

JENNER DI-TANO MORAES

**AVALIAÇÃO DA PRECISÃO DE DINAMÔMETROS ORTODÔNTICOS
COMERCIALIZADOS NO BRASIL**

CAMPINAS
2009

JENNER DI-TANO MORAES

**AVALIAÇÃO DA PRECISÃO DE DINAMÔMETROS ORTODÔNTICOS
COMERCIALIZADOS NO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Centro de Pós-Graduação / CPO São Leopoldo Mandic, para obtenção do grau de Mestre em Odontologia.

Área de Concentração: Ortodontia

Orientador: Prof. Dr. Rogério Heládio Lopes Motta

CAMPINAS
2009

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca "São Leopoldo Mandic"

M827a Moraes, Jenner Di-Tano.
Avaliação da precisão de dinamômetros ortodônticos comercializados no Brasil / Jenner Di-Tano Moraes. – Campinas: [s.n.], 2009.
57f.: il.

Orientador: Rogério Heládio Lopes Motta.

Dissertação (Mestrado em Ortodontia) – C.P.O. São Leopoldo Mandic – Centro de Pós-Graduação.

1. Aferição de uma corrente. 2. Dinamômetro de força muscular. 3. Ortodontia. I. Motta, Rogério Heládio Lopes. II. C.P.O. São Leopoldo Mandic – Centro de Pós-Graduação. III. Título.

**C.P.O. - CENTRO DE PESQUISAS ODONTOLÓGICAS
SÃO LEOPOLDO MANDIC**

Folha de Aprovação

A dissertação intitulada: “**AVALIAÇÃO DA PRECISÃO DE DINAMÔMETROS ORTODÔNTICOS COMERCIALIZADOS NO BRASIL** ” apresentada ao Centro de Pós-Graduação, para obtenção do grau de Mestre em Odontologia, área de concentração: Ortodontia em __/__/____, à comissão examinadora abaixo denominada, foi aprovada após liberação pelo orientador.

Prof. (a) Dr (a)
Orientador

Prof. (a) Dr (a)
1º Membro

Prof. (a) Dr (a)
2º Membro

Dedico este trabalho:

Aos meus pais, à minha esposa e aos meus filhos...

Que nunca se pouparam a me incentivar, não deixando que o desânimo me abatesse, mesmo nas horas mais difíceis desta longa trajetória.

Recebam minha gratidão e respeito:

DEUS, por ter me protegido nas viagens de Brasília à Campinas e por ter protegido minha família em minha ausência.

A minha esposa Márcia que nunca me deixou desanimar em meus estudos, sempre me apoiando e incentivando, sendo pai e mãe na minha ausência.

Aos meus filhos, Pedro e Gabriel que souberam se comportar e entenderam minha ausência.

Aos meus pais que sempre me acolheram com carinho, afeto e incentivo nas minhas passagens por Uberaba fosse qual fosse o horário e dia, me recebendo como uma criança que retorna dos seus afazeres escolares.

Ao Prof. Dr. Thomaz Wassall, pela oportunidade através da Faculdade de Odontologia e Centro de Pesquisas Odontológicas São Leopoldo Mandic, ter realizado o sonho de me tornar Mestre em Odontologia sem me afastar da minha família e meu consultório.

Ao meu coordenador Prof. Dr. Mário Vedovello Filho, pela demonstração de amizade e preocupação com seus alunos, estando sempre presente e a qualquer momento pronto a nos ouvir e aconselhar.

Ao meu orientador Prof. Dr. Rogério Heládio Lopes Motta, que com seu conhecimento, entusiasmo e paciência possibilitou que este trabalho fosse concluído.

Aos meus professores da equipe, pelo respeito, conhecimentos ministrados nunca se poupando em ensinar.

Aos meus colegas de turma, pela troca de conhecimentos, pelo apoio e pela amizade adquirida, que não tem preço nem valor que possa mensurar.

Agradeço todas as dificuldades que tive.
Não fosse por elas, eu não teria saído do
lugar.
As facilidades nos impedem de caminhar.
Mesmo as críticas nos auxiliam muito.

Chico Xavier

RESUMO

A conduta de aferição da força utilizada na terapia ortodôntica deve ser uma constante, visto que, as variáveis às respostas biológicas diferem entre os indivíduos tendo muitas vezes um custo biológico alto como dor, reabsorções radiculares, alterações pulpares, injurias na membrana periodontal, osso alveolar. O único aparelho que se dispõe no arsenal de instrumentos ortodônticos para a aferição das forças empregadas é o dinamômetro. Desta forma foram avaliados 40 dinamômetros da marca Morelli sem uso, originais de fábrica e com lacre de fabricação. Foram aferidos os valores de 50 g (leve), 100 g (média) e 300 g (média) de força baseados nas normas da NBR 8197 para cada dinamômetro com pesos (cargas) rastreados pelo INMETRO da marca Cauduro. Os dinamômetros foram presos em um mini torno Western de 50 mm que foi afixado em uma superfície plana e aferidos por um técnico especialista em pesos e medidas credenciado pelo INMETRO. Os dinamômetros foram avaliados aleatoriamente de 3 maneiras: primeiro aferido pela força gravitacional do próprio peso (carga) preso no lado de tração do dinamômetro; segundo tracionando toda a mola com o peso (carga) preso ao lado de tração e soltando, para avaliar se retornaria à marca escalar mostrada no dinamômetro com o peso (carga) correspondente e terceiro foi tracionado a mola com o peso (carga) correspondente à marca mostrada no dinamômetro e foi solto, para avaliar se o peso permaneceria na marcação correspondente ao peso (carga) utilizada. Os dados obtidos mostraram que houve um maior número de dinamômetros que não respondeu adequadamente a carga de 300 g e foi possível observar também que alguns dinamômetros apresentam mais de uma medida alterada. Conclui-se, que os dinamômetros avaliados tiveram alterações em todas as forças empregadas, sendo a força de 50 g, apesar de ter um menor número de dinamômetros com alteração, foi a que quando esta ocorreu, teve uma maior alteração.

Palavras-chave: Ortodontia. Dinamômetro. Aferição.

ABSTRACT

Gauging the force in orthodontic therapy must be constant, since the variables to biological responses differ among individuals and frequently at a high biological cost such as pain, root resorptions, pulp alterations, injuries to the periodontal membrane and alveolar bone. The only appliance available in the arsenal of orthodontic instruments for measuring the forces used is the dynamometer. Therefore, 40 Morelli brand dynamometers, unused originals received from the factory, with intact manufacturing seals were evaluated. The values of 50 g (light), 100 g (medium) and 300 g (medium) of force were gauged, based on the NBR 8197 standards for each dynamometer, with weights (loads) of the Cauduro brand, traced by INMETRO. The dynamometers were attached to a 50 mm Western mini lathe, which was fixed to a flat surface, and gauged by a technician specialized in weights and measures, accredited by INMETRO. The dynamometers were randomly evaluated by 3 methods: first, gauged by the gravitational force of the weight itself (load) attached to the traction side of the dynamometer; second, tractioning the entire spring with the weight (load) attached to the traction side and releasing it, to evaluate whether it would return to the scale mark shown on the dynamometer with the corresponding weight (load); and third, the spring was tractioned with the weight (load) corresponding to the mark shown on the dynamometer and was released, to evaluate whether the weight would remain on the mark corresponding to the weight (load) used. The data obtained showed that there was a larger number of dynamometers that did not respond adequately to the load of 300 g, and it was also possible to observe that some dynamometers showed more than one altered measure. It was concluded that the dynamometers evaluated had alterations at all the forces used. Although the lowest number of dynamometers showed alteration at the force of 50 g, when alteration did occur, this was the force at which the alteration was the greatest.

Keywords: Orthodontics. Dynamometer. Gauging.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Dinamômetro da marca Morelli utilizado nos testes.....	36
Figura 2 - Vista lateral do Mini torno Western 50 mm com as barras de apreensão na posição vertical perpendicular ao solo.	37
Figura 3 - Bancada com o Mini Torno Western 50 mm com as barras de apreensão presas verticalmente.	37
Figura 4 - Pesos Cauduro rastreados com certificação do INMETRO.	38
Figura 5 - Mini torno Western preso à bancada para prender o dinamômetro.	39
Figura 6 - Posicionamento do dinamômetro preso ao torno voltado pela ponteira do corpo na posição vertical, sem que interferisse na liberdade de tração da mola.....	40
Figura 7 - Dinamômetro preso pela ponteira do corpo com gancho de tração voltado para baixo para a colocação dos pesos rastreados.....	40
Figura 8 - Peso rastreado preso ao gancho na posição vertical sem interferências para realização dos testes.	41
Tabela 1 - Frequência relativa das falhas das medidas produzidas pelos 40 dinamômetros aferidos.....	44
Tabela 2 - Média da porcentagem de alteração dos dinamômetros que falharam, de acordo com a carga medida.....	45
Gráfico 1 - Acuidade das medidas observadas nos 40 dinamômetros da amostra em função das cargas a que foram submetidos.....	45
Tabela 3 - Total de dinamômetros aferidos e as alterações ocorridas.	46
Tabela 4 - Dinamômetros que apresentaram mais de uma medida alterada.	47
Figura 9 - Representação da Lei das deformidades elásticas - proposta por Hooke (1968).	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
Cn	- Centil Newton
f	- Força
g	- Grama
G	- Gravidade
K	- Constante Elástica da Mola
m	- Massa
mm	- Milímetro
n	- Newtom
p	- Peso

SUMARIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DA LITERATURA	14
3 PROPOSIÇÃO	35
4 MATERIAIS E MÉTODOS	36
4.1 Material.....	36
4.2 Métodos.....	38
4.2.1 Normas para Calibração	38
4.2.2 Avaliação experimental.....	39
4.2.2.1 Primeira avaliação	41
4.2.2.2 Segunda avaliação	41
4.2.2.3 Terceira avaliação	42
4.2.3 Análise estatística	42
5 RESULTADOS.....	44
6 DISCUSSÃO	48
7 CONCLUSÃO	52
REFERÊNCIAS.....	53
ANEXO A - FOLHA DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA	57

1 INTRODUÇÃO

Não é fácil determinar qual é a força ideal para a movimentação de um dente, pois muitos fatores estão envolvidos, como a diferença individual dos pacientes a resposta às forças aplicadas, quantidade, tipo de força, período pelo qual a força é ativada e outras forças além daquelas produzidas pelos aparelhos devem ser levadas em consideração (Stuteville, 1938).

