

# “Avaliação da influência dos tecidos periodontais na recidiva ortodôntica: Uma revisão sistemática”

Márcia Irina Gregório da Silva

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em Ortodontia

Gandra, 18 de Abril de 2021



Márcia Irina Gregório da Silva

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em Ortodontia

“Avaliação da influência dos tecidos periodontais na recidiva ortodôntica: uma revisão sistemática”

Trabalho realizado sob a Orientação de Primavera Conceição Martins de Sousa Santos

## 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.



## Declaração do Orientador

Eu, "**Primavera Conceição Martins de Sousa Santos**", com a categoria profissional de Professora Auxiliar Convidada do Instituto Universitário de Ciências da Saúde, tendo assumido o papel de Orientador da Dissertação intitulada "**Avaliação da influência dos tecidos periodontais na recidiva ortodôntica**" do Aluno do Mestrado em Ortodontia, "**Márcia Irina Gregório da Silva**" declaro que sou de parecer favorável para que a Dissertação possa ser depositada para análise do Arguente do Júri nomeado para o efeito para Admissão a provas públicas conducentes à obtenção do Grau de Mestre.

Gandra, 19 de Abril de 2021



U Orientador



## **Agradecimentos**

À minha família pelo amor incondicional e por se preocuparem comigo nestes tempos difíceis.

Aos meus amigos, colegas, professores e auxiliares pela amizade e pelos momentos passados juntos.

A minha mãe e filha pelo esforço, sacrifício e apoio durante estes anos, sem eles eu não teria conseguido. A eles eu dedico este trabalho.

À minha orientadora Professora Primavera Sousa Santos pela disponibilidade e orientação durante este trabalho, e também amiga, que guiou e por muitas vezes me motivou não só na realização deste trabalho como na vida. É sem dúvida um exemplo como profissional, e também como pessoa.





“O que ouço, esqueço-o

O que vejo, recordo-o

O que faço, sei-o”.

Pedrosa Ferreira

## Resumo

Este estudo foi realizado com o objetivo de se fazer uma revisão sistemática sobre qual a influência dos tecidos periodontais na recidiva pós tratamento ortodôntico, e quais os procedimentos a tomar de modo a evita-la.

Após o tratamento ortodôntico, os dentes têm tendência a voltar à posição inicial, devido às estruturas musculares, ósseas e aos ligamentos periodontais. A esta instabilidade chamamos recidiva.

Este trabalho tem como objetivo a avaliação da influência dos tecidos periodontais na recidiva pós tratamento ortodôntico e quais os procedimentos que podem ser utilizados em complemento com a contenção ortodôntica para evitar a recidiva.

Metodologia: Pesquisa bibliográfica recorrendo às bases de dados primárias PubMed, Springer Link e NCBI-PMC, sendo selecionados artigos na língua inglesa, sem qualquer limite de data de publicação. Foram utilizadas as seguintes palavras-chave: "*Periodontal Ligament During Orthodontic Recurrence*".

Resultados: Nesta revisão, foram identificados 290 artigos, nas diferentes bases de dados. A leitura do título e resumo dos artigos, assim como a aplicação dos critérios de inclusão/exclusão, permitiu a seleção de 17 publicações, que serviram de base para a amostra final do estudo.

Conclusão: As fibras supra-alveolares, o tecido gengival, o osso alveolar circundante e a vascularização periodontal aparentam ter influência na recidiva ortodôntica. As fibras transeptais são as que apresentam maior influência na recidiva causada pelos tecidos periodontais. A utilização de vibrações mecânicas de baixa frequência diminui a recidiva após a movimentação dentário ortodôntico.

## PALAVRAS-CHAVE

Recidiva ortodôntica; fibras periodontais;

## **Abstract**

This work aims to evaluate the influence of periodontal tissues on the recurrence that occurs after orthodontic treatment and what procedures can be used in addition to orthodontic restraint to prevent this recurrence.

After orthodontic treatment, teeth tend to return to their initial position, due to muscle, bone structures and periodontal ligaments. We call this instability relapse.

Objective: This systematic integrative review of the literature on the influence of periodontal tissues on recurrence after orthodontic treatment and what procedures can be used in addition to orthodontic restraint to prevent recurrence.

Methodology: Bibliographic research using the primary databases PubMed, Springer Link and NCBI-PMC, with articles selected in English, without any limit on the date of publication. The following keywords were used: "Periodontal Ligament During Orthodontic Recurrence".

Results: In this review, 290 articles were identified in the different databases. Reading the title and summary of the articles, as well as applying the inclusion / exclusion criteria, allowed the selection of 17 publications. Thus, the final sample of the study consisted of 17 publications.

Conclusion: Supra-alveolar fibers, gingival tissue, surrounding alveolar bone and periodontal vascularization appear to have an influence on orthodontic recurrence. In particular, the transeptal fibers have the greatest influence on the recurrence caused by periodontal tissues. The use of low-frequency mechanical vibrations decreases recurrence after orthodontic tooth movement.

## **KEYWORDS**

Orthodontic recurrence; periodontal fibers;



## Índice

Declaração do Orientador .....	iii
Resumo .....	viii
Abstract.....	ix
Índice .....	x
Índice de figuras e Gráficos .....	xii
Índice de tabelas .....	xiv
Lista de SIGLAS e Abreviaturas .....	xvi
1. Introdução.....	1
2. Materiais e Método .....	2
2.1. Critérios de elegibilidade .....	2
2.2. Critérios de Inclusão e Exclusão .....	3
2.3. Fontes de informação .....	3
3. Resultados.....	3
3.1. Seleção dos estudos .....	3
3.2. Processo de coleta de dados .....	5
3.3. Itens de dados e coleta.....	5
4. Discussão.....	15
4.1. Fibras periodontais .....	15
4.2. Osso alveolar .....	17
4.3. Vasos sanguíneos.....	18
4.4. Procedimentos para evitar a recidiva causada pelos tecidos periodontais .....	18
5. Conclusão .....	21
6. Referências .....	22



## Índice de figuras e Gráficos

Figura 1 - Fluxograma da estratégia de pesquisa utilizada neste estudo



## Índice de tabelas

**Tabela 1** – Estratégia PICOS

**Tabela 2** - Dados relevantes dos artigos selecionados para este estudo







**CESPU**  
INSTITUTO UNIVERSITÁRIO  
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

### **Lista de SIGLAS e Abreviaturas**

LPD - ligamento periodontal

FSC - fibrotomia supracrestal circunferencial

LFMV - vibração mecânica de baixa frequência

BVF - fração de volume ósseo

OPG - gene da osteoprotegerina

## 1. Introdução

Existe uma preocupação acrescida com a saúde e a estética facial. Esta preocupação é influenciada pela idade e pelas condições socioculturais, ocorrendo uma maior motivação no género feminino para se submeter ao tratamento ortodôntico [1].

