

Mecanismos bioquímicos da reabsorção radicular por tratamento ortodôntico

Biochemical mechanism involved in root resorption caused by treatment orthodontic

Hugo Geraldo Perdigão e VIEIRA¹

Ivana Uglík GARBUJ

Paulo Roberto Aranha NOUER

Darcy Flávio NOUER

Mayury KURAMAE

RESUMO

A reabsorção radicular como seqüela do tratamento ortodôntico foi o foco desta revisão de literatura, que objetivou rever e elucidar seus mecanismos bioquímicos, fatores influentes inerentes ao tratamento ortodôntico e inerentes ao indivíduo. Observou-se que o processo de reabsorção é relacionado à hialinização do ligamento periodontal, iniciando-se concomitantemente ao processo de eliminação do tecido hialinizado e, aparentemente, regulado pelos mesmos moduladores inflamatórios, tais como prostaglandinas, interleucinas e fator de necrose tumoral- α , demonstrando íntima sua relação com este mecanismo. O processo de reabsorção poderia ainda ser inibido por substâncias associadas ao metabolismo de cálcio relacionadas à inibição de uma ou mais funções próprias de odontoclastos: hormônio tireoideano (T4), bisfosfonatos, calcitonina, e chistatina. Outras substâncias, tais como os fatores de crescimento semelhantes à insulina, ativador do receptor do fator nuclear kappa β , osteoprotegerina, fosforina dentinária e sialoproteína dentinária, detectadas localmente durante movimentação ortodôntica, não teriam seu papel esclarecido no processo de reabsorção. Estas, juntamente à enzima fosfatase ácida resistente a tartrato (TRAP, observada em odontoblastos e odontoclastos ativos), poderiam ser ao menos indicadores de ocorrência de reabsorção. A reabsorção prolongada após o tratamento ortodôntico está relacionada a outras causas, que não o tratamento.

Termos de indexação: Movimentação dentária. Ortodontia. Reabsorção de dente.

ABSTRACT

Considered, by many authors, as one of the most usual sequelae of orthodontic treatment, root resorption was the focus of this review of literature, which aimed to reexamine and clarify the biochemical mechanisms of resorption, as well as influent factors, either individual or regarding the very orthodontic treatment. Literature showed that the process of root resorption is connected to hyalinization of the periodontal ligament, and initiates concurrently with the removal of hyalinized tissue; also, it appears to be regulated by the same modulators, such as prostaglandins, interleukins and tumor necrosis factor- α , showing a close relationship to inflammation mechanisms. Root resorption could also be inhibited by calcium metabolism-associated substances that are related to one or more odontoclastic functions: thyroid hormone (T4), bisphosphonates, calcitonin, echistatin, and others. Prolonged resorption after orthodontic treatment could be related to other causes not specifically involved in the treatment.

Indexing terms: Tooth movement. Orthodontics. Tooth resorption.

INTRODUÇÃO

A excelência no tratamento é o objetivo de todo profissional da saúde consciente de suas funções. Para sua realização, não apenas se busca atingir resultados mais próximos possíveis do ideal, mas também evitar ou minimizar efeitos secundários indesejáveis. Na prática da Ortodontia, diversos autores como Horiuchi et al.¹ consideram que a reabsorção radicular seja uma das

seqüelas mais comuns, e, embora muitas vezes observada como consequência menor, em outros casos, a gravidade da reabsorção seria suficiente para pôr em risco não apenas todos os bons resultados obtidos, mas a própria dentição do paciente. A reabsorção radicular teria sido descrita, originalmente por Chan et al.², porém somente em 1914 outro pesquisador, Chan et al.² a teria associado ao tratamento ortodôntico. Até então, qualquer processo de reabsorção no organismo era chamado de absorção, passando a ser chamado, a partir desse marco, de processos

¹ Faculdade São Leopoldo Mandic, Curso de Odontologia, Programa de Pós-Graduação em Ortodontia. Rua José Rocha Junqueira, 13, Swift, 13045-755, Campinas, SP, Brasil. Correspondência para / Correspondence to: HGP VIEIRA. E-mail: <ortoprev@uol.com.br>.

de reabsorção, em reconhecimento ao constante processo de remodelação dos tecidos mineralizados, que incluem absorção e reposição natural de substâncias.

Atualmente, observações realizadas por autores como Owman-Moll & Kuroi³, que encontraram reabsorções radiculares em 93% de adolescentes tratados, embora apenas 1-5% destes apresentassem reabsorções graves, nos mostram a necessidade constante de controle, por parte do Ortodontista, de sua atuação. Contudo, a prática da Ortodontia se vê repleta de fatores capazes de influenciar na promoção da reabsorção radicular. Embora a intensidade das forças aplicadas seja a primeira variável que venha à mente de muitos profissionais, outros fatores certamente teriam sua responsabilidade. A identificação dos fatores envolvidos no processo de reabsorção radicular, portanto, mostra-se um desafio, tanto para o profissional atuante quanto para o pesquisador, envolvendo a necessidade de conhecimento de todo o processo, não apenas do ponto de vista preventivo, mas também para o controle dos efeitos negativos e minimização das sequelas, e, até mesmo, para proteção profissional no âmbito legal⁴.