Quando uma força é aplicada em um dente, deve-se contar com a deformação e deflexão óssea para a sua movimentação, pois estas estruturas estão em íntimo contato com o dente. A deflexão óssea assimila parte da força aplicada minimizando a força que chega à raiz. Os efeitos da força ortodôntica não serão os mesmos se as forças aplicadas forem iguais em todos os dentes. Forças excessivas causam alteração do nível cervical do osso, danos gengivais e radiculares (Consolaro, 2008).

Todas as técnicas, por mais inovadoras e modernas que sejam, devem levar em consideração os aspectos biológicos, bem como a avaliação da força aplicada. Tanto a utilização de técnica Edgewise com acessórios totalmente programados e fios de níquel-titânio ou a técnica Edgewise com acessórios padrão e fios de aço inoxidável apresentam ao final do tratamento reabsorção radicular apical (Santos et al., 2007).

O mais difícil ao profissional, é ter uma relação exata da força aplicada com a resposta clínica desejada em seus pacientes (Baldwin, 2004). As respostas biológicas são diferentes entre os pacientes, sendo difícil para o profissional quantificar a força correta a ser aplicada (Freitas et al., 1985). Para se avaliar as

forças que estão sendo aplicadas, o dinamômetro ortodôntico tem sido o único aparelho disponível para a aferição destas forças.

O dinamômetro é um aparelho feito para medir a intensidade de força aplicada sobre um corpo (Dynamis=força e Métron=medida). Estes dispositivos podem medir força de quilogramas e até centenas de quilos, dependendo da finalidade de sua utilização. Os tipos mais comuns, feitos com uma mola e uma escala calibrada, utilizam o princípio de que a deformação da mola é proporcional à força aplicada sobre ela (Ramalho Junior et al., 2005).

A calibração de um dinamômetro consiste em aplicar forças conhecidas e marcar as deformações correspondentes em uma escala milimetrada fixada ao dinamômetro. A calibração, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR8197 de novembro de 2002, deve ser realizada utilizando-se pesos ou células de carga.

Sendo o dinamômetro o único aparelho disponível na prática clínica ortodôntica para a aferição das forças empregadas, não existem trabalhos na literatura que tenham avaliado a precisão desses dispositivos. Esta observação é preocupante, pois segundo Kurol et al. (1996), não se pode confiar na avaliação digital e experiência clínica para a avaliação da força que está sendo empregada durante o tratamento ortodôntico. Clinicamente com a aplicação de forças pesadas pode ocorrer reabsorção óssea solapante, reabsorção radicular, dor, atraso na movimentação, mobilidade dental e reações pulpares como relataram (Schwarz,1932; Stuteville, 1937; Gianelly, 1969; Brezniak, Oda, 1993; Wasserstein, 1993; Weinfield, Ilan, 1999).

Pela escassez de pesquisas relacionadas à aferição da precisão de dinamômetros utilizados na ortodontia, foi realizada uma revisão bibliográfica das

bases biológicas da movimentação ortodôntica. Algumas conseqüências da aplicação de forças inadequadas para justificar a grande importância da aferição e individualização das forças empregadas para a movimentação dentária.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Não se tem na literatura, trabalhos relacionados à avaliação dos dinamômetros utilizados na ortodontia, seu uso, indicação e aferição. Esta escassez de trabalhos sobre um aparelho tão importante e único, utilizado na aferição das forças aplicadas na ortodontia é muito preocupante para os que se empenham em aplicar forças que respeitem as bases biológicas da movimentação ortodôntica e a individualização destas forças.

Apesar da grande evolução dos materiais ortodônticos para torná-la mais biológica possível, é difícil para o profissional quantificar a força correta para cada paciente, pois a variação individual a resposta às forças aplicadas é muito grande (Freitas et al., 1985).

A movimentação ortodôntica é um fenômeno dependente de alterações celulares que são estimulados pela força aplicada no dente, repercutindo nas estruturas de suporte. O conhecimento sobre as bases biológicas frente à movimentação ortodôntica é fundamental para os que se preocupam em aplicar os princípios biológicos à prática clínica (Weinfield, Ilan, 1999).

Sandstedt (1904), em seus estudos com cães, comprovou a teoria da pressão-tração do ligamento periodontal com reabsorção óssea nas áreas de pressão e neoformação óssea na área de tração. Observou que as respostas histológicas são diferentes para as diferentes magnitudes de força aplicada. Forças leves, próximas ao centro de rotação, fazem com que o dente se mova de corpo encostando a maior parte da raiz na parede do osso alveolar, ocorrendo reabsorção óssea frontal ou direta, que implica a presença de osteoclastos ao longo da

superfície comprimida do osso alveolar. Forças intensas, na medida em que se afastam do centro de rotação, provocam a necrose do ligamento periodontal e a reabsorção óssea ocorre à distância e não se nota osteoclastos na margem do osso adjacente na área comprimida e sim nos espaços medulares próximos.

Oppenheim (1911) efetuou um estudo com a finalidade de comprovar se as teorias da reabsorção e da aposição óssea, bem como da elasticidade, compressibilidade e estensibilidade do tecido ósseo eram corretas. Para isso, utilizou babuíno e o método de Angle, empregando arco com dobras e ligaduras para produzir força em um lado da dentadura, servindo o lado oposto como controle. A partir dos dados obtidos, chegou à conclusão de que o arranjo característico das fibras inteiramente preservado, tanto no lado vestibular quanto no lingual e que a ampliação do periosteio no lado lingual, era significativa para a questão retenção, portanto, deveria ser estudada posteriormente.

Schwarz (1932) utilizou molas digitais em pré-molares de cães com movimentação para vestibular. Concluiu que, a força ótima para a movimentação ortodôntica é de 20 a 26 gr/cm² de superfície radicular, que é próxima da pressão capilar sanguínea, condizente com a vitalidade do ligamento periodontal, quando ocorre a reabsorção óssea direta ou frontal. Forças maiores a estas, leva a uma interrupção do fluxo sanguíneo, reabsorção da superfície dentária, necrose do ligamento periodontal. A reabsorção óssea ocorre nos espaços medulares adjacentes, denominado por ele, reabsorção óssea à distância.

Herzberg (1932) foi o primeiro autor a trabalhar com material humano. Foi selecionado um paciente de 18 anos com dois dentes, um de cada lado, que seriam extraídos durante o tratamento. Foi feita uma ativação por 70 dias. Os dentes foram removidos e cortados através do osso, cuidando para não injuriar o tecido gengival e

dentos adjacentes. As peças foram coradas com hematoxilina e eosina. Com base no material obtido, pode-se concluir que reações no osso alveolar humano submetido à terapia ortodôntica, são semelhantes ao osso alveolar de animais de experimentação.

Stuteville (1938) selecionou material de estudos experimentais em 64 cães e 14 humanos, em que os dentes foram movidos por ativação de forças conhecidas por períodos pré-estabelecidos e avaliados histologicamente. Os presentes dados demonstram que, o período de tempo por meio do qual a força é ativada e não a quantidade de força usada é um importante fator de se evitar injúrias; há uma diferença individual nos pacientes a respostas das forças aplicadas, alguns terão progresso mais rápido na movimentação que outros. Fatores como quantidade e tipo de força aplicada, períodos pelo qual a força é ativa e outras forças, além daquelas produzidas pelos aparelhos, devem ser levadas em consideração para se evitar injúrias durante o tratamento.

Skillen & Reitan (1940), em seus experimentos, concluíram que a melhor força para se evitar reabsorção radicular seria a suave e intermitente. Desta forma não haveria colapso sanguíneo no ligamento e a formação de osteoclastos e osteoblastos ocorreria normalmente. A utilização de força suave, com intervalos constantes, possibilitaria o tempo necessário para a recomposição do periodonto.

Oppenheim (1944) apresentou alguns de seus casos tratados com sucesso e outros casos tratados por seus colegas ortodontistas. Ele tem convicção que a ausência de grandes destruições do tecido de suporte é responsável pelo sucesso do tratamento ortodôntico. Acredita ser interessante descobrir a força individual para cada paciente e a força média exercida durante o tratamento. Usando capacete à utilização de elásticos em seus tratamentos, observou existir uma

variação na tensão dos mesmos, quando medidos seco e quando medidos depois de umedecidos com saliva, também existindo diferenças em tensão nos elásticos de uma mesma marca comercial.

Reitan (1947) pesquisou histologicamente, as mudanças que ocorrem no tecido de suporte dos dentes que se movem com forças contínuas. Foram realizados quatro experimentos em dentes de um cão de aproximadamente dois anos, onde seus dentes foram movimentados em diferentes posições com diferentes valores de força aplicada, durante três a cinco meses, extraídos e avaliados histologicamente. Dos seis dentes movidos integralmente, apenas dois mostraram reabsorção da raiz, onde as forças foram de 68 g - 85 g, nos casos onde a força variou de 40 g a 55 g não houve reabsorção radicular. Concluiu que, quando forças leves foram usadas com movimento contínuo e integral dos dentes, pareceu induzir a reabsorção da raiz em menor grau se comparado ao movimento não integral ou de corpo; todos os dentes foram mais deslocados na porção coronal do que na porção apical da raiz.

Bien (1966) verificou que o sistema circulatório desempenha um papel importante na movimentação dentária. Quando da aplicação da força, ocorria uma obstrução dos capilares e pequenos vasos formando bolhas, como resultado da difusão gasosa através dos pequenos vasos, que criariam um ambiente favorável à reabsorção óssea, devido à formação e concentração de oxigênio nas células. Para estes autores, a frequência de aplicação de forças é mais importante que sua magnitude. Concluíram também que, a magnitude e direção das forças, deveriam ser determinadas individualmente para cada paciente, pela experiência e julgamento clínico.

Bien (1967) revendo seus estudos constatou que, no interior do alvéolo, o dente era apoiado por um fluido amortecedor (fluido intersticial), cuja propriedade

chamada de viscoelasticidade fazia com que essa substância suportasse uma força aplicada lenta e continuamente. Mas, frente a forças abruptas e intensas produzia um efeito de mola, ou seja, absorvia o choque. Esses fatos levaram o autor a concluir que as dificuldades e o fracasso na movimentação dentária resultavam muito mais da duração da aplicação da força, do que da sua magnitude. Isso significa que, devido à natureza hidrodinâmica do suporte dentário, as forças deveriam ser aplicadas gradualmente durante a movimentação dentária, independentemente de sua magnitude e direção, de acordo com as condições individuais de cada paciente.