O tratamento ortodôntico tem como princípio o uso de pressão e a remodelação óssea, ou seja, quando uma pressão prolongada é aplicada a um dente, ocorrerá remodelação óssea em redor do mesmo, levando ao movimento dentário [2]. Esta pressão que é aplicada provocará diferentes reações nos tecidos periodontais: diminuição do fluxo sanguíneo nas áreas onde o ligamento periodontal é comprimido, denominada área de pressão, e aumento ou manutenção do ligamento nas áreas tensionadas, designada área de tensão. Desta forma, o osso é reabsorvido nas áreas de pressão e adicionado nas áreas de tensão, levando à manutenção da sua espessura [2], [3]. Esta resposta óssea só ocorre se o osso alveolar estiver em contacto com a raiz através das fibras do ligamento periodontal [4]. Porém, a regeneração periodontal não ocorre nos casos em que existem inflamações nos tecidos periodontais, desta forma o processo inflamatório deve ser controlado antes e durante todo o tratamento ortodôntico [5].

Em suma, durante este tratamento, o objetivo é produzir movimentos dentários sempre que possível por reabsorção direta, através da aplicação de forças ligeiras e com o vetor de ação da força a passar próximo do centro de resistência do dente. Podem surgir atrasos de movimento dentário causados pela aplicação de forças ligeiras uma vez que surgem pequenas áreas avasculares no ligamento periodontal que são removidas por reabsorção indireta [2], [3].

Um dos grandes desafios na ortodontia é manter os resultados a longo prazo após o tratamento ortodôntico. Um dos principais objetivos deste tratamento é assegurar a contenção que permitirá a estabilidade, o funcionamento do aparelho estomagnático e a parte estética. Por sua vez, o tempo de contenção varia de acordo com a idade do paciente, a oclusão obtida, os movimentos dentários realizados, a altura das cúspides e a saúde dos tecidos periodontais [6].

Vários métodos clínicos têm sido descritos na literatura para evitar a recidiva causada pelos tecidos periodontais como contenção por longo período, subtratamento e pontos de contacto adequados. Estes métodos têm sido utilizados pelos ortodontistas para prevenir ou minimizar a recidiva, sendo que a contenção ortodôntica é a mais utilizada para garantir a estabilidade pós-tratamento a longo prazo [7], [8].

A fibrotomia supracrestal circunferencial demonstrou aliviar significativamente a recidiva após a rotação sem danos aparentes às estruturas de suporte dos dentes, sendo mais eficaz em aliviar a recidiva rotacional pura do que os outros tipos de movimento dentário. [1]

A vibração mecânica de 30 Hz auxilia a manutenção da espessura e integridade das fibras de colagénio no ligamento periodontal e mostrou uma tendência a diminuir a recidiva.

Realizou-se uma revisão sistemática integrativa da literatura, para perceber melhor qual a influência dos tecidos periodontais na recidiva pós tratamento ortodôntico e quais os procedimentos que podem ser utilizados em complemento com a contenção ortodôntica de modo a evita-la. Foi então colocada a hipótese de os tecidos periodontais terem influência nesta instabilidade, particularmente as fibras transeptais.

## 2. Materiais e Método

De modo a realizar uma avaliação rigorosa e imparcial da literatura, seguimos uma metodologia PICOS.

### 2.1. Critérios de elegibilidade

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

**Tabela 1 – Estratégia PICOS**

<b>População (Population)</b>	Em humanos e animais
<b>Intervenção (Intervention)</b>	Influência dos tecidos periodontais na recidiva ortodôntica
<b>Comparação (Comparison)</b>	Eficácia dos tratamentos ortodônticos
<b>Resultados (Outcomes)</b>	A influência dos tecidos, fibras transeptais, vasos sanguíneos e fibras alveolares
<b>Desenho dos estudos (Study design)</b>	Estudos clínicos prospetivos, retrospectivos e <i>in vitro</i>

Portanto, a questão desta revisão sistemática foi "Avaliação da influência dos tecidos periodontais na recidiva ortodôntica".

## 2.2. Critérios de Inclusão e Exclusão

Tabela 2- Critérios de inclusão e exclusão

Critérios de inclusão	Critérios de exclusão
<ul style="list-style-type: none"><li>• Artigos publicados sem limite de data</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Artigos cujos resumos não se enquadram na temática desta dissertação;</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Artigos de língua inglesa</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Artigos cuja leitura na íntegra não forneceu informações úteis</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Estudos prospetivos e randomizados controlados</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Artigos que são revisões sistemáticas</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Estudos realizados em humanos e animais</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Artigos de outra língua que não inglesa</li></ul>

## 2.3. Fontes de informação

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica nas bases de dados eletrónicas PubMed, NCBI-PMC, Springer Link com os termos: "*Periodontal Ligament During Orthodontic Recurrence*".

Os estudos selecionados devem referir a reação dos tecidos periodontais durante o movimento ortodôntico, contenção e recidiva bem como alternativas para evitá-la.

## 3. Resultados

### 3.1. Seleção dos estudos

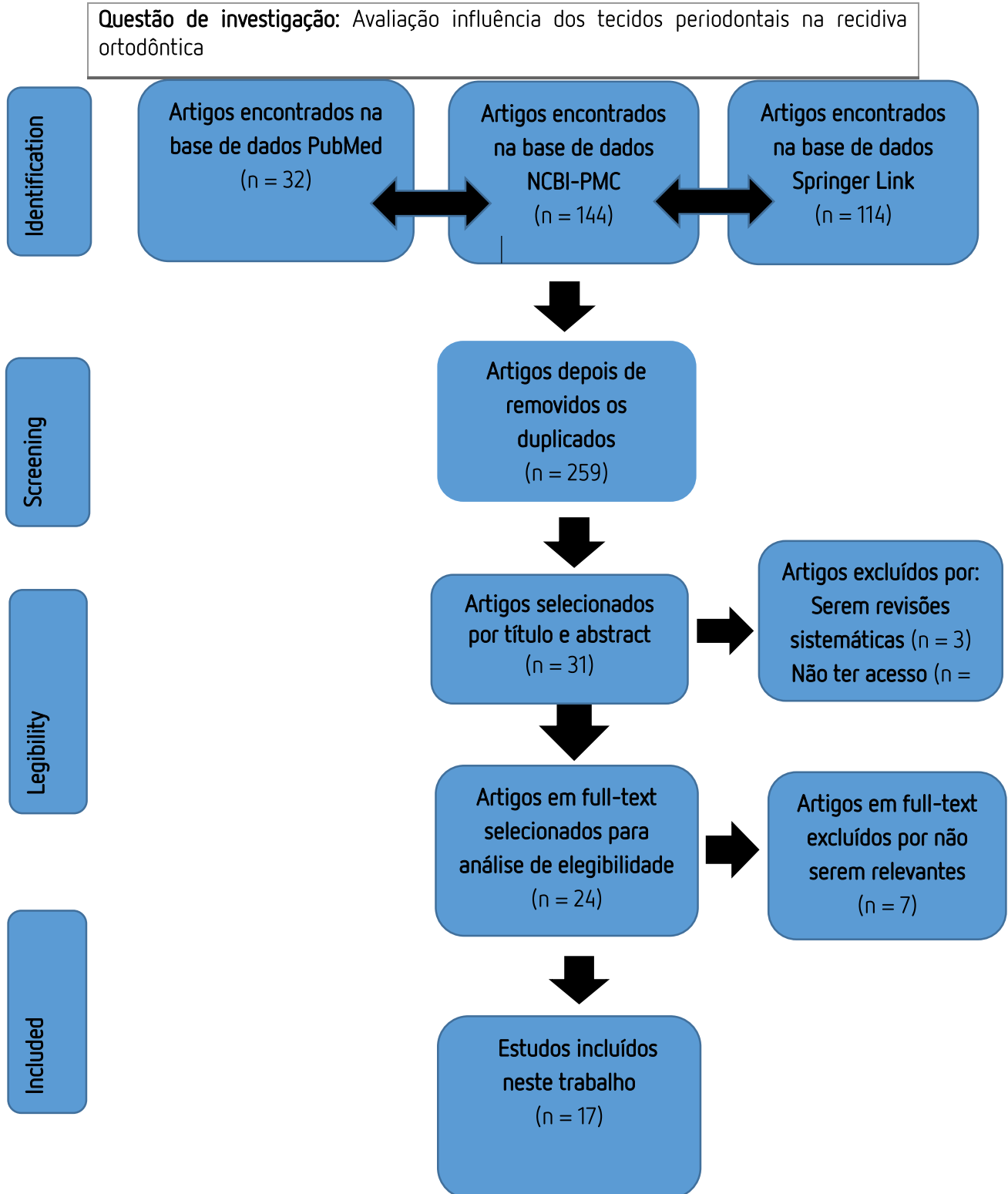
Segundo as bases de dados consultadas e de acordo com a estratégia de pesquisa, foram encontrados 290 artigos.

