Luiz Felipe Nakamai

**Calibração do novo dispositivo de ensaio de elevadores
dentais para o elevador angulado de Seldin**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Mestre em Ciências Odontológicas – Área de concentração em Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Faciais.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos de Campos

São Paulo

2007

Nakamai LF. Calibração do novo dispositivo de ensaio de elevadores dentais para o elevador angulado de Seldin [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo; 2007.

São Paulo, ____ de ____ de 2007

BANCA EXAMINADORA:

Professor(a) Doutor(a) _____

Titulação: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Professor(a) Doutor(a) _____

Titulação: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Professor(a) Doutor(a) _____

Titulação: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

Ao meu pai, pelo esforço

À minha mãe, por sempre acreditar

À minha irmã, pela compreensão

À Shirlei, pelo companheirismo

Ao professor Titular Antonio Carlos de Campos, por lutar pela profissão e pela especialidade e pela inestimável amizade demonstrada nesta longa jornada.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor Élio Hitoshi Shinohara, pelo vasto conhecimento dividido.

À Professora Doutora Marina Cléia Palo Prado, por me ajudar no início de minha vida acadêmica;

À Professora Doutora Maria Cristina Zindel Deboni, pelo espírito crítico e sobriedade demonstrados;

À funcionária Cida, uma grande amiga para todas as horas.

Às secretárias Rose e Ângela, pela grande colaboração no decorrer desta jornada.

Ao Professor Doutor João Alcino de Andrade Martins, pelas inestimáveis colaboração, paciência e saber demonstrados durante o decorrer do desenvolvimento desta tese.

Nakamai LF. Calibração do novo dispositivo de ensaio de elevadores dentais para o elevador angulado de Seldin [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo; 2007.

RESUMO

Para se entender a biomecânica e implementar avanços nos parâmetros geométrico-construtivos do elevador angulado de Seldin, foi construído o Novo Dispositivo de Ensaio de Elevadores Dentais (NDEED). Como em um dispositivo de mensuração, foi necessário calibrar-se todo o aparato para garantir que os dados obtidos fossem confiáveis. Para tanto, foram realizados testes estatísticos em relação ao deslocamento angular, torque e deslocamento vertical (LVDT). Para o torque, confrontado com as leituras obtidas, realizou-se o cálculo do índice de correlação linear de Pearson, o qual apresentou valor de 0,99958, indicando alta relação entre os parâmetros avaliados. Em relação ao deslocamento angular e ao deslocamento vertical, o índice de correlação linear de Pearson foi de -0,99995 e 0,99973, respectivamente, indicando alta relação entre as medidas para cada variável. O intervalo de confiança apresentou um erro máximo de $\pm 0,065$ para o torque, $\pm 1,4$ para o deslocamento angular e $\pm 0,71$ para o deslocamento vertical. Com base nos resultados estatísticos, pode-se afirmar que a correlação entre as leituras dos aparelhos e os valores das medidas são extremamente confiáveis, indicando uma ótima relação entre a leitura e a medida. Também foi observado que os intervalos de predição foram pequenos, indicando que o NDEED afere com precisão as medidas

em análise. Assim, pode afirmar-se que o Novo Dispositivo de Ensaio de Elevadores Dentais é uma excelente maneira de se aferir as variáveis em estudo.

Palavras-Chave: Elevador angulado de Seldin – Bioengenharia – Instrumental cirúrgico-odontológico

Nakamai LF. Calibration of a new elevator essaying device for the Seldin angulated elevator [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo; 2007.

ABSTRACT

In order to understand and optimize the construction of dental elevators, searching for adequate standards, a fully automatic new Elevator Essaying Device has been produced. As in every measurement device, it was a need to calibrate all the apparatus to guarantee that the data obtained was reliable. For this purpose, statistical analysis were used in order to evaluate the angular displacement, torque and vertical displacement. As for the torque, the Pearson's linear correlation index was used, with an obtained value of 0,99958, indicating a high relationship between the evaluated parameters. For the angular displacement and the vertical displacement, the value of the Pearson's linear correlation coefficient was -0,99995 and 0,99973, respectively. The confidence interval showed a maximum error of $\pm 0,065$ for the torque, $\pm 1,4$ for the angular displacement and $\pm 0,71$ for the vertical displacement. Based on the obtained statistical data, it is possible to affirm that the correlation between the readings and the measure values are extremely trustworthy. Also, it was observed that the prediction intervals indicated that the new Elevator Essaying device is able to measure the referred variables.