Weistein (1967) citou vários autores e seus experimentos quanto à força aplicada na movimentação dentária e as forças musculares que estão envolvidas no equilíbrio muscular na oclusão. Concluiu que, a popularidade e eficiência da força leve em ortodontia, propõem a análise de forças mínimas produzidas em certas áreas da musculatura oral e sua influência na posição do dente. O fator dureza ou índice de elasticidade da bochecha pode fornecer informações úteis sobre a força colocada do tecido contra a superfície do dente. A quantia e a proporção do movimento do dente associada a semelhantes valores de força de baixa intensidade, são significativamente menores em adultos jovens do que no grupo adolescentes. Quando o dente é movido com forças de baixa intensidade e depois esta força é removida, a taxa de deslocamento inicial é significativamente menor do que a taxa de reincidência. Se o ortodontista se preocupa com a parte biológica do tratamento, ele irá selecionar forças leves e suaves durante a movimentação ortodôntica.

Gianelly (1969) realizou duas experiências com cães: na primeira foi exercida força elástica de 50, 100 e 150 g num período de 10 minutos no canino esquerdo maxila e também no 5º incisivo do mesmo lado de um cão, ficando o lado

direito de controle. Foi injetada uma substância de contraste na artéria carótida, após o cão foi sacrificado e a mandíbula seccionada em 200 a 300 microns de espessura para análise histológica. Na segunda série de experimento, foram exercidas forças de 75 a 125 g durante sete dias, sendo os elásticos trocados a cada dois dias. Solução de contraste foi injetada na carótida e o cão foi sacrificado, com a mandíbula sendo removida e a área examinada ao microscópio eletrônico. Forças que obstruem os canais vasculares obliteram não somente o suprimento nutricional para a atividade celular, mas também a transmissão hidráulica da força no ligamento, levando a pressão hidráulica a ocorrer no tecido adjacente e espaços mais profundos favorecendo a reabsorção solapante. Forças leves estimulam reabsorção da lamina dura do osso alveolar abaixo da área de pressão, forças pesadas levam a reabsorção em áreas mais profundas do osso alveolar. A integridade vascular do ligamento periodontal é um decisivo fator que determina o padrão de reabsorção óssea.

Hixon et al. (1970) utilizando uma amostra composta de seis crianças de 12 a 15 anos de idade que precisaram extrair os quatro primeiros pré-molares e retrair a distal do canino, forneceram o melhor entendimento da relação entre a força aplicada e a taxa de movimento dentário. Foram avaliados 24 quadrantes num total de 19 dentes, sendo nove caninos maxilares, sete caninos mandibulares e três molares mandibulares. Foram colocados nos caninos, pré-molares e molares tubos de 0,045 polegadas soldados nas faces vestibulares e linguais paralelas ao plano oclusal. A força do elástico foi medida a cada tempo em que foi aplicada e quando foi removida, verificou-se que a força decaiu 15% durante o intervalo de dois a três dias. Para se obter um ponto de referência para medir a movimentação do dente, implantes de Tântalo foram colocados na maxila e mandíbula e radiografados em

intervalos de tempo pré-determinados. Medidas reunidas relativas ao movimento do dente, foram adquiridas por impressão de alginato, reunidas três vezes por semana por um período de oito semanas e comparadas com moldagem inicial. Foram também obtidas RX inicial e final para avaliação dos implantes. Concluiu que, existe uma ampla variação de respostas entre indivíduos; determinados indivíduos têm tendência para forças superiores para a movimentação dental além de oito semanas do que pode ser com forças leves. Os caninos maxilares movem mais rápido do que seu antagonista mandibular. A maior fonte de variação está provavelmente não na amplitude da força, mas na variação da resposta metabólica individual.

Rygh (1973) estudou a nível ultra-estrutural as mudanças no ligamento periodontal e osso alveolar adjacente, que ocorrem na zona de pressão ortodôntica de humanos, seguindo a aplicação de forças de magnitude usada na prática clínica. Foram utilizados 11 pré-molares movidos bucalmente por meio de aparelho fixo, o grupo de dois pré-molares foi incluído. Todos pacientes tinham 13 anos, cada dente e tecido de suporte foi removido após dois, 21 e 50 dias. Foi aplicada uma força de 70 g em dois e 21 dias; forças de 120 g e 240 g foram feitas no grupo de 21 dias; 100 g foram usados no grupo de 50 dias de duração. As forças eram avaliadas duas vezes por semana. Após extração, as peças foram avaliadas por microscópio eletrônico. Este estudo demonstrou que alterações extensivas de células, vascularização e fibrilas na zona hialinizada do ligamento periodontal ocorrem, como também mudanças avançadas celulares e circulatórias antes de alterações fibrilares. Já em dois dias de experimento ocorrem reações iniciais celulares e vasculares intensas. Quando as forças ortodônticas aplicadas no dente humano são aplicadas dentro da extensão atualmente usada na prática clínica, degeneração e necrose são limitadas à área circunscrita ao ligamento periodontal.

Em artigo de 1981, Yoshikawa reviu o atual conhecimento da época sobre o sistema de forças e sua relação com o movimento dental e relata os conceitos básicos da biomecânica. A relação entre a pressão e o índice de movimentação do dente não é simples e depende de uma variável muito grande de acontecimentos. Com forças leves, pequenas áreas de hialinização irão ocorrer, ao passo que com forças pesadas, grandes áreas hialinas ocorrem com demora na movimentação do dente.

King & Fischlschweiger (1982) quantificaram e compararam a quantidade de atividade reabsortiva óssea e as crateras cementárias, ocorridas durante um período longo em um ciclo do movimento ortodôntico, assim como a função da magnitude da força ortodôntica aplicada. Foram utilizadas molas com 300 g de força nos primeiros molares de ratos. O movimento dental foi calculado por um espessímetro entre o primeiro e segundo molar. Os animais controle não receberam aparelho. Os ciclos de movimentação foram de movimento precoce um a quatro dias, período demorado quatro a sete dias e movimento tardio 10 a 14 dias, que é o ciclo característico da movimentação dental. As crateras cementárias ocorrem abaixo da área hialinizada. A conclusão a que chegou é que, forças leves produzem mais rapidamente o movimento dental com o aparecimento de insignificantes crateras cementárias, diferentemente de forças intermediárias e pesadas que resultam em lento movimento e substancial aparecimento de crateras cementárias, sustentando a hipótese de que o tecido injuriado causado por altas forças, iniciou a atividade de reabsorção óssea.

Smith & Burstone (1984) descreveram as relações básicas entre as forças e o movimento do dente. A força aplicada em condições clínicas terão três efeitos sobre o dente que são a translação, rotação e inclinação. Os dentes estão

confinados em um local restrito pelas estruturas periodontais, que não são uniformes ao longo do dente, por isso seu movimento não é livre em resposta a força. Um inconveniente ou ineficiente movimento do dente durante o tratamento ortodôntico, resulta em uma variação individual na resposta biológica e o uso impróprio da força aplicada e o movimento desejado. A habilidade de medir e controlar a razão conexão - força no braquete é a chave para a previsão e controle do movimento do dente.

Freitas et al. (1985) fizeram uma ampla revisão da literatura sobre a movimentação ortodôntica e relataram um caso clínico em que, um paciente movimentou os incisivos centrais em 10 mm, colocando um algodão na proximal para esconder uma lesão cariiosa. A reabsorção radicular ocorre na movimentação ortodôntica quando se relaciona a duração do tratamento e a técnica utilizada. A susceptibilidade individual de cada paciente ao tratamento é um fator importante que aumenta em muito a reabsorção esperada. É difícil para o profissional quantificar a força correta para cada paciente, pois a variação individual a resposta às forças aplicadas é muito grande. A conduta mais prudente para se evitar erros é iniciar uma movimentação com forças leves e correlacionarmos sua magnitude com a distância percorrida pelo dente. O ideal é conseguir a movimentação de aproximadamente 1 mm/mês. É possível que exista uma força ótima individual e cabe ao ortodontista descobri-la. A resposta biológica no adulto é mais lenta que em pacientes jovens, devendo ter uma maior atenção para estes pacientes da força aplicada.

Galvão (1986) fez uma análise sobre a magnitude de força aplicada e as respostas biológicas que ocorrem no tecido de suporte dentário. A quantidade de força ótima vai depender do movimento que se deseja executar. A duração da força, deve proporcionar um período de reorganização do ligamento periodontal, para que

ocorra o restabelecimento do suprimento sanguíneo e ativação da proliferação celular. Algumas vezes, uma força intensa e de pouca duração, pode ser menos prejudicial do que uma força leve e contínua por um período longo. Pode-se considerar uma força ótima, aquela que determina uma resposta tecidual máxima, sem a ocorrência de dor ou reabsorção radicular e mantendo a integridade do ligamento periodontal durante toda a fase de movimentação.

Engstrom et al. (1988) realizaram um estudo experimental, visando investigar o efeito das forças ortodônticas no tecido periodontal, utilizando métodos biomecânicos e histológicos em ratos normais e ratos hipocalcêmicos. Foram utilizados ratos com peso de 100 g e 30 dias de idade, divididos em 2 grupos de 80 ratos cada, sendo um grupo tratado com dieta saudável e o outro com deficiência em cálcio e vitamina D. Após 14 dias, foram bandados os incisivos centrais de 40 ratos de cada grupo. Com 21 dias, um anel de expansão ativa foi aplicado. Depois de três dias, 20 ratos com aparelho e 20 ratos controle sem aparelho foram mortos. Após sete dias, os 20 ratos com aparelho e os outros 20 sem foram também mortos. Foram feitas análises histológicas e bioquímicas do tecido periodontal removido. Conclui que, o monitoramento da progressão inicial do movimento do dente e exames regulares com radiografia, deve ser feito em pessoas que usam drogas, que afetam a atividade metabólica nos tecidos periodontais.

Nojima (1996) fez uma revisão das mudanças tissulares que ocorrem na movimentação ortodôntica de inclinação, translação, rotação, verticalização, extrusão, intrusão. A mecânica empregada e as reações biológicas estão inter relacionadas. A conclusão que se chega é que o movimento dentário é mais eficiente quando se evitam áreas de necrose no ligamento periodontal, assim como a dor é diminuída; a reabsorção frontal pode ser extremamente difícil de conseguir

cl clinicamente. Mesmo com forças leves, pequenas áreas avasculares podem se desenvolver no ligamento periodontal e os movimentos podem ser retardados; a força exagerada não é útil para o movimento ortodôntico.