De seguida, os artigos para esta revisão foram selecionados através da execução das etapas numeradas seguidamente:

- a) Eliminação dos artigos duplicados;
- b) Avaliação dos títulos e resumos, removendo os documentos irrelevantes;
- c) Avaliação da presença dos critérios de inclusão nos artigos selecionados;
- d) Aquisição dos textos integrais dos artigos relevantes;
- e) Organização dos estudos selecionados.

Após esta seleção, 17 artigos foram incluídos nesta revisão sistemática integrativa, e estão representados no fluxograma seguinte, Figura 1.

**Figura 1** - Fluxograma da estratégia de pesquisa utilizada neste estudo



### 3.2. Processo de coleta de dados

Os estudos selecionados relacionam-se com os tecidos periodontais, tendo estes, influência sobre a recidiva ortodôntica caso não haja as devidas precauções e contenções.

### 3.3. Itens de dados e coleta

As seguintes informações foram retiradas a partir dos artigos selecionados: autor/ano de publicação, revista, objetivo, método usado e principais resultados estão na Tabela 2.

Dos 17 estudos selecionados, tabela 2, 5 (29%) investigaram a reação dos tecidos periodontais durante o movimento ortodôntico, 7 (41%) estudaram sobre o comportamento dos tecidos periodontais durante o movimento ortodôntico, contenção e recidiva ortodôntica, 4 (24%) descrevem a eficácia da fibrotomia como prevenção da recidiva e 1 (6%) descreve o uso da vibração mecânica na prevenção da recidiva.

Franzen et al. (2011), Yoshida et al., (1999) realizaram um estudo histológico em ratos Wistar para investigar a remodelação do osso alveolar e das estruturas periodontais circundantes durante a recidiva após o movimento ortodôntico. Os seus resultados indicam que a recidiva ortodôntica no modelo de rato ocorre rapidamente e a remodelação das fibras de colagénio do ligamento periodontal (LPD) e do osso alveolar circundante é a principal causa de recidiva dos molares movidos experimentalmente. Franzen et al. (2011) durante a experiência observou que mesmo quando as fibras transeptais pareciam estar normalizadas os dentes movimentados continuaram a recidiva sugerindo que o alongamento das fibras transeptais não é responsável pela recidiva [7], [9].

Redlich et al. (1996) verificou a resposta das fibras de colagénio após intervenção ortodôntica em cães. Depois da rotação dentária seguida pela retenção, as fibras de colagénio gengivais apresentaram-se rasgadas, desorganizadas, espaçadas e com aumento de diâmetro. Concluindo que todos esses padrões são incompatíveis com o alongamento das fibras. Foi também observado um aumento no número de fibras elásticas nas proximidades das fibras de colagénio rompidas, chegando a conclusão que a recidiva pode não ser devida a fibras de colagénio esticadas, mas sim originada nas propriedades elásticas do tecido gengival [10].

Reitan (1959) realizou um estudo histológico em cães para observar o rearranjo das fibras periodontais e do osso alveolar após quantidades variadas de retenção, observou que o rearranjo nas regiões apical e cervical do ligamento periodontal, e das fibras de colagénio supra-alveolares foi diferente. O rearranjo das fibras foi mais rápido na região apical obtendo um rearranjo completo em 83 dias de retenção, após 232 dias as fibras de colagénio supra-alveolares e o osso da crista alveolar ainda não se apresentavam totalmente remodelados. Sugeriu que a recidiva dos dentes rotacionados após a retenção

parecem ser causadas principalmente pela contração das fibras da gengiva livre deslocadas e esticadas [11].

Kusters et al. (1991) teve como objetivo comparar a localização do local de fixação e o arranjo das fibras transeptais em dentes erupcionados rotacionados e não rotacionados em cães. Foi concluído que o local de fixação das fibras transeptais não foi determinado pela própria anatomia do dente, mas pela posição do dente e a sua orientação na arcada dentária durante o desenvolvimento das fibras transeptais, e por isso durante a rotação do dente ocorre o alongamento das fibras transeptais o que pode causar recidiva [12].

McCollum et al. (1980) quiseram medir a quantidade do movimento da gengiva relativamente ao dente movimentado para determinar se a gengiva adjacente aos dentes movidos se adapta à nova posição dentária ou se comporta de uma forma elástica em humanos. Os resultados deste estudo indicam que a gengiva parece adaptar-se à nova posição do dente e que a recidiva não é necessariamente causada pelos tecidos moles supra-alveolares [13].

Sharpe et al (1987) examinaram a relação entre a recidiva do tratamento ortodôntico, o suporte ósseo alveolar da crista e a reabsorção radicular em humanos, chegou a conclusão que os pacientes que apresentaram maior recidiva exibiram maior prevalência de reabsorção radicular, também apresentavam perda da crista alveolar mais extensa, indicando maior perda de suporte ósseo do que a observada no grupo sem recidiva, o que sugere uma possível relação entre redução do suporte ósseo periodontal e recidiva ortodôntica [14].

Murrell et al (1996) procuraram documentar as alterações vasculares periodontais durante a movimentação dentária e durante a libertação da força ortodôntica em ratos. Observou que as alterações no número e densidade de vasos sanguíneos foram correlacionadas com a direção do movimento dentário, a aplicação e a remoção da força ortodôntica. Os resultados sugerem que a aplicação e a remoção da força ortodôntica produzem alterações significativas no número e na densidade de vasos sanguíneos, que não estavam relacionados a alterações no volume do tecido. O autor concluiu que os vasos sanguíneos poderiam modular as pressões intersticiais do tecido, resultando em recidiva dos dentes movimentados [15].