Keywords: Seldin angulated elevator – bioengineering – Oral surgery instruments

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 4.1. Desenho construtivo do NDEED.....	33
Figura 4.2. Aspecto físico do Novo Dispositivo de Ensaio de Elevadores Dentais....	36
Figura 4.3. Aspecto físico do NDEED e seus componentes principais.....	37
Figura 4.4. Diagrama de blocos calibração da célula de carga.....	40
Figura 4.5. Submissão do sensor de torque à solicitação conhecida.....	41
Figura 4.6. Calibração do sensor de deslocamento angular do NDEED.....	42
Figura 4.7. Desenho esquemático da calibração do LVDT.....	43
Figura 4.8. Posição inicial ou ponto zero do apalpador do LVDT.....	44
Figura 4.9. Mensuração, com o auxílio de paquímetro, da movimentação imposta ao corpo do LVDT após sua conveniente fixação à braçadeira da haste do LVDT.....	45

LISTA DE ABREVIATURAS

NDEED	Novo Dispositivo de Ensaio de Elevadores Dentais
LVDT	Transdutor de deslocamento linear vertical
DEE	Dispositivo de ensaio de elevadores
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	15
2.1 Sinonímia.....	16
2.2 Histórico dos elevadores	16
2.3 Classificação e apresentação dos elevadores.....	21
2.3.1 Classificação pela função.....	21
2.3.2 Classificação pela forma.....	21
2.3.2.1 de acordo com o tipo de haste.....	21
2.3.2.2 de acordo com o tipo de lâmina.....	22
2.3.2.3 de acordo com o tipo de cabo.....	22
2.3.3 Elevadores de lâmina triangular.....	24
2.4 Aspectos da técnica cirúrgica e indicação do uso de elevadores.....	25
2.5 Princípios mecânicos do uso de elevadores.....	25
2.5.1 Princípio de alavanca aplicado ao uso dos elevadores.....	26
2.5.2 Princípio de cunha aplicado aos elevadores.....	27
2.5.3 Princípio de roda e eixo aplicado aos elevadores dentais.....	27
2.5.4 Vantagem mecânica.....	28
2.6 Simulação mecânica e modelagem física da exodontia avaliação dos parâmetros geométricos do elevador angulado de Seldin.....	29
3 PROPOSIÇÃO.....	33
4 MATERIAIS, APARELHOS, DISPOSITIVOS E MÉTODOS.....	34
4.1 Materiais.....	34
4.1.1 Módulos construtivos do NDEED.....	34
4.1.2 Demais materiais.....	32
4.2 Aparelhos.....	36
4.3 Dispositivos.....	36
4.4 Métodos.....	37
4.4.1 Novo Dispositivo de Ensaio de Elevadores Dentais.....	37
4.4.1.1 funções dos componentes.....	37
4.4.2 Método calibração mecânica do NDEED.....	41
4.4.2.1 torque.....	42
4.4.2.2 deslocamento angular.....	45
4.4.2.3 deslocamento vertical.....	47
4.4.2.4 aspectos da calibração dos transdutores.....	49
4.4.5 Tratamento estatístico linear dos resultados.....	50
5 RESULTADOS.....	52
5.1 Torque.....	52

5.2 Deslocamento angular.....	55
5.3 Deslocamento Vertical.....	58
6 DISCUSSÃO.....	63
7 CONCLUSÕES.....	68
REFERÊNCIAS.....	69
ANEXOS.....	73

1 INTRODUÇÃO

A exodontia é o procedimento mais antigo no âmbito da cirurgia odontológica. Tem características próprias no campo da cirurgia pois emprega forças de intensidade apreciável em uma região anatômica delicada e sensível como a face, sendo desdobrada usando-se instrumentos específicos como fórceps e/ou elevadores dentais.