De acordo com Rygh et al. (1991), na prática clínica é conveniente aplicar forças conhecidas sobre uma distância determinada por uma duração de tempo específica. A força ortodôntica, teoricamente considerada ótima é aquela que dá início a máxima resposta tecidual sem dor, reabsorção da raiz e mantém a saúde do ligamento periodontal durante o tratamento. As forças ortodônticas que produzem o movimento do dente sem danificá-lo ou as estruturas relacionadas, estão dentro de uma escala relativamente pequena de forças empregadas clinicamente. O processo de hialinização depende da morfologia local da área comprimida, da magnitude da força aplicada e da duração da força. A estrutura do ligamento periodontal varia de uma pessoa para outra, idade, saúde do paciente são fatores que influenciam nesta organização. A reabsorção radicular parece estar relacionada ao dano local do ligamento periodontal, em particular com a hialinização.

Brezniak & Wasserstein (1993) fizeram uma revisão da literatura sobre a reabsorção radicular e sintetiza as considerações clínicas que ocorrem. A perda de estrutura radicular apical é imprevisível, sendo irreversível quando se estende até a dentina. Vários são os fatores que influenciam na reabsorção radicular. Fatores genéticos, sistêmicos, nutrição, idade, sexo, dentes traumatizados, densidade do osso alveolar, vulnerabilidade dentária, tipo de mecânica utilizada, magnitude da força aplicada, constância da força aplicada, duração do tratamento, forma radicular. Em adultos, a capacidade adaptativa às forças ortodônticas é menor e requerem forças mecânicas maiores, aplicadas por um tempo maior e merecem uma atenção especial. Devemos usar forças leves e intermitentes. O movimento de intrusão

parece ser o mais prejudicial dos movimentos, mas todos os movimentos podem levar à reabsorção radicular. A imprevisibilidade e a alarmante incidência da reabsorção radicular é muito grande, sendo imperioso que o ortodontista defina critérios de diagnóstico.

Oda (1993) verificou histomorfologicamente formas de alterações pulpareas in vivo em polpas de dentes de humanos, que receberam forças ortodônticas. Participaram 18 pacientes do gênero feminino e 8 do gênero masculino, num total de 26 pré-molares com idade de 11-23 anos. Os dentes devidos à mecânica foram extraídos após a movimentação, preparados e as polpas, fixadas em Bouim por 24 horas. Os cortes histológicos realizados por um micrótomo na ordem de sete micrômetros de espessura, corados em hemtoxilina-eosina e tricômico de Mallory e analisados em um microscópio de luz da marca Zeiss. Pode concluir que, as formas de alteração pulpar encontradas, foram a presença de cálculos, que podem ocorrer como reações defensivas pulpareas, devido as alterações fisiológicas do dente, que ocorrem provavelmente às forças ortodônticas aplicadas no dente.

Moraes (1994) apresentou um capítulo onde descreve as estruturas dos tecidos periodontais individualmente, cemento, ligamento periodontal, osso alveolar, osso de sustentação e suas histofisiologias. A reabsorção cementária e da dentina radicular na movimentação ortodôntica é imprevisível quando analisado de forma geral, as variações entre indivíduos e mesmo numa mesma pessoa a capacidade de reparação ou não de zonas reabsorvidas, os tipos de movimento e de forças aplicadas não oferecem um quadro conclusivo.

Proffit & Fields (1995) fizeram um relato dos acontecimentos que envolvem as estruturas de suporte e o dente durante a movimentação ortodôntica.

Na prática ortodôntica, o objetivo é produzir movimento dentário com reabsorção frontal, mesmo que em algumas áreas do ligamento periodontal ocorram provavelmente necrose e reabsorção solapante. Mesmo com forças leves, áreas avasculares podem aparecer. Os efeitos deletérios da força são: ligeira reação inflamatória na polpa, perda da vitalidade devido ao não controle da força, reabsorção radicular devido ao emprego de forças excessivas e contínuas e dores.

Pilon et al. (1996) fizeram um estudo durante 16 semanas para verificar a relação entre a magnitude da força ortodôntica e a proporção do movimento do dente. Foram utilizados 25 cães da raça Beagle machos adultos com idade entre um e 1,5 anos, onde após a extração do 3º pré-molar, o 2º pré-molar inferior foi distalizado sendo mantido o lado oposto como controle. Foram divididos em três grupos com forças de 50 g, 100 g e 200 g. Foram feitas marcações com tântalo nas mandíbulas antes de começar o movimento experimental, também foram realizadas impressões com alginato e depois vazadas com gesso para aferições posteriores. Concluíram que outros fatores do que as magnitudes de força estão envolvidas em determinar a proporção da movimentação dental. Diferenças individuais na densidade óssea, metabolismo ósseo e mudanças no ligamento periodontal podem ser responsáveis pela variação. A formação de células livres no ligamento periodontal não pode ser evitada mesmo se utilizando forças leves.

Kurol et al. (1996) verificaram a magnitude e variabilidade de força ortodôntica aplicada por ortodontistas clinicamente experientes. Participaram 19 ortodontistas, sendo 11 homens e oito mulheres, utilizando diferentes técnicas com aparelhos fixos, onde os pacientes eram do serviço público local e os ortodontistas trabalhavam em um período integral. Eles tiveram que movimentar caninos e pré-molares vestibularmente, que estavam por palatino no arco dental. Somente três,

dos 19 ortodontistas relataram que, ocasionalmente em alguns pacientes, a cada mês mediam a força aplicada. 14 não checavam a força ortodôntica aplicada nos últimos anos durante seus tratamentos. A força ideal variou consideravelmente de 30 cn para 100 cn; em muitos casos onde estas forças foram maiores 60-100 cn, a força efetivamente aplicada foi menor. As magnitudes de força aplicada neste estudo pelos ortodontistas foram muitas em concordância com as forças leves recomendadas na literatura (50-70 cn). Substanciais diferenças foram registradas entre a força efetivamente aplicada e a ideal. Muitos dos ortodontistas não checavam a força durante anos. Concluiu-se que, os ortodontistas devem regularmente medir a força ortodôntica aplicada, onde um certo nível de força é considerado importante.

Ferreira (1996) descreveu as reações teciduais quando da aplicação da força ortodôntica e como o ligamento periodontal reage à esta força. A resposta ortodôntica quando da aplicação das forças, será influenciada por diversos fatores, como a magnitude de força, ritmo de aplicação da força, condições metabólicas. Clinicamente, as forças pesadas são mais patológicas que as suaves, causando: dor, mobilidade dental, reações pulpares, alterações radiculares, alteração na crista alveolar. O ideal é utilizar força de pequena magnitude (força ótima) continuamente, para se obter uma migração gradual do dente, indolor, com o mínimo dano tecidual.

Cabrera & Sttovia Filho (1997) esclareceram que os estímulos liberados pelos aparelhos ortodônticos nos dentes, transformam-se em resposta através do ligamento periodontal nos ossos adjacentes do osso alveolar. Devido a grande variabilidade morfológica entre os indivíduos, o ortodontista deverá apurar seu próprio senso clínico para determinar a intensidade de forças a serem aplicadas, se suaves, médias ou intensas através de sua experiência profissional. É difícil se

padronizar valores numéricos para organismos diferentes e variações como sexo, idade, padrão muscular, biotipos faciais, variantes morfológicas e diferentes condições do suprimento sanguíneo. Não existe um conceito linear entre força e velocidade de movimentação dentária, pois são muitas as variáveis biológicas individuais implicadas. É necessário que o profissional esteja atento para as reações histofisiológicas para se obter domínio completo da mecânica empregada. Para se prevenir fatores indesejáveis como reabsorção radicular, reabsorção alveolar, necrose pulpar, deve-se adotar medidas preventivas como aplicação de forças leves, controle tridimensional da raiz e acompanhamento radiográfico periódico.

Segundo Burstone (1997), em áreas sob alta pressão pode ocorrer reabsorção radicular, particularmente no ápice radicular. A movimentação dentária, como a intrusão, onde as forças são muito pesadas ou não há controle da inclinação, que produz muita força no ápice, pode gerar reabsorção radicular. Se aumentar a força durante o movimento de intrusão. Deve-se imaginar onde quer que os dentes fiquem e planejar o aparelho adequado para oferecer o sistema de força correto para fazê-lo. Colocar cegamente segmentos de fios ou fios contínuos, certamente é não olhar para o futuro.

Tsukamoto et al. (1998) reuniram informações de diversos pesquisadores para demonstrar os eventos que ocorrem, quando forças ortodônticas são aplicadas para a movimentação dentária. Com forças leves ocorrem alterações vasculares, que são responsáveis pela nutrição da área para a atividade celular, permitindo proliferação de osteoclastos e osteoblastos, responsáveis pela remodelação óssea e movimento dentário, ao contrário das forças pesadas que levam a hialinização e a uma anquilose temporária, ocorrendo demora na movimentação.

Campos et al. (1999) mostraram através da revisão bibliográfica, as

modificações adaptativas que ocorrem no periodonto de sustentação quando utilizamos forças ortodônticas. É essencial se conhecer a magnitude, direção e duração das forças aplicadas, bem como as alterações que ocorrem no osso alveolar e ligamento periodontal, para se evitar iatrogênias se os princípios biológicos não forem respeitados. A hialinização está na dependência de vários fatores como idade, intensidade da força aplicada, fatores anatômicos (forma e contorno do osso alveolar), densidade óssea. A velocidade de movimentação dentária não é proporcional à força aplicada; forças pesadas durante o tratamento podem levar à anquilose, lesão pulpar, reabsorção radicular. Quando forças ótimas são aplicadas, espera-se um deslocamento dentário de 0,1 mm/dia. Regiões similares, mas com tamanhos e estruturas diferentes requerem a utilização de forças com intervalos variáveis.

Weinfield & Ilan (1999), através de uma revisão bibliográfica, descreveram as alterações biológicas durante a movimentação ortodôntica. Para se evitar áreas de hialinização severa, deve-se iniciar a movimentação com forças leves e controladas. Alterações no lado de tensão na parte interna do osso alveolar são pouco dependentes de fatores hormonais e mais dependentes da idade do indivíduo. Com forças excessivas, a polpa pode mostrar sinais de degeneração e necrose parcial ou total. Reabsorções dentárias podem ocorrer quando forças intensas são aplicadas por um período demasiadamente longo sobre os dentes de raízes curtas e em movimentos de translação, torque e intrusão. Tem-se que ter cuidado para que a força não seja exercida numa distância maior que a largura da membrana periodontal. O conhecimento sobre as reações biológicas frente à movimentação ortodôntica é fundamental para os que se preocupam em aplicar os princípios biológicos à prática clínica.