Edwards (1970), Parker (1972) tiveram como objetivo testar o efeito fibrotomia supracrestal circunferencial (FSC) na estabilidade de dentes ortodônticamente rodados em humanos, foi observado que a tendência dos dentes rotacionados de retornar às suas posições originais é aparentemente inerte às fibras supra-alveolares. Após a fibrotomia ocorreu uma diminuição significativa na quantidade de recidiva sem causar danos às estruturas de suporte dentário, sugerindo que o procedimento seja considerado para evitar a recidiva rotacional [16] [17]. Young et al. (2013) e Parker (1972) fizeram o mesmo estudo em ratos e macacos e observaram que após a fibrotomia os lados de controlo mostraram recidiva total enquanto que nos lados cirúrgicos mostraram uma boa estabilidade [17] [18].



Edwards (1988) realizou um estudo prospetivo em pacientes tratados ortodonticamente com objetivo de avaliar a eficácia da FSC na diminuição da recidiva, as diferenças entre as recidivas médias do controle e os casos de FSC foram altamente significativas, sendo menores nos grupos de fibrotomia do que nos grupos de controlo. O procedimento cirúrgico pareceu ser um pouco mais eficaz no alívio da recidiva rotacional pura do que na recidiva vestibulo-lingual. A longo prazo, o procedimento de FSC demonstrou ser mais bem-sucedido na redução da recidiva no segmento anterior superior do que no segmento anterior inferior [19].

Hassan et al. (2012) desenvolveu um modelo organotípico baseado em laboratório para investigar o efeito das forças ortodônticas sobre o periodonto. Para isso colocou fatias mandibulares de ratos Wistar machos em culturas, com diferentes quantidades de aço inoxidável, verificando-se que o número de osteoclastos aumentou significativamente em ambos os grupos de teste, enquanto os odontoblastos aumentaram no grupo de menor quantidade. Por outro lado, o aumento da expressão da sialoproteína dentinária em ambos os grupos de teste, sugerindo mudanças na atividade relacionada à mineralização devido à deformação mecânica [20].

Yadav et al (2016) investigaram o efeito da vibração mecânica de baixa frequência (LFMV) na prevenção de recidiva após movimentação dentária ortodôntica ativa, fração de volume ósseo (BVF), densidade do tecido e integridade do ligamento periodontal. Assim, agrupou em 3 grupos camundongos, onde teria o controlo, recidiva e recidiva com vibração 30Hz. Verificou que não houve diferença estatisticamente significativa na quantidade de recidiva entre os grupos somente recidiva e recidiva + 30 Hz. Porém, houve uma tendência de diminuição da recidiva com vibração mecânica de 30 Hz [21].

Gusmão et al (2011) identificaram os dentes mal posicionados em pacientes encaminhados para tratamento periodontal e avaliou a associação dessas irregularidades com a saúde periodontal. Procedeu à examinação dos participantes, identificando os tipos de posições dentárias anormais por meio de inspeção visual. A saúde periodontal foi avaliada por diferentes fatores como o sangramento gengival à sondagem, perda de inserção periodontal e profundidade de sondagem [22].

Zhao et al (2012) avaliaram os efeitos de inibição da transferência local do gene da osteoprotegerina (OPG) na recidiva ortodôntica. Foram utilizados ratos Wistar machos, submetendo os primeiros molares superiores direitos a forças ortodônticas e movidos para mesial. Após o seu ensaio, afirmou que a transferência local do gene OPG para os tecidos periodontais poderia inibir a recidiva após movimentação ortodôntica, por meio da inibição da osteoclastogénese [23].

Qi et al (2019) estabeleceram um modelo de rato de retenção ortodôntica para examinar como a retenção afeta a taxa e a quantidade de recidiva ortodôntica. Recorreu a camundongos, tratando-os com uma mola de espiral fechada de níquel-titânio que foi fixada entre os incisivos superiores e o primeiro molar superior esquerdo para mover o

primeiro molar na direção mesial ao longo de 12 dias. Desta forma, um período de retenção mais longo foi associado a uma taxa mais lenta de recidiva e a uma quantidade geral mais curta de recidiva [24].

**Tabela 2:** Dados relevantes dos artigos selecionados para este estudo

Autor	Revista / Ano	Objetivos	Métodos	Principais resultados	Referência
Hassan et al.	Journal of Dentistry / 2012	Desenvolver um modelo organotípico baseado em laboratório para investigar o efeito das forças ortodônticas sobre o periodonto.	Fatias mandibulares de ratos Wistar machos foram mantidas em culturas, com diferentes quantidades de aço inoxidável.	O número de osteoclastos aumentou significativamente em ambos os grupos de teste, enquanto os odontoblastos aumentaram no grupo de menor quantidade. Aumento da expressão da sialoproteína dentinária em ambos os grupos de teste, sugerindo mudanças na atividade relacionada à mineralização devido à deformação mecânica.	[20]
Franzen et al.	European Journal of Orthodontics / 2013	Investigar a remodelação do osso alveolar e das estruturas periodontais circundantes durante a recidiva após o movimento ortodôntico	Estudo histológico em ratos Wistar	A remodelação do osso alveolar e do ligamento periodontal desempenha um papel central nos processos de recidiva de dentes movidos e adjacentes; As fibras transeptais podem não ser a principal causa de etiologia da recidiva	[7]
Yoshida et al.	Journal Electron Microscopy / 1999			A remodelação dos feixes de fibras de colagénio do ligamento periodontal e do osso alveolar circundante é a principal causa de recidiva dos molares movidos experimentalmente.	[9]

Redlich et al.	American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics / 1996	Verificar a resposta das fibras de colagénio	Intervenção ortodôntica em cães	Nos dentes rodados a recidiva poderá ser causada pelas fibras elásticas gengivais comprimidas e não pelas fibras de colagénio esticadas; O rearranjo das fibras após a FSC seguida pela retenção foi semelhante ao grupo de controlo intacto.	[10]
Yadav et al.	European Journal of Orthodontics / 2016	Investigar o efeito da vibração mecânica de baixa frequência (LFMV) na prevenção de recidiva após movimentação dentária ortodôntica ativa, fração de volume ósseo (BVF), densidade do tecido e integridade do ligamento periodontal	Três grupos de camundongos: controlo, recidiva e recidiva + vibração 30Hz.	Não houve diferença estatisticamente significativa na quantidade de recidiva entre os grupos somente recidiva e recidiva + 30 Hz. No entanto, houve uma tendência de diminuição da recidiva com vibração mecânica de 30 Hz.	[21]
Reitan, K	Angle Orthodontist / 1959	Observar o rearranjo das fibras periodontais e do osso alveolar após quantidades variadas de retenção		A recidiva dos dentes rotacionados após a retenção é causada principalmente pela contração das fibras gengivais deslocadas e esticadas.	[11]
Kusters et al.	Journal of Dental Research / 1991	Comparar a localização do local de fixação e o arranjo das fibras transeptais em dentes erupcionados rotacionados e não rotacionados	Estudo histológico em cães	O local de fixação das fibras transeptais não foi determinado pela anatomia do dente, mas pela posição do dente e sua orientação na arcada dentária durante o desenvolvimento das fibras transeptais;	[12]