Este artigo propõe a fazer um trabalho minucioso e atento sobre os mecanismos bioquímicos inerentes ao processo de reabsorção radicular, analisando brevemente suas etapas; comentar alguns dos fatores inerentes à técnica ortodôntica, que possam influenciar na reabsorção radicular; comentar alguns fatores inerentes ao indivíduo, que possam influenciar na reabsorção radicular e tecer algumas considerações sobre a metodologia dos estudos analisados.

Reabsorção radicular e suas considerações

A literatura revisada contou com os principais artigos no sentido de se avaliar a observância de cada ponto de vista e/ou pesquisa, nos quais os interesses foram selecionados para esta revisão. O assunto até então desconhecido por muitos, foram colocados de forma simples e significativa de modo a proporcionar ao leitor uma dinâmica no processo de leitura. A partir do levantamento foram feito uma discussão principal sobre cada artigo, no intuito de demonstrar quais seriam os mecanismos bioquímicos do processo de reabsorção radicular por tratamento ortodôntico. Rygh⁵ estudando o processo de reabsorção radicular realizou uma extensa revisão da literatura concernente aos processos de reabsorção radicular. Ele observou que o principal mecanismo de reabsorção de cimento seria odontoclástico e estimulado por fatores locais resumindo os fatores mais comuns

associados à reabsorção de cimento: a) forças compressivas - erupção dentária, tumores; b) danos à membrana periodontal (mecânico, químico, térmico); c) aumento de irrigação sanguínea local (hiperemia relacionada a certos processos inflamatórios, hipertrofia, épulis); d) presença de infecção; e) predisposição individual (distúrbios sistêmicos ou endócrinos). O autor concluiu que, em concordância com estudos anteriores, a reabsorção estaria associada a forças ortodônticas intensas e de longa duração sendo possível observar reposição de cimento em áreas onde ocorreu remoção de tecido hialinizado; a reabsorção de cimento foi observada próxima a essas áreas hialinizadas e foi mediada por células próximas à região de hialinização.

Em vista a magnitude das forças aplicadas sobre os dentes de ancoragem durante processos de expansão rápida dos maxilares (ERM) e dos poucos trabalhos publicados a respeito da reabsorção radicular associada, Barber & Sims⁶ propuseram-se a analisar a topografia das lesões por reabsorção radicular em dentes humanos via microscopia eletrônica de varredura (MEV). A ocorrência de reabsorção em função das forças exercidas pela ERM foi considerada evidente e a continuidade da reabsorção durante o período de contenção foi atribuída à manutenção de forças de recidiva. Os autores ressaltaram que, embora detectado pela MEV, o processo de reabsorção não apresentou sinais em radiografias periapicais pela técnica da bisettriz.

Segundo Goldie & King⁷, seria de suma importância determinar quais pacientes seriam mais susceptíveis à reabsorção radicular; entre as causas mais estudadas para esta predisposição estariam os estados de alteração fisiológica, dos quais a alteração do metabolismo de cálcio foi o objeto do presente estudo. Comparando seus resultados com a literatura, os autores concluíram que, embora a reabsorção óssea tenha se dado por atividade osteoclástica, esta não foi suficiente para alterar os padrões de movimentação; ao contrário do esperado, contudo, a deficiência de cálcio não estimulou a reabsorção radicular, sugerindo que o menor grau de mineralização óssea teria facilitado a movimentação, diminuindo a compressão sobre a região mesial dos molares.

Copeland & Green⁸ examinaram mais de mil prontuários de pacientes que sofreram tratamento ortodôntico na Universidade do Estado de Nova York, (Buffalo, NY, EUA); destes, 45 prontuários foram selecionados por estarem completos e pela facilidade de identificação radiográfica de ausência de reabsorção radicular prévia ao tratamento e presença de reabsorção

radicular nos incisivos centrais superiores após o tratamento pela mecânica Edgewise. Os autores consideraram que a reabsorção teria continuado por algum período após o tratamento, mas a reparação do cimento durante o período de contenção (relativamente longo) teria compensado essas perdas. Outros fatores a serem considerados como influentes sobre a reabsorção que ocorreu no período pós-tratamento ativo foram o trauma oclusal e alguma atividade dos dispositivos de contenção - em função das forças de recidiva.

Gaudie⁹ relatou um caso de um exemplo atípico de reabsorção radicular, denominado "reabsorção radicular externa cervical", de etiologia associada à inflamação do periodonto adjacente. Após debridamento, o defeito foi restaurado com ionômero de vidro, e, 4 meses após o procedimento o dente mostrou boa recuperação periodontal, sem sinais de envolvimento pulpar.

Grevstad¹⁰ observou que a reparação de lacunas de reabsorção em dentina radicular se daria sem evidências de reparação do cimento, indicando que o colágeno da própria dentina estimularia a reparação. Grevstad¹⁰ observou que a reparação de lacunas de reabsorção em dentina radicular se daria sem evidências de reparação do cimento. Após o 14º dia, sinais de reabsorção ativa, bem como vários graus de reparação foram observados. O reparo inicial do cimento e dentina se caracterizou pela presença de células conjuntivas.

Ng et al.¹¹ buscaram elucidar o papel da resposta imune no processo de reabsorção radicular. Para tal, expuseram cirurgicamente o osso mandibular do lado esquerdo, na região de parassínfise, de 42 ratos, expondo a região a um estímulo controlado de frio - observou-se na literatura que estímulos frios promoveriam reabsorção radicular externa em murinos. Considerou-se que a morfologia observada das lacunas de reabsorção seria semelhante à morfologia descrita das lacunas ocorridas por forças ortodônticas; atribuiu-se o envolvimento das faces mediais à extensão do trauma criogênico. A diminuição do número de anticorpos no plasma dos ratos durante o período de reabsorção seria sugestiva de que tal alteração humoral poderia prever a reabsorção radicular; ainda assim, não foi possível comprovar se esta alteração seria ou não um fator causal da reabsorção.