Coimbra (2000) avaliou através da revisão bibliográfica, a reabsorção radicular decorrente do tratamento ortodôntico e seus possíveis agentes etiológicos dando importância à magnitude de força, intervalo de aplicação, o tipo de força aplicada e se existe indivíduos com pré-disposição à reabsorção radicular. Mesmo após a aplicação de uma força pequena de 50 g, a reabsorção radicular pode ser observada. A intensidade da força ortodôntica acredita-se ser um fator importante, não somente pela grandeza do movimento do dente, mas também para qualquer dano ao tecido. 10% da população apresentam uma pré-disposição à reabsorção, mesmo sem o uso de aparelhos ortodônticos e indivíduos com esta pré-disposição, merecem muito cuidado mesmo com a utilização de forças leves. O intervalo de tempo para a aplicação de força ortodôntica parece ser mais importante do que a magnitude de força aplicada.

Mazziero & Consolaro (2000) apresentaram uma revisão bibliográfica sobre a influência das drogas no metabolismo ósseo e a influência no movimento ortodôntico. A movimentação dentária induzida ortodônticamente se faz frente a um estímulo mecânico, levando a uma reação inflamatória local, com modificações no citoesqueleto celular, gerando potenciais elétricos (piezoelectricidade) e respostas celulares provocando reabsorção e aposição óssea. Os principais fatores reguladores do metabolismo ósseo que está em constante renovação, são os hormônios PTH e a vitamina D. Pacientes com osteoporose, hipotireoidismo, hipertireoidismo, displasia cemento óssea florida, displasia fibrosa dos maxilares, doença de Paget, podem modificar a dinâmica óssea interferindo na movimentação dentária. A ciência ortodôntica ainda carece de maiores informações a respeito dos processos biológicos que envolvem as movimentações dentárias, apesar dos vários trabalhos existentes sobre as alterações do movimento dentário induzido por meio

de drogas. A ortodontia não se restringe apenas à aplicação de forças e aos princípios mecânicos, mas fundamenta-se em bases biológicas que respondem a estes estímulos.

Almeida (2001) explicou que a magnitude de força utilizada nos tratamentos para se evitar a reabsorção radicular deve ser a força suave. Para ocorrer esta reabsorção frontal, a força suave deve ser individualizada, pois ela depende do aparelho utilizado, do movimento que se pretende, da superfície radicular, da quantidade e qualidade do osso de suporte e característica do ligamento periodontal. Mesmo trabalhando com forças controladas e leves, não se está absolutamente protegido da reabsorção radicular, sendo que muitos outros fatores estão envolvidos como hereditariedade, gênero, idade, estado de saúde geral, hábitos, forma radicular além de fatores mecânicos. A literatura suporta que o intervalo de força é mais importante que a magnitude da força aplicada e que o uso de medicamentos e condições sistêmicas ainda carecem de mais estudos para relacioná-las às reabsorções radiculares.

Consolaro (2002) respondendo sobre perguntas relacionadas à reabsorção radicular relatou que raízes com ápices afilados, dilaceração apical, raízes curtas apresentam maior chance de reabsorção radicular e que as endocrinopatias não influenciam na reabsorção dentária durante o tratamento ortodôntico, pois o cementoblasto não tem receptores para os hormônios que estimulam a reabsorção; não há causa sistêmica ou medicamentosa para a reabsorção radicular durante o tratamento ortodôntico. A maior ou menor predisposição à reabsorção esta relacionada a fatores locais, onde a força está sendo aplicada. O mais importante não é a intensidade ou tempo de aplicação de força, mas sim a distribuição da força ao longo da raiz dentária e da estrutura óssea

vizinha.

Rickets (2003) fez uma avaliação histórica das forças ortodônticas existentes e os movimentos fisiológicos. Afirmou que os clínicos devem pensar sempre em pressão que vai ser exercida sobre o dente e não em força utilizada para a movimentação. Os ortodontistas buscam movimentos fisiológicos durante o tratamento, mas se orientam mais pelo relato de dor dos pacientes do que qualquer outra análise. E concluiu que para movimentos ortodônticos, os aparelhos fixos têm sido demasiado grandes e as forças excessivas, que o clínico tem erroneamente pensado em sobre força ao invés de pressão.

Baldwin (2004) explicou as variáveis que estão relacionadas à força ortodôntica (magnitude, continuidade, constância, direção) e como se pode avaliar esta força pelo senso clínico (dor, índice de movimentação, mobilidade, ancoragem, histopatologia). O mais difícil ao profissional é ter uma relação exata da força aplicada com a resposta clínica desejada. A resposta a uma força aplicada deveria ser negativa, mesmo sabendo que o limiar de dor é individual, onde uma mesma força pode causar dor em um indivíduo, enquanto em outro nada causar. Forças excessivas levam a uma mobilidade dental excessivas. Há uma grande variação na interpretação individual da força aplicada. Baldwin questiona ao final de seu artigo, se as forças empregadas estão corretas e o que conta para a movimentação dental é a pressão que é exercida no ligamento periodontal.

Consolaro (2007) afirmou que forças aplicadas compressivamente aos tecidos do ligamento periodontal, provocam variação de integridade em áreas diferentes de um mesmo dente. A intensidade com que as forças ortodônticas atuam, variam de acordo com a espessura da lâmina dura, densidade óssea e espessura da estrutura óssea. O nível de mediadores químicos estimulados pela

aplicação de forças ortodônticas é que determina se a resposta a estas forças será de neoformação ou de reabsorção óssea. Para melhor proveito da força para a movimentação dentária, o ideal é comprimir o ligamento periodontal, promovendo uma ligeira hipóxia para acumular mediadores em nível suficiente para induzir reabsorção na região da compressão do ligamento periodontal. O ideal durante o tratamento é a aplicação de forças leves e moderadas; se exagerar na força, terá lentidão na movimentação e reabsorção radicular aumentada.

Consolaro (2007) relatou dois trabalhos orientados por ele para a dissertação de mestrado em 2000 e 2005, analisando os tecidos pulpare de jovens adolescentes (2000) e ratos (2007) e verificou que, a movimentação dentária induzida não promoveu alterações morfológicas na polpa dentária detectáveis na microscopia óptica, quer sejam degenerativas quer sejam inflamatórias. A movimentação ortodôntica, mesmo usando forças pesadas, não produz movimentos tão rápidos que justifiquem a lesão ou rompimento do feixe vaso nervoso na região apical. A lesão do feixe vaso nervoso, está associada ao traumatismo dentário brusco e intenso, onde ocorre deslocamento do dente intra-alveolar.

Santos & Morossolli (2007), através da revisão bibliográfica sobre as reabsorções radiculares externa, analisaram os fatores que podem desencadear este processo patológico. Dentre as várias causas das reabsorções radiculares externas existentes, destacaram a: pressão de dentes impactados sobre os dentes adjacentes, reimplantes dentários, trauma oclusal crônico, tumores benignos e malignos, lesões periapicais, distúrbios metabólicos e sistêmicos, hereditariedade, tratamento ortodôntico e fatores idiopáticos. Fatores relacionados à movimentação ortodôntica e que devem ter uma atenção pelo ortodontista durante o tratamento são: predisposição individual, disfunção da língua, tempo de tratamento elevado,

quantidade de força aplicada, tipo de movimentação ortodôntica e em qual dente está sendo aplicada esta força e tamanho radicular.

Consolaro et al. (2008) explicaram que a dissipação da força ortodôntica pode ser condicionada pela maior densidade do trabeculado ósseo, como também pela espessura da cortical óssea local aspectos que relacionam com a velocidade da movimentação ortodôntica. Os efeitos das forças ortodônticas não serão os mesmos se as forças forem iguais em todos os dentes. Para alguns dentes as forças podem ser excessivas, promovendo maior reabsorção dentária e óssea, com maior probabilidade de recessão. Forças ortodônticas bem planejadas não devem alterar o nível cervical do osso, nem mesmo promover danos gengivais e radiculares significantes, mas as forças excessivas sim.

Taniguchi et al. (2008) descreveram a partir de que momento é possível movimentar os dentes adjacentes, em direção ao espaço da extração na mecânica ortodôntica. O estresse no ligamento periodontal provocado pela força ortodôntica leva a uma cascata de eventos biológicos. As atividades celulares são influenciadas não somente pela força aplicada, mas também pela espessura e viscoelasticidade do ligamento periodontal, espessura da lâmina dura, densidade do osso alveolar que é uma condição individual.

3 PROPOSIÇÃO

O objetivo deste estudo foi avaliar a precisão de dinamômetros da marca Morelli sem uso, originais de fábrica e com lacre de fabricação

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Material

As amostras utilizadas para este estudo constaram de 40 dinamômetros da marca Morelli original de fábrica e com lacre de fabricação com aferição de 50 g a 500 g cedidos por uma dental de Brasília e uma de Campinas, que possuíam em seu estoque de venda (figura 1).



Figura 1 - Dinamômetro da marca Morelli utilizado nos testes

Para a realização da apreensão fixa do dinamômetro foi utilizado um mini torno Western de 50 mm com as barras de apreensão na posição vertical perpendicular ao solo. A finalidade foi para que não ocorresse nenhuma interferência de atrito na tração da mola e os pesos (cargas) tivessem sua atuação gravitacional, facilitando a análise dos princípios da Lei de Hooke de 1660 (figura 2) e de acordo com a Norma 8197 da Associação Brasileira de Normas Técnicas.

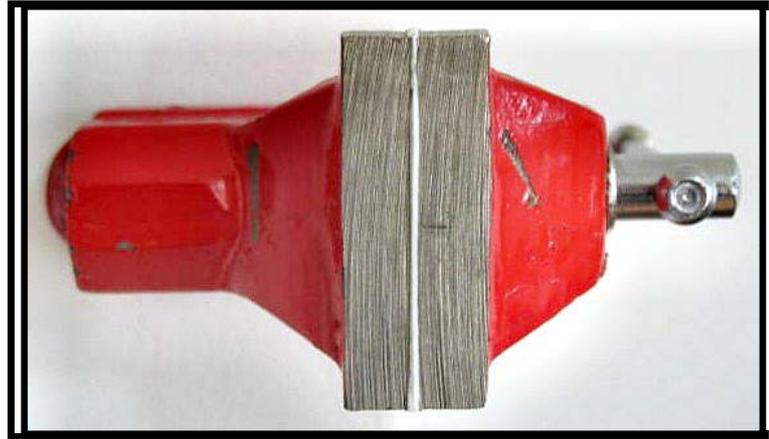


Figura 2 - Vista lateral do Mini torno Western 50 mm com as barras de apreensão na posição vertical perpendicular ao solo.