				Durante a rotação do dente ocorre o alongamento das fibras transeptais o que pode causar recidiva.	
Gusmão et al.	Dental Press Journal of Orthodontics / 2011	Identificar dentes mal posicionados em pacientes encaminhados para tratamento periodontal. Avaliar a associação dessas irregularidades com a saúde periodontal.	Examinados os participantes para identificar os tipos de posições dentárias anormais por meio de inspeção visual. Saúde periodontal avaliada pelos seguintes fatores: sangramento gengival à sondagem, perda de inserção periodontal e profundidade de sondagem	Os dentes mal posicionados afetaram negativamente a saúde dos tecidos periodontais, o que chama a atenção para a importância de uma abordagem multidisciplinar que inclua, principalmente, os cuidados periodontais e ortodônticos para melhorar a saúde bucal dos pacientes.	[22]
McCollum et al.	American Journal of Orthodontics / 1980	Medir a quantidade do movimento da gengiva relativamente ao dente movimentado para determinar se a gengiva adjacente aos dentes movidos se adapta à nova posição dentária ou se comporta de uma forma elástica em humanos.	Observação de pacientes	A gengiva parece adaptar-se à nova posição dentária e a recidiva dos dentes movimentados não é necessariamente causada pelos tecidos moles supra-alveolares	[13]

Sharpe et al.	American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics / 1987	Examinar a relação entre a recidiva do tratamento ortodôntico, o suporte ósseo alveolar da crista e a reabsorção radicular em humano.	Trinta e seis pessoas que completaram a fase de retenção da ortodôntica pelo menos 10 anos antes foram divididas em dois grupos com base na quantidade de apinhamento por recidiva dos dentes anteriores inferiores	Verificou-se que os pacientes que apresentavam maior recidiva apresentavam perda da crista alveolar mais extensa, também exibiram uma reabsorção radicular apical mais extensa, o que reduziria o suporte periodontal	[14]
Murrell et al.	American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics / 1996	Documentar as alterações vasculares periodontais durante a movimentação dentária e durante a libertação da força ortodôntica	Estudo histológico em cães.	A vascularização do periodonto pode ser um fator na produção de forças teciduais, resultando em recidiva de dentes movimentados	[15]
Edwards, JG	American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics / 1970	Testar o efeito fibrotomia supracrestal	Estudo histológico em humanos.	Foi demonstrado que as FSC num dente rodado aliviaram significativamente a recidiva.	[16]
Parker, GR	American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics / 1972	estabilidade de dentes ortodonticamente rodados	Estudo histológico em humanos e ratos	Verificou-se que a intervenção cirúrgica como adjuvante da retenção tem um efeito positivo definitivo na estabilidade dos dentes movidos; A recidiva observada neste estudo pode ser atribuída em geral às fibras supra-alveolares, principalmente às fibras transeptais.	[17]

Young et al.			Estudo histológico em ratos	Acelera o movimento e diminui a recidiva; Após 30 dias da remoção do aparelho ortodôntico apenas ocorreu 12% de recidiva nas FSC enquanto na não realização da cirurgia ocorreu quase recidiva total.	[18]
Edwards JG	American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics / 1988	Avaliar a eficácia das FSC na diminuição da recidiva	Aplicação do método de "Índice de Irregularidade" de Little nos pacientes	Mais eficaz na recidiva rotacional do que na recidiva vestibulo-lingual; A recidiva foi menor nos grupos de FSC do que nos grupos de controlo.	[19]
Zhao et al.	American Association of Orthodontists / 2012	Avaliar os efeitos de inibição da transferência local do gene da osteoprotegerina (OPG) na recidiva ortodôntica.	Dezoito ratos Wistar machos foram divididos em 3 grupos. Os primeiros molares superiores direitos de todos os animais foram submetidos à força ortodôntica e movidos para mesial.	A transferência local do gene OPG para os tecidos periodontais poderia inibir a recidiva após movimentação dentária ortodôntica, por meio da inibição da osteoclastogênese	[23]
Qi et al.	PLOS ONE/ 2019	Estabelecer um modelo de rato de retenção ortodôntica para examinar como a retenção afeta a taxa e a quantidade de recidiva ortodôntica.	Camundongos foram tratados com uma mola de espiral fechada de níquel-titânio que foi fixada entre os incisivos superiores e o primeiro molar superior esquerdo para mover o primeiro molar na	Um período de retenção mais longo foi associado a uma taxa mais lenta de recidiva e a uma quantidade geral mais curta de recidiva. A inibição da formação de osteoclastos com o uso do anticorpo anti-c-Fms também reduziu a recidiva ortodôntica. O M-CSF e / ou seu recetor podem ser potenciais alvos terapêuticos na prevenção e tratamento da recidiva ortodôntica.	[24]

			direção mesial ao longo de 12 dias.		
--	--	--	--	--	--



## 4. Discussão

### 4.1. Fibras periodontais

O periodonto é definido como os tecidos que suportam o dente e é constituído pelo LPD, cimento, revestimento do osso alveolar e a gengiva circundante ao dente [25].

O ligamento periodontal (LPD) que é uma estrutura de suporte densa de colagénio e é constituído por feixes de fibras de colagénio, fibras elásticas, vasos sanguíneos e terminações nervosas. O principal componente do LPD é uma rede de fibras de colagénio, que estão posicionadas paralelamente entre si, em que em um dos lados se inserem na lamina dura do osso alveolar enquanto que do outro lado estão inseridas mais apicalmente no cimento da superfície da raiz do dente [2], [25].

A gengiva é aderida à superfície do dente e ao osso alveolar através da fixação de fibras de colagénio, enquanto outras fibras unem os dentes entre si. Estas fibras gengivais são classificadas em vários grupos que são eles: dentogengivais, alveologengivais, circulares, periosteogengivais, semicirculares, trangengivais, intergengivais e interpapilares. Sendo as fibras do ligamento periodontais: crista alveolar, horizontais, oblíquas, apicais, dentoperiósteas e transeptais. Assim sendo as do cimento radicular: fibras extrínsecas e intrínsecas estas classificações são de acordo com a sua localização, origem e inserção [13], [25].

As fibras transeptais são um grupo de fibras horizontais, sendo estas as principais fibras supra-alveolares. Localizam-se interproximalmente, estendem-se do cimento de um dente até ao cimento do dente adjacente, atravessando os septos interdentais. Estas fibras ajudam a manter uma relação entre os dentes adjacentes e protegem o osso interproximal. Numa dentição bem alinhada estas fibras conectam-se na superfície mesial e distal dos dentes adjacentes [12]. O arranjo dessas fibras é importante para a manutenção das relações mesiodistais entre os dentes vizinhos e na estabilização do dente contra forças de separação. Elas respondem ao stress causado pelo movimento ortodôntico com maior resistência, à medida que buscam retornar e manter as suas posições originais [17].