Mortelliti & Needleman¹² verificaram que a reabsorção radicular atípica dos incisivos centrais superiores decíduos teria como possíveis fatores etiológicos os traumatismos mecânicos e químicos, cáries, necrose pulpar, movimentação ortodôntica, tumores e oclusão traumática;

um fator potencial seria a sucção digital, mas não estaria claro se o trauma mecânico do hábito seria o responsável ou as alterações oclusais consequentes do mesmo. Os autores examinaram uma amostra de prontuários e radiografias periapicais de incisivos centrais superiores decíduos de 233 crianças. Destas, 33 (14,2%) exibiram reabsorção radicular atípica, sem diferença de gênero. Não foram encontradas relações significativas entre histórico de traumatismo mecânico ou presença de hábitos (sucção digital, uso de chupeta, etc.) à ocorrência da reabsorção; a associação trauma/hábito correlacionou-se significativamente à presença de reabsorção apical. Em relação à oclusão, o trespasse horizontal acentuado apresentou relação significativa com a reabsorção.

Solheim & Kvaal¹³ verificaram na literatura que a maioria dos estudos conduzidos em busca de uma relação entre idade e grau de reabsorção radicular teriam concluído que não haveria relação entre ambos; diversos fatores teriam sido atribuídos a esta falta de relação, entre eles, a presença de doença periodontal e história de traumatismos. Ainda assim, os autores buscaram verificar a existência de tal relação, descartando em sua amostra dentes que tivessem sido acometidos por doença periodontal e molares (devido ao número de raízes).

Avaliação e localização

Avaliando radiografias periapicais e cefalométricas prévias e posteriores, a tratamento ortodôntico pela técnica de Tweed, em pacientes jovens (9 a 16 anos), Nouer et al.⁴ buscaram avaliar o grau de reabsorção radicular e procuraram por relações entre a ocorrência e a gravidade da reabsorção considerando o fator sexo e idade desses pacientes. Observou-se que os pacientes do sexo feminino apresentaram maior incidência de reabsorção radicular, embora a diferença em relação ao sexo masculino não fosse significativa. O fator idade também não apresentou relações estatisticamente significantes em relação à reabsorção e a única correlação significativa foi observada entre a reabsorção radicular e o tempo de tratamento. As reabsorções mais frequentemente observadas acometiam até o terço apical da raiz, e movimentos no sentido antero-posterior facilitaram a pequena fração observada de graus de reabsorção acometendo até o terço médio. Observou-se ainda que o arco superior foi o mais acometido, especialmente incisivos centrais e laterais.

Faltin et al.¹⁴ realizaram um estudo de microscopia eletrônica de varredura de possíveis reabsorções radiculares e sua localização após a aplicação de forças contínuas

de diferentes intensidades. Os resultados sugerem que a intrusão dos dentes com forças contínuas induz reabsorção radicular, dependendo da intensidade da força aplicada, especialmente na região apical.

Predisposição histológica e histoquímica

Determinadas características dentofaciais poderiam predispor os indivíduos à reabsorção radicular. Horiuchi et al.¹ investigaram a correlação entre a reabsorção radicular e a ocorrência de contato entre os ápices radiculares e as corticais ósseas palatinas ou vestibular durante o tratamento ortodôntico. Para os autores, o contato entre o ápice radicular e a cortical óssea resultantes de retrusão ou extrusão dentária seria o principal fator etiológico da reabsorção radicular.

Lu et al.¹⁵ realizaram uma quantificação histológica e histoquímica com fosfatase ácida resistente a tartrato (TRAP), da reabsorção radicular decorrente da aplicação de forças intrusivas em molares inferiores de ratos. Concluíram que, independente da quantidade de células positivas para TRAP e de reabsorção radicular, a reabsorção é maior na região apical do que na área inter-radicular, indicando que o cemento celular pode ser reabsorvido mais facilmente por apresentar maior quantidade de componentes orgânicos e estrutura pouco mineralizada.

Owman-Moll & Kuroi³ investigaram a reabsorção radicular induzida por tratamento ortodôntico. Em 96 adolescentes os primeiros ou segundos pré-molares com indicação de exodontia foram vestibularizados ortodonticamente por meio de aparatologia fixa, com forças controladas de 50, 100 ou 200cN. Após a extração destes dentes, as áreas reabsorvidas foram mensuradas e classificadas como amplas ou pequenas e os espécimes foram analisados histologicamente. Com os resultados das mensurações 50 indivíduos, 18 meninos e 32 meninas com média de 13,4 anos, foram divididos em grupos de alto ou baixo risco segundo o grau de reabsorção observado. Após a investigação dos fatores predisponentes como morfologia radicular, gengivite, onicofagia, ingestão medicamentosa, entre outros, verificou-se que indivíduos portadores de alergia apresentaram maior risco de reabsorção, porém não significativa do ponto estatístico.

