo:

ALINHADORES ORTODÔNTICOS: PREVISIBILIDADE DE MOVIMENTO DENTÁRIO

Orientador: Maria João Feio Ponces Ramalhão

Coorientador: Danilo Pinelli Valarelli

Palavras-Chave: Alinhadores Ortodônticos; Invisalign®; Movimento Dentário Ortodôntico; Previsibilidade do Movimento; Precisão do Movimento.

Autorizo a disponibilização imediata do texto integral no Repositório da U.Porto: _____

Não autorizo a disponibilização imediata do texto integral no Repositório da U.Porto: _____

Autorizo a disponibilização do texto integral no Repositório da U.Porto, com período de embargo, no prazo de:

6 meses: ____; 12 meses: ; 18 meses: ____; 24 meses: ____; 36 meses: ____; 120 meses: ____;

Justificação para a não autorização imediata: _____

Data: 24/05/2022.

Assinatura: 