O local de fixação das fibras transeptais é determinado pela posição do dente na arcada dentária durante o seu desenvolvimento, garantindo a menor distância entre os dois dentes, e não pela anatomia do dente. Por isso, quando o dente erupciona numa rotação incorreta estas fibras não vão estar inseridas no local ideal quando o dente é alinhado ortodônticamente, isto é, quando o dente for rotacionado, as fibras transeptais que inicialmente estavam inseridas perpendicularmente ao dente, vão passar a estar mais angularizadas e vão deixar de interpor a menor distância interproximal ficando mais esticadas [12]. Estas fibras após serem esticadas vão tentar recuperar a sua posição original, isto vai resultar numa força que vai movimentar o dente provocando recidiva [11], [12], [18].

Os estudos demonstraram que entre os vários grupos de fibras, as que têm mais influência na recidiva ortodôntica são as fibras supra-alveolares, em particular as fibras transeptais.

Nas experiências com animais nos quais os dentes alinhados normalmente foram rotacionados, bem como em estudos clínicos nos quais as rotações dos dentes foram corrigidas ocorreu alongamento e estiramento das fibras transeptais. Estas observações apoiam a hipótese destas fibras serem responsáveis pela recidiva [11], [17]. No entanto não existe concordância na literatura, alguns autores afirmam que as fibras transeptais poderão não ser a principal causa da etiologia da recidiva, mas sim a remodelação do osso alveolar e dos feixes de fibras de colagénio do ligamento periodontal, pois observaram que os dentes movimentados continuaram a recidivar mesmo quando as fibras transeptais se apresentavam de forma normal [7], [9].

Reitan (1959) observou que as fibras supra-alveolares demoraram mais tempo a remodelarem-se em comparação com as fibras mais apicais do ligamento periodontal. Estes resultados devem-se ao facto destas fibras estarem ligadas ao tecido gengival que se pode afastar do dente, além disso as estruturas supra-alveolares contêm fibras elásticas que podem ser mantidas esticadas durante a rotação. Por isso a recidiva pode ser causada pela contração das fibras supra-alveolares e dos tecidos gengivais deslocados [11].

Redlich et al. (1996) afirmaram que nos dentes rodados, a recidiva pode ser causada pela gengiva elástica comprimida e não pelas fibras de colagénio supra-alveolares esticadas. Após o movimento ortodôntico ocorreram mudanças significativas no arranjo espacial e na integridade das fibras supra-alveolares, mostraram-se rasgadas, desorganizadas, espaçadas lateralmente e com diâmetro aumentado, sendo que todas essas mudanças foram incompatíveis com a ideia de alongamento das fibras. Também foi observado que as forças ortodônticas aumentaram a quantidade de fibras elásticas presentes na gengiva. Quando foi realizada a fibrotomia supracrestal, a gengiva que foi comprimida devido ao movimento ortodôntico foi descolada do dente, isto causou recidiva apenas da gengiva, enquanto o dente se manteve na mesma posição. Estes resultados parecem indicar que a gengiva não se adapta à nova posição do dente, mas que apresenta propriedades elásticas que podem causar movimento dentário [10].

Gusmão et al. (2011) concluíram que dentes mal posicionados afetaram negativamente a saúde dos tecidos periodontais, o que chama a atenção para a importância de uma abordagem multidisciplinar que inclua, principalmente, os cuidados periodontais e ortodônticos para melhorar a saúde oral dos pacientes. Além disso, afirma que a necessidade de tratamento periodontal básico e/ou cirúrgico ficou explícita na totalidade da amostra investigada e demonstra o quanto um dente fora do seu alinhamento na arcada dentária é capaz de produzir uma doença e/ou modificar a intensidade de uma doença prévia. Este fato ocorre provavelmente pela ausência de cuidados estomatológicos específicos e falta de orientação quanto à higiene oral controlada. O paciente tem sempre necessidade de tratamento, quer a correção seja a pequenos movimentos ou pela movimentação ortodôntica completa [22].

No entanto num outro estudo foi observado que existe alguma adaptação do tecido mole gengival à nova posição dentária, contrariamente ao descrito anteriormente, McCollum et

al. (1980), ao realizarem fibrotomia supracrestal circunferencial (FSC), constataram que ocorreu um recuo insignificante do tecido gengival. Esta adaptação da gengiva permite alguma redução da influência que os tecidos gengivais desempenham na recidiva ortodôntica, mas não na sua totalidade [13].

#### 4.2. Osso alveolar

O osso alveolar, cemento e o ligamento periodontal constituem o aparelho de inserção dos dentes, cuja principal função é de distribuição das forças geradas quer pela mastigação quer pelos contactos dentários [26].

Durante o movimento dentário por forças ortodônticas são evidenciados dois processos: a reabsorção e aposição óssea. O processo de reabsorção óssea está sempre associado a células gigantes especializadas na destruição da matriz mineralizada (osso, dentina e cemento) denominadas de osteoclasto, para além desta atividade celular, também se constata que, a reabsorção dá-se pela libertação de substâncias ácidas, promovendo um ambiente ácido, no qual os sais minerais do tecido ósseo são dissolvidos. Em suma, tanto o osso cortical como o esponjoso sofrem uma constante remodelação em resposta à alteração da posição dos dentes e às mudanças nas forças funcionais que sobre eles atuam (reabsorção seguida de formação) [26].

A reabsorção osteoclástica dos ossos alveolares também foi proeminente durante os processos de recidiva. Franzen et al. (2011) e Yoshida et al. (1999) sugeriram que a remodelação do osso alveolar é uma das principais causas de recidiva dos molares de ratos movidos experimentalmente. Observaram que durante a recidiva a diferenciação dos osteoclastos aumenta nas áreas de compressão e diminui nas áreas de tensão, havendo reabsorção óssea na direção da recidiva e conseqüentemente ocorre formação óssea na área oposta da atividade dos osteoclastos o que indica que a remodelação do osso alveolar é um elemento importante nos processos de recidiva dos dentes movimentados ortodonticamente [9], [7].

A aposição é um aumento do espaço periodontal com aumento de volume dos capilares, estimulação de células osteoblásticas e destruição óssea. A tensão incentiva a execução osteoblástica para a composição de um tecido osteoide. A expansão do número dos osteoblastos é devido à discrepância das células mesenquimatosas, as quais derivam do periodonto e da corrente sanguínea. Sendo o tecido pouco reabsorvível evita a recidiva ao parar a deslocação de forças ortodônticas. Começa então a calcificação do tecido, e a matriz osteoide é reconvertida em osso [7].

Pacientes que apresentavam perda da crista alveolar mais extensa e maior prevalência de reabsorção radicular apical tinham maior prevalência de recidiva. Este fenómeno foi explicado pelo facto de que na região supra-alveolar predomina uma grande quantidade de

fibras. A reabsorção da crista alveolar vai reduzir o suporte periodontal do osso e das fibras supra-crestais, enquanto que na região apical da raiz dentária a sua reabsorção também vai reduzir o suporte periodontal das fibras do ligamento periodontal. No entanto esta redução apical é em menor quantidade comparada com a região supra-alveolar. Esta redução do suporte periodontal vai causar maior instabilidade dos resultados após o tratamento ortodôntico [14].