Sua execução se consubstancia no desenvolvimento das suas várias etapas evolutivas com um adequado adestramento psicomotor por parte do cirurgião, bem como, o uso de instrumentos que preencham corretamente suas funções e que apresentam como última finalidade a potencialização da força aplicada manualmente de forma a vencer a resistência à remoção do dente, respeitando contudo os princípios da execução prática da exodontia, quais sejam, o acesso adequado, uma via desimpedida para a avulsão dental e especialmente a possibilidade do uso de força e direção controladas.

Como já o afirmamos ao lado do adestramento psicomotor, do cirurgião, a prática de um ato operatório atraumático - que respeite a integridade biológica dos tecidos - depende muito das características mecânicas dos diversos instrumentos cirúrgicos.

A técnica cirúrgica está presa ao instrumental e como cirurgiões, estamos interessados em refinar o procedimento cirúrgico exodôntico melhorando o instrumental cirúrgico, que pelo seu uso redunde no ato operatório. Ou seja, estamos interessados no estilo, desenho e dimensão dos elevadores dentais que otimizem a instrumentação cirúrgica exodôntica. Ainda nos interessa a evolução da

instrumentação cirúrgica, reflexo de nossa experiência cirúrgica coletiva, vivenciada em nossa prática clínica diária, que nos faz refletir como meros praticantes que simplesmente adaptam o seu planejamento cirúrgico ao instrumental disponível enquanto nossos inanimados instrumentos descansam passivamente e não se modificam, ou seja, nós selecionamos o instrumental baseado no que temos e não no que sinaliza a nossa experiência vivida e somada aos avanços tecnológicos da atual bioengenharia e aplicáveis à ferramentaria construtiva dos instrumentos.

É notório, principalmente em nosso meio, ainda não dispormos de instrumental cirúrgico com a adequada padronização de fabricação e que considerem a conformação espacial geométrica do design das lâminas dos elevadores dentais como interferente no trabalho mecânico desenvolvido e o consequente trauma cirúrgico desencadeado.

Objetivando suprir tal lacuna, por tratar-se de pesquisa inédita que busca sempre uma metodologia em desenvolvimento é que com base numa análise crítica dos procedimentos experimentais anteriores, tornou-se imprescindível que se fabricasse um outro dispositivo de ensaio de elevadores, desta vez automatizado para ser usado na mensuração de esforços padronizados tendo como única variável definida o instrumento cirúrgico. Para tanto, para a fase preliminar destes experimentos e obedecendo a uma rígida sequência experimental, apresentamos nesta tese o Novo Dispositivo de Ensaio de Elevadores Dentais ou NDEED.

Como todo dispositivo de mensuração, é necessário que este seja calibrado para que possa funcionar de forma padronizada e consequentemente fornecer dados em média confiáveis para o correto entendimento dos fatores interferenciais presentes na lâmina dos Elevadores Angulados de Seldin. A calibração garante que

o dispositivo de ensaio experimental, no caso o NDEED, não interfira no fenômeno investigado.

É nosso objetivo neste trabalho de pesquisa apresentar o NDEED e seus componentes bem como e em especial os métodos de calibração utilizados.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Archer (1975), Campos e Gregori (2004) e Marzola (2000) definem que O elevador dental é um instrumento cirúrgico-odontológico. Como o seu nome sugere, é utilizado para desalojar um dente e/ou raiz do seu alvéolo pela aplicação direcionada de uma força de deslocamento. Compõe-se de uma parte ativa denominada lâmina e de uma parte passiva constituída por cabo e porção intermediária ou haste.