Uma bancada vertical fixa para fixação do Mini Torno Western (figura 3).



Figura 3 - Bancada com o Mini Torno Western 50 mm com as barras de apreensão presas verticalmente.

Dois pesos rastreados de 50 g, um peso de 200 g (figura 4) com certificação dos órgãos nacionais competentes do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior e Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial número 13709664-13709621 da marca Cauduro. São pesos que possuem um controle rígido de seu peso, necessitam de um manuseio especial

e são utilizados para a aferição pelo INMETRO para fiscalizar e aferir as balanças digitais comerciais. Para a fixação dos pesos junto ao dinamômetro foi utilizado um fio de alumínio.



Figura 4 - Pesos Cauduro rastreados com certificação do INMETRO.

4.2 Métodos

4.2.1 Normas para Calibração

As normas para o método de calibração de instrumentos de medição de força de uso geral estabelecem o método para calibração de instrumentos de medição de força de uso geral, com sistema de indicação direta em unidades de força. São aplicadas aos seguintes tipos de instrumentos de medição de força: mecânicos, hidráulicos ou pneumáticos e transdutores de força.

A calibração consiste na aplicação de forças conhecidas em um instrumento de medição de força de uso geral, registrando-se os valores correspondentes de força cujo sistema de medição deve ser considerado como parte integrante do instrumento de medição de força.

Segundo estas normas, para uma pesquisa científica é recomendável a calibração utilizando-se pesos ou célula de carga (ABNT-NBR 8197-11/2002).

Somente o operador em pesos e medidas credenciado pelo INMETRO realizou as aferições, pois os pesos devem ser manuseados com luvas próprias para não haver interferência de suor das mãos nos pesos e alterarem as aferições.

4.2.2 Avaliação experimental

Primeiro o Mini Torno Western de 50 mm foi preso a uma bancada fixa vertical, de modo que a parte utilizada para a fixação dos dinamômetros ficasse na posição vertical perpendicular ao solo (figura 6).

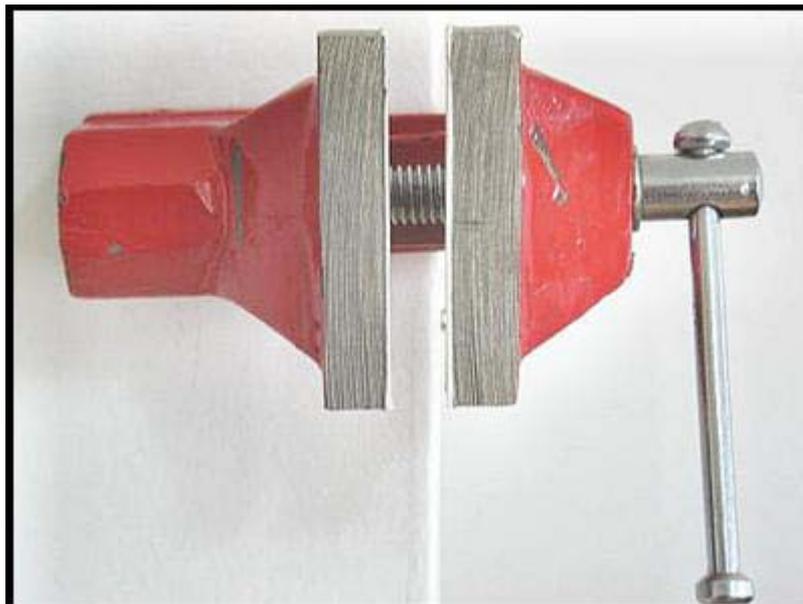


Figura 5 - Mini torno Western preso à bancada para prender o dinamômetro.

Os dinamômetros foram numerados de 1 a 40 de forma aleatória e seguiram a ordem de sua numeração para as aferições pelo técnico em pesos e medidas, credenciado pelo INMETRO. Os dinamômetros foram presos ao mini torno Western pela ponteira do corpo, para a mola de compressão/tração ficar livre, com o gancho voltado para baixo (figuras 7 e 8), livre para que não houvesse atrito e a

força gravitacional agisse livremente nos pesos (cargas).



Figura 6 - Posicionamento do dinamômetro preso ao torno voltado pela ponteira do corpo na posição vertical, sem que interferisse na liberdade de tração da mola.



Figura 7 - Dinamômetro preso pela ponteira do corpo com gancho de tração voltado para baixo para a colocação dos pesos rastreados.

As aferições foram realizadas somente do lado de tração da mola por ser a parte mais utilizada pelos ortodontistas. Foram realizadas medidas de três modos diferentes, com dois pesos de 50 g e um peso de 200.

4.2.2.1 Primeira avaliação

A primeira avaliação foi realizada, pendurando-se o peso ao gancho do dinamômetro (figura 9) e soltando, para avaliar se a mola iria se deformar até a marcação escalar correspondente ao peso (carga) pendurado pela própria força gravitacional. Foram feitas avaliações para os pesos (carga) de 50 g, 100 g e 300 g respectivamente, para cada um dos 40 dinamômetros da mesma forma.



Figura 8 - Peso rastreado preso ao gancho na posição vertical sem interferências para realização dos testes.

4.2.2.2 Segunda avaliação

Na segunda avaliação tracionou-se toda a mola até seu limite máximo de elasticidade com os pesos presos ao gancho soltando logo em seguida, para

avaliarmos se a mola retornaria à medida escalar correspondente ao peso preso ao gancho. Estaria aumentando a constante elástica da mola e liberando-a para retornar à sua constante de elasticidade, ou seja, seu tamanho original. Foi realizado para cada peso (carga) 50 g, 100 g e 300 g em cada um dos 40 dinamômetros.

4.2.2.3 Terceira avaliação

A última avaliação, o peso (carga) 50 g, 100 g e 300 g foram presos ao dinamômetro e tracionado manualmente até a marca escalar correspondente ao peso (carga) colocado preso ao dinamômetro e solto, para cada um dos 40 dinamômetros. Foi avaliado desta forma, que se ao soltar o peso (carga) que estava preso ao dinamômetro, após a deformação da mola o mesmo permaneceria na medida de força escalar indicada no corpo do dinamômetro.

4.2.3 Análise estatística

A análise dos dados obtidos, foi limitada a uma análise percentual para três cargas correspondentes a uma força leve de 50 g e duas forças médias para 100 g e 300 g, como orienta a norma ABNT 8197 para avaliação de instrumentos de medição de forças mecânicas. Como não existe uma marcação milimetrada exata entre as marcações existentes no corpo do dinamômetro da Morelli, sendo a escala de 25 g em 25 g, os valores foram verificados avaliando as medidas exatas ou não para os respectivos pesos. Se ao colocar o peso de 50 g, 100 g e 300 g a marcação não correspondesse ao peso utilizado, seria considerada inexata a marcação. Os valores alterados foram determinados pelo operador em pesos em medidas credenciado pelo INMETRO visualmente.

Para a determinação da precisão das medidas, os dados foram analisados estatisticamente, aplicando-se a análise da significância mediante o teste do Qui-quadrado, com nível de significância de 0,05.

5 RESULTADOS

A análise dos dados obtidos pelo método estatístico utilizado (teste do Qui-Quadrado), mostrou que houve significativamente ($p=0,0017$) mais falhas nas medidas da carga de 300 gramas do que na carga de 50 gramas. Entretanto, não houve diferenças entre as cargas de 300 e 50 gramas quando relacionadas com a carga 100 gramas ($p>0,05$).

A tabela 1 mostra o total de dinamômetros (dentre os 40 testados) que produziram medidas alteradas de acordo com a carga em teste.

Tabela 1 - Frequência relativa das falhas das medidas produzidas pelos 40 dinamômetros aferidos.

	CARGA MEDIDA		
	50 g	100 g	300 g
Total de falhas	4 (10%)	10 (25%)	21 (52,5%)

A análise dos dados (teste do Qui-Quadrado) da tabela 2 revelou que, falhas nas medidas da carga de 50 gramas foram significativamente ($p=0,0001$) mais frequentes do que as falhas produzidas pelas outras cargas. Não houve diferenças entre as falhas produzidas pelas cargas de 300 e 100 gramas ($p>0,05$).

A tabela 2 mostra a média da porcentagem de alteração considerando somente os dinamômetros que falharam (tabela 1).

Tabela 2 - Média da porcentagem de alteração dos dinamômetros que falharam, de acordo com a carga medida.

	CARGA MEDIDA		
	50 g	100 g	300 g
Média do erro (porcentagem)	31	15	6.2
Erro máximo (em gramas)	+25	+25	+25
Erro mínimo (em gramas)	+10	+10	-25

Estes dados em conjunto, mostram que, embora os dinamômetros tenham falhado mais na avaliação da carga de 300 gramas como mostra a tabela 3 é na carga de 50 gramas que o erro, quando acontece, é proporcionalmente maior. O gráfico 1 mostra este perfil.

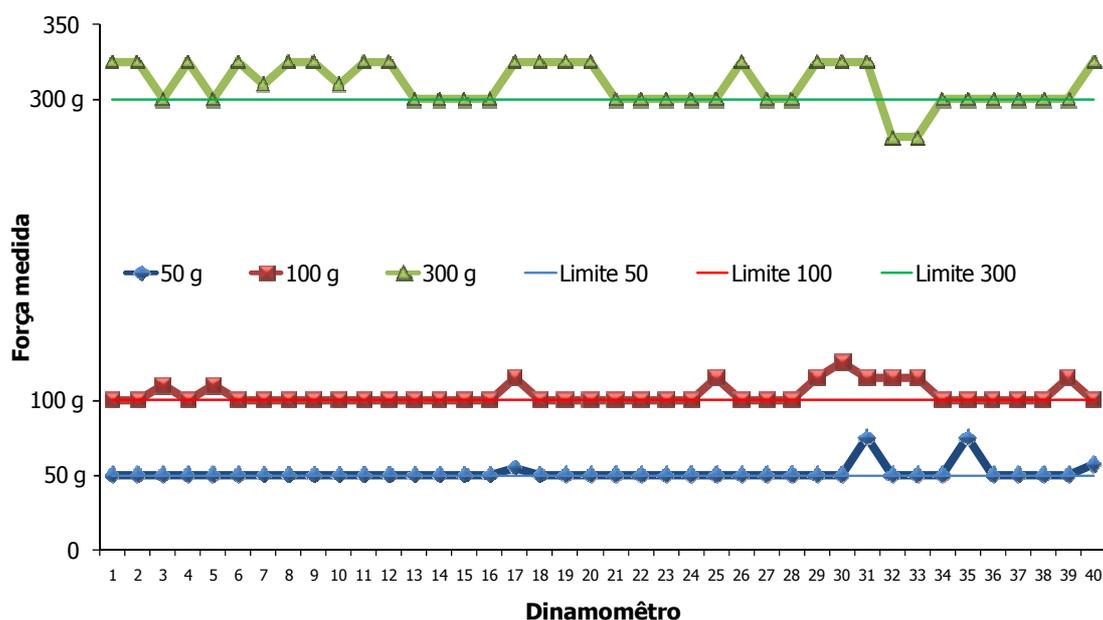


Gráfico 1 - Acuidade das medidas observadas nos 40 dinamômetros da amostra em função das cargas a que foram submetidos.