Buscando investigar o papel das células do ligamento periodontal no processo de reabsorção radicular, Shiraishi et al.¹⁶ extraíram os molares de 40 ratos, removeram o tecido pulpar e separaram os dois grupos (20 dentes cada). Os dentes de um grupo teve todo o ligamento periodontal

removido por curetagem, enquanto o outro grupo teve os dentes com seu ligamento mantido intacto. Observou-se reabsorção radicular por meio de células TRAP-positivas somente no grupo que teve o ligamento intacto, sugerindo que o próprio ligamento induziria reabsorção radicular. O pico de células TRAP-positivas ao próximo ao décimo dia sugeriu que a COX-2 produzida nos primeiros dias também teria seu papel na reabsorção radicular.

Brezniak & Wasserstein¹⁷, em revisão de literatura sobre os aspectos clínicos da reabsorção radicular inflamatória ortodonticamente induzida, afirmaram que a reabsorção radicular é uma consequência iatrogênica do tratamento ortodôntico, sendo um processo inflamatório estéril, extremamente complexo e que inclui forças, raízes, osso, células e matriz adjacente e, certos mensageiros biológicos conhecidos. Embora vários métodos preventivos tenham sido sugeridos, nenhum pode realmente evitar a reabsorção radicular inflamatória ortodonticamente induzida com algum grau de certeza; assim, os ortodontistas devem tomar todas as medidas conhecidas para reduzir a ocorrência de reabsorção radicular inflamatória ortodonticamente induzida.

A literatura consultada por Seifi et al.¹⁸ teria comprovado que a injeção de prostaglandinas aceleraria o movimento ortodôntico, diminuindo o tempo de tratamento. Porém, possivelmente estas mesmas prostaglandinas estejam envolvidas no processo de reabsorção radicular. Assim, os autores investigaram as alterações decorrentes no tratamento ortodôntico após aplicação local de prostaglandina E2 (PGE2) isolada ou combinada ao gluconato de cálcio (GCa). Houve apenas uma tendência de redução do processo de reabsorção radicular no grupo PGE2+GCa, mas não o suficiente para que os autores concluíssem pela indicação do cálcio como coadjuvante do tratamento.

Zhang et al.¹⁹ investigaram o papel da citocina inflamatória interleucina 1 (IL-1) e do fator de necrose tumoral alfa (TNF α) no processo de reabsorção radicular mecanicamente induzida. Os resultados qualitativos e quantitativos demonstraram que a quantidade de reabsorção radicular foi significativamente reduzida, especialmente após a aplicação sistêmica de receptores de TNF α e concluíram que a IL-1 e particularmente o TNF são importantes na indução e no desenvolvimento da reabsorção radicular.

Al-Qawasmi et al.²⁰ observaram que a presença de interleucina-1B (IL-1B) teria sido observada no ligamento periodontal e no fluido crevicular de pacientes

sob tratamento ortodôntico, e que esta citocina estaria relacionada à modulação de reabsorção óssea em locais sob forças ortodônticas, provavelmente atuando sobre catabolismo ósseo. Concluiu-se que a ausência genética de IL-1B não afetou a ocorrência de reabsorção radicular sob forças ortodônticas, embora a ação moduladora tenha se mostrado em maiores graus de reabsorção nos animais knockout.

Muitos estudos sobre reabsorção radicular mostraram-se inconclusivos e parte disto pode ser atribuída ao método de mensuração da área reabsorvida, que na maioria das vezes é realizada de forma bidimensional. Chan et al.² apresentaram um novo método para a mensuração volumétrica das reabsorções radiculares. Quando comparado ao controle, os grupos experimentais sempre apresentaram reabsorção significativamente maior.

Darendeliler et al.²¹ estudaram o efeito de diferentes forças sobre o cimento, sob o ponto de vista das propriedades físicas, alterações no conteúdo mineral, tipo e localização das crateras de reabsorção e realizaram uma exploração tridimensional do espaço radicular. As medidas bidimensionais estavam fortemente correlacionadas com as medidas tridimensionais. Concluíram que a aplicação de forças leves e pesadas não mostrou qualquer diferença estatisticamente significativa na dureza e no módulo de elasticidade quando comparado com dentes não tratados.

Maltha et al.²² distalizaram os segundos pré-molares inferiores de ambos os lados de 24 cães da raça Beagle, por meio de elásticos ou molas fechadas. A análise estatística dos resultados demonstrou as seguintes correlações; quanto maior o tempo de aplicação de forças, maior a incidência de reabsorção e forças contínuas e maiores quantidades de movimento foram associadas a reabsorções mais intensas. Chan & Darendeliler²³ avaliaram as implicações de forças ortodônticas de diferentes magnitudes sobre a reabsorção radicular, mensurando este efeito de forma volumétrica e avaliando a predisposição de determinadas regiões. Uma amostra de 36 primeiros pré-molares humanos com extração indicada por motivos ortodônticos foi selecionada. No entanto, não houve diferença entre os grupos de força leve e o controle. As regiões apicais vestibulares e linguais apresentaram reabsorção maior que as outras regiões ($p < 0,001$), o que sugeriu aos autores que zonas de alta pressão seriam mais suscetíveis.