Múltiplos aspectos relacionados com o título desta tese, podem ser apresentados, sendo que com vistas aos propósitos e entendimento do assunto por parte do leitor e dando seguimento à linha de pesquisa sobre elevadores angulados de Seldin é necessário que se desenvolva esta revisão sendo relevante abordar os seguintes tópicos:

- Sinonímia;
- Histórico dos elevadores e da cirurgia odontológica;
- Classificação dos elevadores;
- Aspectos da técnica cirúrgica e indicações de uso dos elevadores;
- Princípios mecânicos de seu uso;
- Simulação mecânica e modelagem física da exodontia; avaliação dos parâmetros geométricos do elevador angulado de Seldin.

2.1 Sinonímia

A dificuldade advinda da classificação dos elevadores deve-se ao fato, ainda tradicional em passado não muito remoto, de se manter os nomes usados pelos seus autores. Corroborando com tal idéia, Terrier (1974) citou os vários nomes com os quais foram conhecidos o elevador:

- Eslevatoire;
- Elevador simples ou bifurcado;
- Poussoir;
- Repoussoir;
- Língua de carpa;
- Alavanca;
- Pé-de-cabra.

Marzola (2000), afirma que tais instrumentos seriam mais corretamente denominados extratores.

2.2 Histórico dos elevadores

Abu-al Qasim Khalif ibn'Abbas al Zahrawi, conhecido como Albucasis, (século XI, apud AUGOT, 1974; BIERENBAUM, 1973; CAMPBELL, 1963; COLYER, 1927; FINDLAY, 1960; GAY, 1975; HERSCHFELD, 1987) foi o primeiro a descrever detalhadamente os procedimentos cirúrgicos e instrumentos utilizados à época, em

sua enciclopédia médico-cirúrgica conhecida como *Altasrif (O Método)*. Nesta podiam ser observados:

- pequenos fórceps para luxação dentária com cabo curto e mordente longos para não exercer pressão excessiva, evitando a fratura dental;
- grandes fórceps para a avulsão dentária propriamente dita. Estes continham cabos mais longos e mordentes providos de saliências próprias para acoplamento ao dente, gerando grande vantagem mecânica;
- Elevadores dentais com pontas em forma de triângulo, gancho tridente ou curva, com o objetivo de auxiliarem na exodontia.

Nesta obra, o autor sublinha que sua lista de instrumentos para exodontia não é definitiva e que cada operador deve ser capaz de inventar um instrumento adaptado ao caso.

Francisco Martinez de Castrillo¹ (1557, apud BIERENBAUM, 1973; GUZMAN, 1985), dentista de Felipe II, apresenta em obra intitulada “Colóquio breve y compendioso sobre la materia de la dentadura y maravillosa obra de la boca”, os elevadores ou “possoirs”, nos quais reconhece-se o protótipo do pé-de-cabra.

Fauchard (1746) publica a primeira edição do *Tratado dos dentes*. Nesta obra, descreve extensamente e com grande riqueza de detalhes cinco tipos de instrumentos de exodontia. Dentre estes, elevadores dentais com diferentes tipos de pontas.

Lecluse (1754) inventa uma nova alavanca que serviria para empurrar os últimos molares, quando apoiados em no mínimo dois dentes sólidos.

Nux (1891) pesquisou a língua de carpa, verificando que serviria especialmente para terceiros-molares. De acordo com o autor, tal instrumento

¹ Castrillo, FM. *Colóquio breve y compendioso sobre la materia de la dentadura y maravillosa obra de la boca*. Valladolid, 1557.

apresentava uma curvatura que permitiria atingir com maior facilidade a parte posterior da cavidade bucal, sem a interferência das comissuras labiais.

Colyer (1927), em seu tratado sobre instrumentos cirúrgicos de cirurgia odontológica, ordena os instrumentos de acordo com sua evolução em:

1. Pelicanos;
2. Chaves;
3. Fórceps;
4. Garras;
5. Parafusos;
6. Punches e elevadores.

Bremner (1939) afirma que a invenção da exodontia e sondagem periodontal é creditada a Aesculapius, figura mítica da medicina, em 1200 a.C e que Celsus, discípulo de Hipócrates, já preconizava a remoção de raízes residuais com a utilização do Rizagra, um elevador dental. Porém, este procedimento cirúrgico só deveria ser realizado em casos extremos nos quais não houvesse outro tratamento dental disponível.