É possível observar na tabela 3 os dinamômetros que obtiveram alteração com as respectivas alterações ocorridas. Um maior número de dinamômetros não respondeu adequadamente a carga de 300. Além disso, é possível observar que

alguns dinamômetros apresentaram mais de uma medida alterada para as cargas utilizadas.

Tabela 3 - Total de dinamômetros aferidos e as alterações ocorridas.

Dinamômetro	Medidas testadas (em gramas)		
	50 g	100 g	300 g
1	OK	OK	325
2	OK	OK	325
3	OK	110	OK
4	OK	OK	325
5	OK	110	OK
6	OK	OK	325
7	OK	OK	310
8	OK	OK	325
9	OK	OK	325
10	OK	OK	310
11	OK	OK	325
12	OK	OK	325
13	OK	OK	OK
14	OK	OK	OK
15	OK	OK	OK
16	OK	OK	OK
17	55	115	325
18	OK	OK	325
19	OK	OK	325
20	OK	OK	325
21	OK	OK	OK
22	OK	OK	OK
23	OK	OK	OK
24	OK	OK	OK
25	OK	115	OK
26	OK	OK	325
27	OK	OK	OK
28	OK	OK	OK
29	OK	115	325
30	OK	125	325
31	525	115	325
32	OK	115	-325
33	OK	115	-325
34	OK	OK	OK
35	525	OK	OK
36	OK	OK	OK
37	OK	OK	OK
38	OK	OK	OK
39	OK	115	OK
40	57	OK	325

É possível observar no gráfico 1 e na tabela 3 que um maior número de dinamômetros não respondeu adequadamente a carga de 300 gramas. Além disso, é possível observar que alguns dinamômetros apresentaram mais de uma medida alterada. Estes estão descritos na tabela 4.

Tabela 4 - Dinamômetros que apresentaram mais de uma medida alterada.

		Carga (gramas)				
		100		300		
		Correta	Errônea	Correta	Errônea	
Carga (gramas)	50	Correta	28 (70%)	8 (20%)	18 (45%)	18 (45%)
		Errônea	2 (5%)	2 (5%)	1 (2,5%)	3 (7,5%)
	100	Correta	-	-	15 (37,5%)	15 (37,5%)
		Errônea	-	-	4 (10%)	6 (15%)

Os dados da tabela 4 mostram que existe uma maior tendência de ocorrer alteração na medida do dinamômetro quando este faz leitura alterada da carga de 300 gramas, aumentando a chance de ocorrer alteração também nas leituras das cargas de 50 e 100 gramas.

6 DISCUSSÃO

O dinamômetro é um instrumento usado para a medição de forças mecânicas e tem seu funcionamento baseado na proporcionalidade entre a força aplicada a um corpo e a deformação nele produzido. A força é medida pelo alongamento produzido numa mola elástica helicoidal e se baseia na lei das deformidades elásticas de Hooke de 1668 (Ramalho Junior et al., 2005).

Segundo esta lei, quanto maior o peso de um corpo suspenso a uma das extremidades de uma mola (cuja outra extremidade era presa a um suporte fixo), maior era a deformação sofrida pela mola (deformação elástica). Após a remoção do peso tende a voltar ao seu comprimento original exercendo uma força de intensidade proporcional à deformação (constante elástica da mola) $F=K.x$ onde k é a constante elástica da mola e x sua deformação.

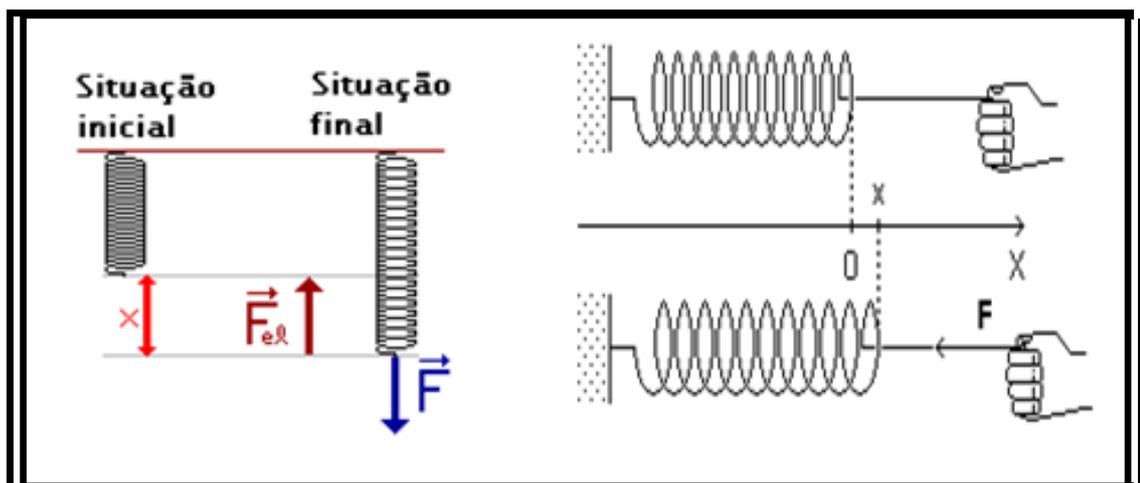


Figura 9 - Representação da Lei das deformidades elásticas - proposta por Hooke (1668).

Fonte: Ramalho Junior et al., 2005.

Os resultados obtidos quando se utilizou a amostra total dos dinamômetros aferidos, através da análise dos dados utilizando o teste do Qui-Quadrado, mostrou que houve alterações significativas ($p=0,0017$) mais nas medidas da carga de 300 g do que na carga de 50 g. Mas é interessante notar que não houve diferenças entre as cargas de 300 g e 50 g com relação à carga de 100 g ($p>0,05$).

Quando os resultados são avaliados observando somente os dinamômetros que falharam, observou-se ocorrer uma maior variação de alteração nas cargas de 50 g, o que é preocupante, pois é uma força leve e o meio pelo qual o ortodontista tem em minimizar os efeitos deletérios do tratamento é a utilização de forças leves com o aumento do período por meio da qual a força é ativada, conforme já relatado por vários autores (Gianelly, 1969; Proffit, Fields, 1995; Ferreira, 1996; Tsukamoto et al., 1998; Consolaro, 2002, 2008). Desta forma, embora os dinamômetros tenham mostrado maior precisão na avaliação da carga de 50 g, quando ocorreram as distorções de leituras, estas foram mais elevadas, o que demonstra a necessidade de padronização nos equipamentos avaliados.

Ao se comparar os dinamômetros que tiveram alterações, verifica-se na tabela 3 que alguns dinamômetros apresentaram mais de uma medida alterada, o que preocupa, porque um dos maiores desafios ao ortodontista é descobrir a força ideal para seus pacientes. Com os dados obtidos, leva-se a concordar com Kurol (1996), Burstone (1997) e Baldwin (2004), que questionaram se as forças empregadas estão corretas e que a colocação de fios ou segmentos de fios colocados aleatoriamente é não olhar para o futuro, orientando que a força deve ser regularmente medida durante o tratamento.

Existe um paradigma na ortodontia que forças bem planejadas não devem

alterar significativamente o nível cervical do osso, promover danos gengivais e radiculares, mas as forças excessivas causam estes danos (Consolaro, 2008). O uso constante na clínica dos dinamômetros para aferição da força empregada é requisito básico para uma ortodontia biológica.

Apesar das alterações ocorridas na aferição dos dinamômetros, não devemos deixar de usá-lo, pois segundo Kuroi et al. (1996) afirmaram não poder confiar na avaliação digital e experiência clínica para a avaliação da força que está sendo empregada durante o tratamento ortodôntico. Clinicamente com a aplicação de forças pesadas, podem ocorrer reabsorção óssea solapante, reabsorção radicular, dor, atraso na movimentação, mobilidade dental e reações pulpares, como já descritas por Oda (1993) e Weinfield & Ilan (1999).

O dinamômetro é o único aparelho utilizado na aferição das forças aplicadas clinicamente. A escassez de trabalhos e fiscalização da aferição das forças pertinentes a este dispositivo, demonstra a necessidade de se obter a força ideal, pois segundo Baldwin (2004), o mais difícil ao profissional é ter uma relação exata da força aplicada, com a resposta clínica desejada. Biologicamente existe uma ampla variação na resposta biológica entre os indivíduos, sendo difícil para o profissional quantificar a força correta para cada paciente, pois a variação morfológica individual à resposta às forças aplicadas é muito grande. Padronizar valores numéricos utilizando a mesma força para organismos diferentes e variações como sexo, idade, biotipos faciais, condições de suprimento sanguíneo não é correto segundo Freitas et al. (1985) e Cabrera & Stovia Filho (1997).

Portanto, baseando-se nos resultados deste estudo, atenção deve ser dada à resposta clínica de nossos pacientes como: dor, mobilidade, demora na movimentação, alterações gengivais mesmo com o uso rotineiro dos dinamômetros,

pois além das respostas biológicas serem diferentes para diferentes indivíduos, elas também sofrem alteração para o mesmo grupo de dentes com a mesma força aplicada.

Considerando a escassez de trabalhos sobre o assunto na literatura e o resultado obtido no presente estudo, torna-se necessária a realização de novas pesquisas sobre o dinamômetro, como também a necessidade de pesquisas com outras marcas e tipos, na tentativa de padronizar os dinamômetros em Ortodontia.

7 CONCLUSÃO

Na amostra de dinamômetros avaliada, notou-se que houve uma alteração em todas as forças empregadas, sendo a força de 50 g, apesar de ter um menor número de dinamômetros com alteração, foi a que quando esta ocorreu, teve uma maior alteração, o que é preocupante por se tratar de uma força leve e mais biológica.