#### **4.3. Vasos sanguíneos**

O sangue flui da gengiva para o terço apical do ligamento periodontal através de vasos sanguíneos localizados adjacentes ao septo interdental. Esses vasos sanguíneos são importantes reguladores das alterações teciduais que ocorrem durante o movimento dentário ortodôntico. Durante o estudo realizado por Murrell et al (1996) a vascularização periodontal foi significativamente alterada pelo movimento dentário ortodôntico, e pela remoção das forças ortodônticas. As alterações vasculares dependem do local e do tamanho do vaso sanguíneo. A distribuição e a densidade vascular periodontal aumentou após a aplicação da força ortodôntica e diminuiu quando essa força foi removida, aumentou temporariamente durante a recidiva e por fim normalizou. Sugerindo que os vasos sanguíneos periodontais podem ser um fator na produção de forças teciduais, resultando em recidiva de dentes movimentados. Porém, o papel destes vasos sanguíneos no remodelamento alveolar e na modificação da pressão do fluido coincidente com o movimento dentário requer mais estudos [15].

#### **4.4. Procedimentos para evitar a recidiva causada pelos tecidos periodontais**

Foi observado que a maioria da recidiva após o tratamento ortodôntico concentra-se nas fibras transeptais [12], [11], [17], [18]. Quando os dentes são movimentados para uma nova posição, essas fibras tendem ao estiramento, com velocidade de remodelamento bastante lenta. Se o estiramento dessas fibras pudesse ser eliminado, a maior parte dos casos de recidiva de dentes previamente desalinhados e rodados também poderia ser eliminada. De facto, se as fibras transeptais forem seccionadas para se poderem remodelar enquanto os dentes são mantidos na sua posição apropriada, a recidiva causada pela elasticidade dessas fibras seria drasticamente reduzida [10], [17].

A fibrotomia supracrestal circunferencial tem como objetivo seccionar as fibras supra-crestais, que rodeiam o dente, através do sulco gengival em direção à crista do osso alveolar com a ajuda de um bisturi. Estas incisões são feitas na região interproximal dos dentes e junto das margens gengivais vestibulares e palatinas. Não é recomendado na região vestibular e palatina quando estas zonas têm o osso e a gengiva muito fina correndo risco de recessão gengival. O desconforto após o procedimento é pequeno e a recuperação cirúrgica demora cerca de 7 a 10 dias. Os estudos demonstraram que o seccionamento das

fibras supra-alveolares ajuda a diminuir a recidiva, o que apoia a hipótese de que essas fibras têm influência na recidiva ortodôntica [10], [11], [16], [17]–[19].

A recidiva média nos pacientes submetidos ao procedimento de FSC foi aproximadamente 29% menor que em pacientes em que não foi realizada essa cirurgia, com exceção dos dentes anteriores inferiores em que tiveram apenas 18,58% de redução da recidiva. A FSC é mais eficaz na recidiva rotacional do que na vestibulo-lingual, pois o posicionamento vestibulo-lingual do arco é mais afetado pelos músculos da língua e bochechas do que no posicionamento estritamente rotacional. Apresentou melhores resultados no segmento anterior maxilar do que no segmento anterior mandibular, devido a uma maior complexidade e potencial multifatorial de recidiva inerente à mandíbula. A FSC mostrou maior eficácia no alívio da recidiva durante os primeiros 4 a 6 anos após o tratamento ortodôntico. Parece também ser mais eficaz no alívio da recidiva nos casos que inicialmente apresentaram irregularidade grave (Índice de Irregularidade de 6 mm ou mais) do que nos casos com irregularidade leve (Índice de Irregularidade de 3 mm ou menos). Nos ratos, 30 dias após a remoção do aparelho ortodôntico houve apenas 12% de recidiva na FSC, enquanto na não realização da cirurgia esta foi quase total. Também ocorreu uma diminuição significativa na quantidade de recidiva até 30 dias após a remoção do aparelho ortodôntico no grupo FSC em comparação com o grupo controlo [12], [17]–[19].

A FSC não aparenta causar nenhum dano ao periodonto de pacientes adolescentes, no entanto, não foi demonstrado se a ligação epitelial de pacientes adultos tem as mesmas capacidades regenerativas. As observações feitas durante as investigações indicaram que esta técnica cirúrgica é clinicamente bem-sucedida na redução da recidiva dos dentes rotacionados ortodonticamente. De facto, esta técnica cirúrgica é tão simples e as complicações tão poucas que poderiam ser facilmente utilizadas como parte da rotina da terapia de retenção dos ortodontistas [16].

Young et al. (2013) observaram num estudo em ratos que durante o movimento ortodôntico, os dentes em que se realizaram previamente FSC moveram-se significativamente mais rápido e o dobro da distância nos primeiros 30 minutos após a ativação do aparelho ortodôntico, em comparação com os dentes em que não foi realizado a cirurgia. Por isso, este procedimento não só diminui a recidiva como também é capaz de acelerar o movimento dentário, se for realizado antes da fase de tratamento ortodôntico. Mas, apesar de facilitar o movimento ortodôntico, esta cirurgia não é recomendada durante o tratamento ativo ou em casos com inflamação gengival, devido à regeneração imprevisível da aderência epitelial, pois nestas situações pode causar reabsorção radicular e dificultar a cicatrização periodontal [18], [19].

Outra forma de evitar a recidiva descrita pela literatura é realizar subtratamento dos dentes movimentados. Após o movimento dos dentes estes têm tendência a voltar para a sua posição inicial, uma das possibilidades seria movimentar esses dentes um pouco mais para que com a recidiva esses dentes voltem para a posição correta. No entanto, esse procedimento ainda é controverso e não muito aconselhado, uma vez que ainda não foi

demonstrado se o subtratamento é um método válido para diminuir a recidiva rotacional. Uma vez que não é previsível que um dente sob-rodado ao recidivar, se movimente para o alinhamento desejado [11], [16].

Recentemente, foi estudado o efeito e o mecanismo das vibrações mecânicas de baixa frequência na retenção após movimentação dentária ortodôntica ativa. Yadav et al (2016) afirmaram que não houve diferença estatisticamente significativa na quantidade de recidiva entre os grupos somente recidiva e recidiva + 30 Hz. No entanto, houve uma tendência de diminuição da recidiva com vibração mecânica de 30 Hz. Contudo relativamente as fibras de colagénio mostrou que o carregamento ortodôntico atrapalha a integridade e a qualidade das fibras do PDL. Com o grupo de recidiva + 30 Hz demonstrou-se que basta uma vibração mecânica a 30 Hz para restaurar a espessura das fibras de colagénio, que haviam sido perdidas devido à carga ortodôntica. Em suma, o grupo controlo e o grupo apenas com recidiva apresentaram fibras menos espessas e onduladas, enquanto o grupo com recidiva + 30 Hz apresentou fibras de colagénio espessas, evidenciado pela coloração vermelho-escuro. Além disso, mostrou que a densidade do tecido foi significativamente maior no grupo com recidiva mais vibração e houve um aumento na BVF no grupo de recidiva, embora não fosse estatisticamente significativo [21].