Hamon (1956) relata que os elevadores-foice eram particularmente úteis para exodontia de terceiros-molares, uma vez que seus cabos oblíquos favoreciam um posicionamento correto por não exercer tração sobre a comissura labial.

Cecconi (1959) relata que os elevadores foram descritos pela primeira vez no livro de Walter, que exercia a profissão em Estrasburgo, antes de 1572.

Bierenbaum (1973) e Findlay (1960) relatam que a utilização dos elevadores, quando da época de Albucasis, foi obscurecida pela invenção de pelicanos, chaves, parafusos e fórceps, por se tratar de instrumento secundário em exodontia já que depende de estruturas adjacentes para servirem como fulcro e portanto não pode

ser utilizado em qualquer procedimento do gênero. O ressurgimento deste instrumento ocorre pelo desenho idealizado por Le Cluse (1754). A característica principal deste instrumento era o formato em T de seu cabo que proporcionava um ganho mecânico considerável durante os movimentos de rotação. Na época, este elevador teve grande popularidade sendo modificado e utilizado até hoje.

Campbell (1963), relata que o mais antigo elevador de sua coleção particular data de 1720. Este modelo primitivo era totalmente feito em metal tendo o formato muito similar ao de uma chave de portas convencional. O autor, neste artigo, ainda fez importante referência ao elevador de ponta dupla geissfuss ou pé-de-cabra. Elaborado e ilustrado por J. H. Savigny, possuía duas pontas direcionadas para direções opostas, possibilitando ao operador posicioná-lo da maneira mais adequada.

Landon (1984), afirma que o instrumento inventado por Lecluse assemelha-se muito aos elevadores atuais.

Bierenbaum (1973), afirma haver relatos de que entre 3000 e 4000 a.C. na Índia já eram utilizados instrumentais semelhantes aos modernos para a execução de exodontias.

Segundo Augot (1974), um dos primeiros documentos que remetem à exodontia é o papiro de Ebers que começou a ser escrito em 3700 a.C. no Egito.

Segundo Paiva-Boléo (1974), Dubois, com ajuda de elevador de sua autoria, realizou exodontia de todos os dentes do maxilar superior do Rei Sol. Porém, a cada vez que o rei gargarejava ou bebia, o líquido ia da boca para o nariz, do qual saía como fonte.

Terrier (1974) afirma que os elevadores dentais receberam diversas designações durante a história. A saber: eslevatoire, elevador simples ou bifurcado, poussoir, repoussoir, broca, língua de carpa, alavanca e pé-de-cabra.

Nioncel (1975) afirma que a alavanca idealizada por Lecluse (1754) seria a base para que Winter concebesse mais tardiamente seu elevador.

Gay (1975) relata que Dionis, em 1765, escreve a respeito de um novo instrumento que seria uma espécie de elevador feito em alavanca com uma extremidade achatada para apoiar-se sobre a gengiva na base do dente, e outra angulosa com os braços de pelicano para prender o dente.

Bobbio (1983), confirma Abroise Pare como o fundador da cirurgia operatória e criador de diversas alavancas, dentre elas o “poussoir” ou alavanca trífida.

Guzman (1985) discorre sobre a chave de Garangeot, instrumento composto por pontas intercambiáveis e cujo modo de ação era de tal forma violento que provocava fraturas alveolares tanto quanto realizava as exodontias, todavia para Atkinson (2002), pode não haver dúvida de que a chave utilizada até o final do século XVIII juntamente com os elevadores e o pelicano contribuíram para a evolução da Odontologia.

Li, Zhang e Christen (1987) afirmam que durante a Dinastia Sui, na China, um pó de ervas era colocado ao redor do dente e muitos minutos depois era pedido ao paciente que tossisse, sendo que o dente era removido qomaticamente pela conjunção destes fatores. Essa técnica ainda é utilizada em regiões remotas deste país.