Chan et al.²⁴ desenvolveram um modelo matemático tridimensional de uma típica cratera de reabsorção radicular e avaliaram a correlação entre a

medida bidimensional da área com a medida volumétrica de crateras de reabsorção radicular criadas sob forças ortodônticas leves e pesadas. As crateras apresentaram maior tendência para o modelo hemisférico, embora aquelas que fossem muito grandes não tivessem essa conformação. Isto demonstrou que as crateras típicas (área menor que $2 \times 106 \mu\text{m}^2$ e volume menor que $300 \times 106 \mu\text{m}^3$) seguiam o modelo hemisférico, enquanto as crateras muito grandes seguiam o modelo discóide. Os resultados mostraram que as medidas 2D e 3D estavam fortemente correlacionadas, o que também ocorreu dentro dos grupos de forças leves e pesadas. Concluíram que as medidas 2D foram tão confiáveis quanto as medidas 3D.

Determinação da origem do processo de reabsorção radicular

Considerando que os processos de reabsorção radicular graves seriam de origem inflamatória, Jerome et al.²⁵ buscaram testar os efeitos da administração de um antiinflamatório não-esteroidal seletivo para a ciclooxigenase-2 (COX-2), o celecoxibe, como método preventivo da reabsorção radicular, e, assim, tornar mais claro o mecanismo deste processo. No grupo controle, a maioria das lacunas de reabsorção foi observada no terço médio da raiz, no grupo 2, no terço apical, no terço cervical. Levando-se em consideração somente a face da raiz que sofreu compressão, nos três grupos a distribuição das lacunas foi regular. O sucesso do celecoxibe na prevenção da reabsorção radicular ratificou sua natureza inflamatória.

Ao observar relatos na literatura relacionados à presença de proteínas relacionadas à mineralização da dentina no fluido crevicular de pacientes sob tratamento ortodôntico, Balducci et al.²⁶ se propuseram a verificar se a quantificação de três delas sendo proteína da matriz dentinária 1 (dentin matrix protein 1 - DMP1), fosforina dentinária (dentin phosphophoryn - PP) e sialoproteína dentinária (dentin sialoprotein - DSP) poderia fornecer dados preditivos da presença e do grau de reabsorção radicular em 60 pacientes. Estas duas últimas proteínas, portanto, seriam bons marcadores para detecção e avaliação do grau de reabsorção radicular; a presença de ambas no grupo sem sinais de reabsorção sugeriu seu papel no processo fisiológico de reabsorção e remodelamento radicular.

A fim de elucidar um pouco mais o papel dos clastos na reabsorção radicular por aplicação de forças ortodônticas, Casa et al.²⁷ aplicaram torque (pré-ajustado, 45°) ortodôntico (600 cNmm, fios de Ni-Ti) sobre pré-molares cuja exodontia estava indicada por finalidade ortodôntica em 12 pacientes.

Embora usualmente as células responsáveis pela reabsorção de cimento sejam chamadas de odontoclastos, observou-se que havia diferenças estruturais nessas células dependendo da composição do tecido reabsorvido. Células multinucleares estavam presentes em maior número na reabsorção do cimento, contrariando literatura prévia baseada em microscopia óptica. Outra observação importante foi a ausência de zona clara nos clastos (a zona clara seria responsável pela manutenção do baixo pH), mas isto poderia se dever à espessura das secções.

Verna et al.²⁸ investigaram o efeito do tratamento agudo e crônico com corticosteróide sobre a reabsorção radicular induzida ortodonticamente. O movimento ortodôntico de mesialização foi realizado com uma mola pré-fabricada Sentalloy de 25g entre o primeiro molar superior esquerdo e os incisivos superiores. Os autores frisaram que, proporcionalmente, a dose de corticosteróides administrada foi mais alta que para tratamentos crônicos, como, por exemplo, asma, e alertaram sobre os potenciais riscos à saúde de pacientes humanos. Também se comentou que tratamento ortodôntico em pacientes sob terapêutica aguda com corticosteróides poderia ser postergado, para evitar os riscos aumentados de reabsorção radicular, ou, ao menos, realizado sob atenta vigilância do profissional.

Mecanismos da reabsorção radicular

A reabsorção de tecidos mineralizados faz parte do mecanismo fisiológico de remodelamento desses tecidos, ocasionado pela necessidade de adaptação do organismo à idade, como no caso da reabsorção radicular de dentes decíduos no processo de esfoliação, ou adaptação do conjunto dente-osso alveolar frente diversas forças aplicadas, como as decorrentes de alterações oclusais ou de padrão mastigatório. Solheim & Kvaal¹³ observaram que a rugosidade de dentes de indivíduos mais idosos não seria muito diferente da de indivíduos mais jovens.

Porém, diferentemente da reabsorção radicular fisiológica, como parte do mecanismo fisiológico de remodelamento, ou da esfoliação da dentição decídua, a reabsorção radicular externa observada como sequela da ortodontia estaria, segundo Rygh⁵, mais relacionada a processos patológicos, alguns envolvendo forças compressivas: dentes impactados sofreriam reabsorções devido à formação de cápsula cística, ou pelo folículo de tecido conjuntivo pericoronário. Neoplasias benignas e malignas de origem mesenquimal poderiam promover reabsorção radi-

cular, ao passo que neoplasias malignas de origem epitelial tenderiam a deslocar o dente, ao invés de reabsorvê-lo. Traumatismos ao ligamento periodontal poderiam promover a reabsorção do ligamento e eventualmente sua substituição por anquilose, porém, traumas crônicos poderiam promover reabsorção radicular externa, também associada à reimplantes e transplantes.