## 5. Conclusão

As fibras supra-alveolares, o tecido gengival, o osso alveolar circundante e a vascularização periodontal aparentam ter influência na recidiva ortodôntica.

As fibras supra-alveolares, em particular as fibras transeptais são as que apresentam maior influência na recidiva causada pelos tecidos periodontais.

As outras estruturas referidas também demonstraram serem importantes, no entanto, o papel do osso alveolar, dos vasos sanguíneos periodontais e dos tecidos gengivais na recidiva ortodôntica é controverso, uma vez que ainda não se realizaram estudos aprofundados sobre os mesmos.

A fibrotomia supracrestal circunferencial demonstrou ser eficaz na prevenção da recidiva em especial na estabilidade rotacional, no entanto não impede totalmente a recidiva causada pelas estruturas periodontais.

Além do mais, revelou-se que a utilização de vibrações mecânicas de baixa frequência diminui a recidiva após a movimentação dentário ortodôntica, podendo ser utilizada como método de prevenção.

Existem poucos estudos recentes sobre o papel destas estruturas durante recidiva ortodôntica, é necessário a realização de mais estudos sobre o comportamento dos tecidos periodontais e a sua influência na recidiva ortodôntica.

## 6. Referências

- [1] L. Á. Maltagliati and L. Andrade, "Análise dos fatores que motivam os pacientes adultos a buscarem o tratamento ortodôntico," pp. 54–60, 2007.
- [2] W. Proffit, H. Fields, and D. Sarver, *Contemporary Orthodontics*, 4th ed. Mosby Elsevier, 2007.
- [3] D. Cardaropoli and L. Gaveglio, "The Influence of Orthodontic Movement on Periodontal Tissues Level," *Semin. Orthod.*, vol. 13, no. 4, pp. 234–245, 2007.
- [4] A. Polson, J. Caton, A. P. Poison, J. Novak, and B. Reed, "Periodontal Response After Tooth Movement Into Intrabony Defects," *J. Periodontol.*, vol. 55, no. 4, pp. 2–7, 1984.
- [5] I. Ericsson, "The effect of orthodontic tilting movements on the periodontal tissues of infected and non-infected," *J. Clin. Periodontol.*, vol. 4, pp. 278–293, 1977.
- [6] M. Helena, C. De Almeida, D. F. Noüer, M. Beatriz, B. De Araújo, and M. B. B. D. A. Principais, "Principais Fatores Relacionados à Estabilidade Ortodôntica : uma Revisão de Literatura The Main Factors Relating to Orthodontic Stability : a," pp. 194–200, 2002.
- [7] T. J. Franzen, P. Brudvik, and V. Vandevska-radunovic, "Periodontal tissue reaction during orthodontic relapse in rat molars," *Eur. J. Orthod.*, vol. 35, pp. 152–159, 2013, doi: 10.1093/ejo/cjr127.
- [8] W. Proffit and H. Fields, *Contemporary Orthodontics*, 5th editio. 2012.
- [9] Y. Yoshida, T. Sasaki, K. Yokoya, T. Hiraide, and Y. Shibasaki, "Cellular roles in relapse processes of experimentally-moved rat molars," *J. Electron Microsc.*, vol. 48, no. 2, pp. 147–57, 1999.
- [10] M. Redlich, E. Rahamim, A. Gaft, and S. Shoshan, "The response of supraalveolar gingival collagen to orthodontic rotation movement in dogs," *Am J Orthod Dentofac. Orthop.*, vol. 110, no. 3, pp. 247–55, 1996.
- [11] K. Reitan, "Tissue rearrangement during retention of orthodontically rotated teeth.," *Angle Orthod.*, vol. 29, pp. 105–13, 1959.
- [12] S. Kusters, A. Kuijpers-Jagtman, and J. Maltha, "An experimental study in dogs of transseptal fiber arrangement between teeth which have emerged in rotated or non-rotated positions," *J. Dent Res.*, vol. 70, no. 3, pp. 192–7, 1991.
- [13] A. McCollum and C. Preston, "Maxillary canine retraction, periodontal surgery, and relapse," *Am J Orthod.*, vol. 75, no. 6, pp. 610–22, 1980.
- [14] W. Sharpe, B. Reed, J. Subtelny, and A. Polson, "Orthodontic relapse, apical root resorption, and crestal alveolar bone levels," *Am J Orthod Dentofac. Orthop.*, vol. 91, no. 3, pp. 252–8, 1987.
- [15] E. F. Murrell, E. H. K. Yen, and R. B. Johnson, "Vascular changes in the periodontal



- ligament after removal of orthodontic forces," *Am J Orthod Dentofac. Orthop.*, vol. 35, no. 2, pp. 152–2, 1996, doi: 10.1093/ejo/cjr127.
- [16] G. Edwards, "A surgical procedure to eliminate rotational relapse," *Am J Orthod.*, vol. 57, no. 3, 1970.
- [17] G. Parker, "Transseptal fibers and relapse following bodily retraction of teeth: a histologic study," *Am J Orthod.*, vol. 61, no. 4, pp. 331–44, 1972.
- [18] L. Young, I. Binderman, A. Yaffe, L. Beni, and A. D. Vardimon, "Fibrotomy enhances orthodontic tooth movement and diminishes relapse in a rat model," *Orthod. Craniofacial Res.*, vol. 16, no. 3, pp. 161–168, 2013, doi: 10.1111/ocr.12014.
- [19] J. Edwards, "A long-term prospective evaluation of the circumferential supracrestal fibrotomy in alleviating orthodontic relapse," *Am J Orthod Dentofac. Orthop.*, vol. 93, no. 5, pp. 380–7, 1988.
- [20] W. N. W. Hassan, P. A. Stephenson, R. J. Waddington, and A. J. Sloan, "An ex vivo culture model for orthodontically induced root resorption," *J. Dent.*, vol. 40, no. 5, pp. 406–415, 2012, doi: 10.1016/j.jdent.2012.02.002.
- [21] S. Yadav *et al.*, "The effect of low-frequency mechanical vibration on retention in an orthodontic relapse model," *Eur. J. Orthod.*, no. March 2015, pp. 44–50, 2016, doi: 10.1093/ejo/cjv006.
- [22] E. S. Gusmão, R. Deschamps, and C. De Queiroz, "Association between malpositioned teeth and periodontal disease," *Dental Press J. Orthod.*, vol. 16, no. 4, pp. 87–94, 2011.
- [23] N. Zhao *et al.*, "Local osteoprotegerin gene transfer inhibits relapse of orthodontic tooth movement," *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, vol. 141, no. 1, pp. 30–40, 2012, doi: 10.1016/j.ajodo.2011.06.035.
- [24] J. Qi *et al.*, "Establishment of an orthodontic retention mouse model and the effect of anti-c-Fms antibody on orthodontic relapse," *PLoS One*, pp. 1–14, 2019.
- [25] A. Nanci, *Ten Cate's Oral Histology Development, Structure, and Function*, 9TH editio. Canada: Elsevier Health Sciences, 2003.
- [26] J. Lindhe, T. Karring, and N. P. Lang, *Clinical Periodontology and Implant Dentistry*, 4th editon. 2003.