REFERÊNCIAS¹

Almeida RR. Entrevista com Dr Renato R. de Almeida. [Entrevistadores: Arnaldo Pinzan, Décio Rodrigues Martins, José Fernando Castanha Henriques, Olavo Bergamaschi Barros, Sebastião Interlandi, Tatsuko Sakima]. Rev Dent Press Ortodon Ortopedi Facial. 2001 set-out;6(5):1-7.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. Materiais metálicos-calibração de instrumentos de força de uso geral: NBR 8197. Rio de Janeiro: ABNT; 2002.

Baldwin JJ. Consideração de forças para a movimentação dentária. Rev Dent Press Ortodon Ortopedi Facial. 2004 jan;4(3):253-7.

Bien SM. Difficulties and failures in tooth movement; biophysical responses to mechanotherapy. Rep Congr Eur Orthod Soc. 1967:55-62.

Bien SM. Fluid dynamic mechanisms which regulate tooth movement. Adv Oral Biol. 1966;2:173-201.

Brezniak N, Wasserstein A. Root resorption after orthodontic treatment: Part 1. Literature review. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1993 Jan;103(1):62-6.

Burstone C. Entrevista com Dr Charles Burstone. [Entrevistadores: Miguel Neil Bevenga, Leopoldino Capelozza, Joel Rosa Martins, Maurício T. Sakima, Terumi Okada, Kurt Faltin Junior et al.]. Rev Dent Press Ortodon Ortopedi Facial. 1997;2(6):6-8.

Cabrera CAG, Sottovia Filho D. Tecendo considerações sobre as bases biológicas da movimentação dentária decorrente da ortodontia. São Paulo: Produções Interativas; 1997. cap.9. p.246-67.

Campos PSF, Tunes UR, Araújo TM, Bittencourt MAV. Reações teciduais às forças ortodônticas. Rev Fac Odontol Univ Fed Bahia. 1999 jan-jun;18:68-73.

Coimbra APB. A magnitude da força e o intervalo de aplicação de força ortodôntica como fatores etiológicos da reabsorção radicular [dissertação]. Campinas: Universidade Camilo Castelo Branco; 2000.

Consolaro A, Consolaro MF, Moura Neto G. Movimentação ortodôntica em corticais e osso denso: aumento do risco de reabsorções radiculares, deiscências e recessões gengivais. Rev Dent Press Ortodon Ortopedi Facial. 2008 ago-set;7(4):105-9.

Consolaro A. Alterações pulpares induzidas pelo tratamento ortodontico: dogmas e falta de informação. Rev Dent Press Ortodon Ortopedi Facial. 2007 jan-fev;12(1):15-17.

¹ De acordo com o Manual de Normalização para Dissertações e Teses do Centro de Pós-Graduação CPO São Leopoldo Mandic, baseado no estilo Vancouver de 2007, e abreviatura dos títulos de periódicos em conformidade com o Index Medicus.

Consolaro A. Entrevista com Dr Alberto Consolaro. [Entrevistadores: Guilherme Janson, Leopoldino Capelozza Filho, Omar Gabriel da Silva Filho, Pedro Felício Estrada Bernabé, Roberto Miranda Esberard]. Rev Dent Press Ortod Ortopedi Facial. 2002 maio-jun;7(3):7-16.

Consolaro A. Tensão nas áreas de compressão do ligamento periodontal durante o movimento ortodôntico. E os binômios? Rev Clin Ortodon Dent Press. 2007 jun-jul;6(3):107-11.

Engström C, Granström G, Thilander B. Effect of orthodontic force on periodontal tissue metabolism. A histologic and biochemical study in normal and hypocalcemic young rats. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1988 June;93(6):486-95.

Ferreira FAC. Ortodontia diagnóstico e planejamento clínico. São Paulo: Artes Médicas; 1996. p.355-90.

Freitas MR, Almeida RR, Martins DR. Movimentação ortodôntica - revisão da literatura, considerações clínicas e apresentação de um caso clínico. Ortodontia. 1985 jul-dez;18(2):53-61.

Galvão CAA. Ortodontia noções básicas. 2a ed. São Paulo: Santos; 1986. p.149-155.

Gianelly AA. Force-induced changes in the vascularity of the periodontal ligament. Am J Orthod. 1969 Jan;55(1):5-11.

Hezberg BL. Bone change incident to orthodontic tooth movement in man. J Am Dent Assoc. 1932;19:1777-88.

Hixon EH, Aasen TO, Clark RA, Klosterman R, Miller SS, Odom WM. On force and tooth movement. Am J Orthod. 1970 May;57(5):476-8.

King GJ, Fischlschweiger W. The effect of force magnitude on extractable bone resorptive activity and cemental cratering in orthodontic tooth movement. J Dent Res. 1982 June;61(6):775-9.

Kurol J, Franke P, Lundgren D, Owman-Moll P. Force magnitude applied by orthodontists. An inter and intra-individual study. Eur J Orthod. 1996 Feb;18(1):69-75.

Mazzieiro ET, Consolaro A. A dinâmica óssea e o movimento dentário ortodôntico. Parte 1-revisão de literatura. Rev CROMG. 2000 jan-abr;6(1):10-7.

Moraes FF, Arana Chavez VE, Fava M. Fundamentos histológicos aplicados à ortodontia. 3a ed. São Paulo: Artes Médicas; 1994. p.45-54.

Nojima LI. Mudanças tissulares decorrentes do movimento ortodôntico [dissertação]. Rio de Janeiro: Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro; 1996.

Oda M. Contribuição ao estudo histomorfológico das reações pulpares *in vivo* em decorrência da aplicação de forças ortodônticas [tese]. São Paulo: Faculdade de Odontologia de São Paulo; 1993.

Oppenheim A. A possibility for physiologic orthodontic movement. J Am Orthod Oral Surg. 1944 July;30(7):345-68.

- Oppenheim A. Tissue changes, particularly of the bone, incident to tooth movement. *Am Orthod.* 1911;3:58-67.
- Pilon JJ, Kuijpers-Jagtman AM, Maltha JC. Magnitude of orthodontic forces and rate of bodily tooth movement. An experimental study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1996 July;110(1):16-23.
- Proffite WR, Fields Junior HW. *Ortodontia contemporânea.* 2a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1995. p.244-64.
- Ramalho Junior F, Ferraro NG, Soares PAT. *Fundamentos de física 1. Mecânica.* São Paulo: Moderna; 2005. v.1. cap.11. p.171-205.
- Reitan K. Continuous bodily tooth movement and its histological significance. *Acta Odontol Scand.* 1947;2:114-44.
- Ricketts RM. *Conceitos de mecânica e biomecânica.* Traduzido por Centro Mineiro de Estudos Ortodônticos. Goiânia: Artes Gráficas; 2003. cap.1: Aplicação das leis mecânica e biológicas. Cap.2: Biologia e aplicação da força. p.15-93.
- Rygh P, Moyers ER. *Sistemas de forças e respostas dos tecidos às forças em ortodontia e ortopedia facial.* 4a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1991. cap.3. p.258-80.
- Rygh P. Ultrastructural changes in pressure zones of human periodontium incident to orthodontic tooth movement. *Acta Odontol Scand.* 1973;31(2):109-22.
- Sandstedt C. Einige Beitrage zur Theorie der Zahnregulierung. *Nord Tandlaeg Tidsskr.* 1904;4:236-42.
- Santos SH, Morosolli ARC. Considerações sobre as reabsorções radiculares externas. *SOTAU R Virtual Odontol.* 2007;1:2-7.
- Schwarz AM. Tissue changes incident to orthodontic tooth movement. *Int J Orthod.* 1932;18:331-52.
- Silva Filho OG, Capelozza Filho L, Ferrari Junior FM. Movimentação ortodôntica em dentes traumatizados. In: Cardoso RJA, Gonçalves EAN. *Ortodontia: ortopedia funcional dos maxilares.* São Paulo: Artes Médicas; 2002. p.165-77.
- Skinner WG, Smith R. Tissue changes following rotation of teeth in the dog. *Angle Orthod.* 1985;10(3):140-7.
- Smith RJ, Burstone CJ. Mechanics of tooth movement. *Am J Orthod.* 1984 Apr;85(4):294-307.
- Stuteville OH. Injuries to the teeth and supporting structures caused by various orthodontic appliances, and methods of preventing these injuries. *J Am Dent Assoc.* 1937;24:1494-507.
- Taniguchi A, Capelozza Filho L, Silva Filho OG. Movimentação dentária induzida no espaço da extração: implicações clínicas. *Rev Clín Ortodon Dent Press.* 2008 ago-set; 7(4):83-94.
- Tsukamoto H, Henrique JFC, Lino AP. Considerações sobre as alterações histológicas nas movimentações dentária-ortodontia. *Ortodontia.* 1998 set-dez;31(3):63-71.

Weinfeld RK, Weinfeld I. Reações biológicas frente á movimentação ortodôntica. Rev Odontol Cad Doc. 1999;3(3):60-64.

Weistein S. Minimal forces im thooth movement. J Am Orthod. 1967 Dec;53(12):881-903.

Yoshikawa DK. Biomechanical principles of tooth movement. Dent Clin North Am. 1981 Jan;25(1):19-26.

ANEXO A - FOLHA DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA

*São Leopoldo Mandic
Faculdade de Odontologia
Centro de Pesquisas Odontológicas
Certificado de Cumprimento de Princípios Éticos*

2ª via

C E R T I F I C O que, após analisar o projeto de pesquisa

Título: *Comparação entre os Diferentes Tipos de Dinamômetros e Suas Aferições* Pesquisador principal: Jenner Di Tano Moraes

Orientador: Mário Vedovello Filho

Data Avaliação: 13/5/2004

Nº Protocolo: 2004/1010

o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Faculdade de Odontologia e Centro de Pesquisas Odontológicas São Leopoldo Mandic considerou que o projeto está de acordo com as diretrizes para a proteção do sujeito de pesquisa, estabelecidas pela Resolução nº 196/96, do Conselho Nacional de Saúde, do Ministério da Saúde.

Campinas, SP, Brazil, sexta-feira, 27 de fevereiro de 2009

CERTIFICATION OF COMPLIANCE WITH ETHICAL PRINCIPLES

I hereby, certify that upon analysis of the Research Project,

Title:

Main Researcher(Author): Jenner Di Tano Moraes

Advisor: Mário Vedovello Filho

the Committee of Ethics for Research of São Leopoldo Mandic School of Dentistry and Research Center, has considered the mentioned project to be in accordance to the guidelines of protection to the subject of the research, established by the Regulation number 196/96, from the National Health Council of the Brazilian Health Ministry.

**Profa. Dra. Sônia Vieira
Presidente do Comitê de Ética e Pesquisa**