Em relação à magnitude e duração das forças ortodônticas e quantidade de movimento realizado, a literatura foi variada: Owman-Moll & Kuroi³ e Brezniak & Wasserstein¹⁷ não observaram influência da força aplicada sobre o grau de reabsorção radicular. Já Maltha et al.²² observaram em cães que quanto maior o tempo de aplicação de forças, maior a incidência de reabsorção; forças contínuas e maiores quantidades de movimento foram associadas a reabsorções mais intensas. Nouer et al.⁴ relacionaram, em humanos, maior tempo de aplicação de forças a maior incidência e gravidade reabsorção. Darendeliler et al.²¹ observaram ainda aumento na concentração de cálcio no cimento da face sob compressão das raízes de dentes submetidos a forças ortodônticas leves, associadas a menor grau de reabsorção radicular e redução dessa concentração nas faces correspondentes das raízes de dentes submetidos a forças intensas, associadas à reabsorção mais intensa. Chan et al.², Chan & Darendeliler²³ e Chan & Darendeliler²⁹, relacionaram positivamente forças mais intensas a graus de reabsorção mais graves. Os resultados contraditórios frente à relação entre magnitude da força ortodôntica aplicada e o grau de reabsorção nos mostram a necessidade de mais estudos, mas, especialmente, a necessidade de observação cuidadosa de outros fatores, que não a magnitude da força, que possam vir a promover reabsorção radicular em âmbito clínico.

Fatores relativos à técnica

A presença de forças ortodônticas ao longo do processo sugere que variáveis relacionadas a elas, tais como: magnitude das forças, período de aplicação, e tipo de dispositivo e movimento estariam diretamente ligadas ao grau e duração do processo de reabsorção¹. Poucos estudos foram encontrados relacionando o tipo de movimento ao grau de reabsorção. Barber & Sims⁶ observaram a ocorrência de reabsorção radicular nas superfícies radiculares sob compressão nos dentes de ancoragem para expansão rápida dos maxilares; porém essas reabsorções não se mostraram clinicamente relevantes. Forças intrusivas foram estudadas por Faltin et al.¹⁴, em humanos, e Lu et al.¹⁵ em murinos; os primeiros encontraram relação entre intensidade da força aplicada e grau de reabsorção nas

áreas sob compressão (terços apical e médio), ao contrário do segundo estudo, que observou somente relação, não proporcional, entre a duração do período de aplicação de forças e a gravidade da reabsorção. De acordo com Brezniak & Wasserstein¹⁷, movimentos promovidos por jig ou por elásticos intermaxilares promoveriam maior tendência à reabsorção.

Em pacientes tratados pela técnica de Tweed, Nouer et al.⁴ observaram que reabsorções mais graves associadas a movimentos na direção antero-posterior. Casa et al.²⁷ relataram que a aplicação de torque seria uma possível causa de reabsorção radicular externa. Copeland & Green⁸ também consideraram que os dispositivos de contenção apresentariam algum efeito promotor, sobre a reabsorção, por manterem as forças de recidiva nos períodos iniciais de contenção, mas as perdas seriam maiores no período ativo. Possivelmente, as tendências maiores ou menores promovidas por tipo de movimento realizado observadas por esses autores se devem à área de isquemia promovida por cada tipo de vetor de força.

Fatores relativos ao indivíduo

O papel da inflamação, como resposta inicial frente ao traumatismo ao LP, foi comentado por outros autores além de Rygh⁵. Induzindo inflamação local, alguns estudos promoveram maiores graus de reabsorção radicular: Grevstad¹⁰ que provocou cirurgicamente reabsorção de cimento, observando conjuntamente a presença de numerosas células inflamatórias próximas aos sítios de reabsorção; Seifi et al.¹⁸ observaram influência da PGE₂, aumentando a reabsorção radicular em ratos sob movimentação ortodôntica. Já a interleucina-1 (IL-1), moduladora do processo inflamatório e da reabsorção de tecidos mineralizados apresentou, em murinos, diferentes resultados: Zhang et al.¹⁹ demonstraram que a inativação de IL-1 sistêmica reduziu o grau de reabsorção radicular, mas Al-Qawasmi et al.²⁰ mostraram que animais geneticamente privados da IL-1 apresentariam maior reabsorção. Zhang et al.¹⁹ também inativaram sistemicamente outro modulador inflamatório, o fator de necrose tumoral alfa (TNF α), obtendo redução da reabsorção radicular frente à aplicação de forças ortodônticas. Shiraishi et al.¹⁶ detectaram precocemente a presença de ciclooxygenase-2 (COX-2), sugerindo que esta ainda atuasse no seguimento do processo inflamatório. Os resultados contraditórios apenas nos mostram que o papel dos moduladores não está bem definido, não apenas na regulação da reabsorção de tecidos mineralizados, mas no processo da inflamação como um todo.

De forma reversa, o papel da inflamação foi também confirmado por Jerome et al.²⁵, que obtiveram redução da reabsorção radicular frente à administração de antiinflamatório não-esteroidal específico para a COX-2 (celecoxibe) aos seus pacientes. Contraditoriamente, Verna et al.²⁸ observaram, em ratos, que a administração de corticóides de forma aguda promovia maior grau de reabsorção radicular que a administração crônica - normalmente, tratamentos agudos implicariam doses maiores - e alertaram sobre os riscos a que pacientes que fazem uso crônico desses medicamentos podem sofrer ao se submeterem à movimentação ortodôntica. A simpatectomia realizada por Haug et al.³⁰ também resultou em maior risco à reabsorção radicular. Mesmo em outros tipos de reabsorção de tecidos dentários, a natureza inflamatória do processo sempre foi comentada, como nos estudos de Gaudie⁹ e Mortelliti & Needleman¹².

Considerações metodológicas

A variedade de achados experimentais e considerações sobre fatores locais, sistêmicos, gerais e individuais atuantes sobre o processo de reabsorção radicular nos leva a realizar algumas observações em relação a diferenças metodológicas entre estudos. A primeira consideração a ser feita é sobre a identificação do processo de reabsorção. Goldie & King⁷ e Copeland & Green⁸ já comentaram na literatura que o método de diagnóstico da reabsorção radicular seria bastante variável. Barber & Sims⁶ observaram lacunas de reabsorção via MEV, mas ressaltaram que radiograficamente, essa reabsorção não seria significativa. Ng et al.¹¹ comentaram que a detecção de certas lacunas de reabsorção seria difícil, especialmente em estágios intermediários quando os depósitos mineralizados observados estavam em reabsorção; métodos mais custosos e sensíveis não seriam necessariamente os mais precisos.

Chan et al.²⁴ demonstraram que um método de avaliação bidimensional (por área superficial) de crateras de reabsorção radicular seria tão efetivo quanto o método de avaliação tridimensional (por volume), tornando válida a avaliação da gravidade destes defeitos através da análise da área de crateras; outros, como Balducci et al.²⁶ comentaram que métodos radiográficos não seriam indicadores de relevância clínica, pois as radiografias seriam capazes de detectar reabsorções apenas depois da perda de 60%-70% do tecido mineralizado, além de proporcionarem somente informações bidimensionais dos defeitos, e não determinarem se o processo de reabsorção estaria ativo ou não.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se que processo de reabsorção radicular por aplicação de forças ortodônticas é um processo dinâmico, relacionado à ocorrência de hialinização do ligamento periodontal e apresentando preferência por regiões sob forças compressivas. A sequência de eventos que levam à perda de tecido mineralizado teria início com a hipóxia do ligamento periodontal, sendo seguida de necrose, formação de zona hialina, aporte de células inflamatórias mononucleares e instauração de processo inflamatório agudo, remoção do tecido hialinizado e do pré-cemento, início de desmineralização por células mononucleares, seguido por processo ativo de reabsorção por células tipo clasto. A literatura mostrou variação no tempo de apresentação destes eventos, devido a diferenças metodológicas e em função de diversos fatores que possivelmente exerceriam efeito sobre o processo.

O mecanismo de reabsorção radicular por movimentação ortodôntica ainda requer muitos estudos para ser elucidado, e, do ponto de vista da técnica ortodôntica, a literatura mostrou-se contraditória ao relacionar magnitude das forças ortodônticas e grau de reabsorção radicular; de acordo com os estudos consultados, movimentos de intrusão e de torque promoveriam reabsorções mais graves.

Entre os fatores individuais influentes sobre o mecanismo de reabsorção radicular, a inflamação se mostrou um dos mais importantes, envolvendo prostaglandinas (especialmente PGE2), interleucinas (IL-1 e IL-6) e fator de necrose tumoral- α (TNF α); substâncias moduladoras, como anti-inflamatórios, reduziram a reabsorção com sucesso. Substâncias moduladoras do metabolismo de cálcio e da atividade de células tipo clasto, tais como hormônio

tireoideano (T4), bisfosfonatos, echistatina e calcitonina, também apresentaram influência promissora. Vale destacar a calcitonina, por sugestivamente ter apresentado atuação diferente sobre odontoclastos que sobre osteoclastos. Observou-se sugestões sobre a influência da etnia, procedência, idade, tipo de maloclusão e anatomia local.

Observou-se que a metodologia de pesquisa varia grandemente entre os estudos, dificultando ou mesmo impossibilitando a comparação entre resultados; notou-se a necessidade de padronização dos conceitos de reabsorção radicular e suas gradações conforme a significância clínica, bem como a necessidade de padronização dos métodos de avaliação e diagnóstico da mesma para que se possa não apenas comparar resultados experimentais, mas principalmente, aplicá-los à prática clínica.

Colaboradores

HGP VIEIRA foi responsável pela seleção do texto adequado, digitação do primeiro formato, formatação do texto, levantamento bibliográfico e execução do artigo. IU GARBUI foi responsável pela revisão do texto, colaboradora na execução de cada passo da revisão de literatura, sugerindo modificações, inclusões de artigos e exclusão de outros. PRA NOUER orientou o trabalho de revisão literária, contribuindo também na indicação de artigos necessários para engrandecimento do trabalho. DF NOUER sugeriu diversas modificações técnicas e também na indicação de artigos para uma completa revisão. M KURAMAE teve participação efetiva na revisão literária, sugerindo formatação e correções finais, enviando artigos recentes que depois de selecionados puderam ser aproveitados na referida revisão.

REFERÊNCIAS

- Horiuchi A, Hotokezaka H, Kobayashi K. Correlation between cortical plate proximity and apical root resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998;114(3):311-8.
- Chan EK, Darendeliler MA, Petocz P, Jones AS. A new method for volumetric measurement of orthodontically induced root resorption craters. *Eur J Oral Sci.* 2004;112(2):134-9.
- Owman-Moll P, Kurol J. Root resorption after orthodontic treatment in high- and low-risk patients: analysis of allergy as a possible predisposing factor. *Eur J Orthod.* 2000;22(6):657-63.
- Nouer DF, Arnesen FA, Ciruffo PADR, Valdrighi HC. Reabsorção radicular pós-tratamento ortodôntico pela técnica de Tweed. *J Bras Ortod Ortop Maxilar.* 1997;2(11):13-6.
- Rygh P. Orthodontic root resorption studied by electron microscopy. *Angle Orthod.* 1977;47(1):1-16.
- Barber AF, Sims MR. Rapid maxillary expansion and external root resorption in man: a scanning electron microscope study. *Am J Orthod.* 1981;79(6):630-52.

7. Goldie RS, King GJ. Root resorption and tooth movement in orthodontically treated, calcium-deficient, and lactating rats. *Am J Orthod.* 1984;85(5):424-30.
8. Copeland S, Green LJ. Root resorption in maxillary central incisors following active orthodontic treatment. *Am J Orthod.* 1986;89(1):51-5.
9. Gaudie WM. Cervical external root resorption: a case report. *J N Z Soc Periodontol.* 1986;(62):8-10.
10. Grevstad HJ. Experimentally induced resorption cavities in rat molars. *Scand J Dent Res.* 1987;95(5):428-40.
11. Ng KT, King GJ, Courts FJ. Humoral immune response to active root resorption with a murine model. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1990;98(5):456-62.
12. Mortelliti GM, Needleman HL. Risk factors associated with atypical root resorption of the maxillary primary central incisors. *Pediatr Dent.* 1991;13(5):273-7.
13. Solheim T, Kvaal S. Dental root surface structure as an indicator of age. *J Forensic Odontostomatol.* 1993;11(1):9-21.
14. Faltin RM, Arana-Chavez VE, Faltin K, Sander FG, Wichelhaus A. Root resorptions in upper first premolars after application of continuous intrusive forces. Intra-individual study. *J Orofac Orthop.* 1998;59(4):208-19.
15. Lu LH, Lee K, Imoto S, Kyomen S, Tanne K. Histological and histochemical quantification of root resorption incident to the application of intrusive force to rat molars. *Eur J Orthod.* 1999;21(1):57-63.
16. Shiraishi C, Hara Y, Abe Y, Ukai T, Kato I. A histopathological study of the role of periodontal ligament tissue in root resorption in the rat. *Arch Oral Biol.* 2001;46(2):99-107.
17. Brezniak N, Wasserstein A. Orthodontically induced inflammatory root resorption. Part II: the clinical aspects. *Angle Orthod.* 2002;72(2):180-4.
18. Seifi M, Eslami B, Saffar AS. The effect of prostaglandin E2 and calcium gluconate on orthodontic tooth movement and root resorption in rats. *Eur J Orthod.* 2003;25(2):199-204.
19. Zhang D, Goetz W, Braumann B, Bourauel C, Jaeger A. Effect of soluble receptors to interleukin-1 and tumor necrosis factor alpha on experimentally induced root resorption in rats. *J Periodontal Res.* 2003;38(3):324-32.
20. Al-Qawasmi RA, Hartsfield JK, Hartsfield JK, Everett ET, Weaver MR, Foroud TM, et al. Root resorption associated with orthodontic force in IL-1Beta knockout mouse. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2004;4(4):383-5.
21. Darendeliler MA, Kharbanda OP, Chan EK, Srivicharnkul P, Rex T, Swain MV, et al. Root resorption and its association with alterations in physical properties, mineral contents and resorption craters in human premolars following application of light and heavy controlled orthodontic forces. *Orthod Craniofac Res.* 2004;7(2):79-97.
22. Maltha JC, van Leeuwen EJ, Dijkman GE, Kuijpers-Jagtman AM. Incidence and severity of root resorption in orthodontically moved premolars in dogs. *Orthod Craniofac Res.* 2004;7(2):115-21.
23. Chan E, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: Part 5. Volumetric analysis of root resorption craters after application of light and heavy orthodontic forces. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005;127(2):186-95.
24. Chan EK, Petocz P, Darendeliler MA. Validation of two-dimensional measurements of root resorption craters on human premolars after 28 days of force application. *Eur J Orthod.* 2005;27(4):390-5.
25. Jerome J, Brunson T, Takeoka G, Foster C, Moon HB, Grageda E, et al. Celebrex offers a small protection from root resorption associated with orthodontic movement. *J Calif Dent Assoc.* 2005;33(12):951-9.
26. Balducci L, Ramachandran A, Hao J, Narayanan K, Evans C, George A. Biological markers for evaluation of root resorption. *Arch Oral Biol.* 2007;52(3):203-8.
27. Casa MA, Faltin RM, Faltin K, Arana-Chavez VE. Root resorption on torqued human premolars shown by tartrate-resistant acid phosphatase histochemistry and transmission electron microscopy. *Angle Orthod.* 2006;76(6):1015-21.
28. Verna C, Hartig LE, Kalia S, Melsen B. Influence of steroid drugs on orthodontically induced root resorption. *Orthod Craniofac Res.* 2006;9(1):57-62.
29. Chan E, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: part 7. Extent of root resorption under areas of compression and tension. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;129(4):504-10.
30. Haug SR, Brudvik P, Fristad I, Heyeraas KJ. Sympathectomy causes increased root resorption after orthodontic tooth movement in rats: immunohistochemical study. *Cell Tissue Res.* 2003;313(2):167-75.

Recebido em: 4/3/2009

Versão final reapresentada em: 28/8/2009

Aprovado em: 13/9/2009