2.3 Classificação e apresentação dos elevadores

Findlay (1960) e Stacey (1968), preconizam que os elevadores dentais podem ser classificados com base em suas formas e funções. Portanto temos:

2.3.1 Classificação pela função

- Elevadores pesados;
- Elevadores leves;
- Elevadores finos.

2.3.2 Classificação pela Forma

2.3.2.1 De acordo com o tipo de haste

- Reta;
- Biangulada;
- Angulação simples.

2.3.2.2 de acordo com o tipo de lâmina

- Reta;
- Angulada;
- Triangular;
- Curva;
- Goiva;
- Serrilhada;
- Esquerda-direita.

2.3.2.3 de acordo com o tipo de cabo

- Padrão;
- Barra cruzada;
- Cabo de empunhar como caneta;
- Retorcido.

Asgis (1935) classifica os elevadores, de acordo com a forma, em:

- Direito-esquerdo de Winter-Cryer;
- de Seldin;
- reto em ponta de lança;
- de Hayes;
- Apical;

-Goiva.

Ausubel (1922), classifica os elevadores em:

- Elevadores de haste curva: semelhantes aos de cabo reto, à exceção que estes conseguem um ângulo para seu uso, no qual o acesso direto não é possível. Pode ser utilizado em aplicação mesial, distal, vestibular e lingual em todas as raízes inferiores;

- Elevadores de Knott: com modificações de Winter: feitos aos pares, são excelentes em aplicação mesial e distal. São triangulares e côncavo-convexos, terminando em ponta afiada, a qual é inserida em linha com o longo eixo das raízes;

- Elevadores de Cryer: são feitos aos pares para aplicação mesial e distal. Possuem o mesmo padrão dos elevadores de Knott-Winter, mas a lâmina é mais fina e estreita para ser utilizado na exodontia de dentes frágeis;

- Elevadores de Lecluse: é utilizado principalmente na exodontia de terceiros molares inferiores ou segundos molares quando os terceiros estão ausentes.

Balogh e Inovay (1962), afirmam que os elevadores são constituídos por alça, cabo ou coroa e braço de alavanca. A alça é feita para pegar o elevador com mão, enquanto o cabo segura o braço de alavanca, com a qual, pela sua curvatura, consegue-se a entrada da alavanca no lugar da operação.

O Federal Supply Services (1967), classifica o elevador angulado de Seldin em: tipo II (angular), sendo estilo A (Seldin nº 1L) e estilo B (Seldin nº 1R). Ainda de acordo com tal norma, o elevador de Seldin, quanto ao estilo, desenho e dimensões está catalogado pelo Defense Personnel Support Center (1964) sob o desenho nº 20968.

2.3.3 Elevadores de lâmina triangular

Ausubel (1922) cita como exemplos desta categoria os elevadores de Knott e Cryer. Segundo o autor, o elevador de Knott pode ser utilizado por mesial ou distal, sendo que a haste permanece acima da margem gengival, sendo usados particularmente para raízes posteriores e inferiores onde exista dente adjacente ou processo alveolar compacto que servirá como fulcro.

Seldin (1927) cita o elevador angulado de Seldin que foi obtido por modificações realizadas no elevador de Knott. De acordo com o autor, os elevadores de raízes vêm aos pares, sendo um direito e outro esquerdo. A lâmina é colocada em ângulo de noventa graus em relação à haste. Esta angulação facilita enormemente o seu uso tornando-o superior à qualquer outro instrumento desta natureza. Quando o cabo é seguro em angulação correta em relação ao longo eixo, a lâmina estará paralela à raiz e portanto, adequadamente ajustada ao dente e não à parede alveolar lingual, como fazem outros elevadores angulados de forma triangular. A lâmina é ligeiramente mais larga e afiada o suficiente para cortar o septo alveolar quando necessário, sendo o cabo conformado, de forma a dar firmeza e não sofrer rotação na palma da mão.

2.4 Aspectos da técnica cirúrgica e indicações do uso dos elevadores

Asgis (1935) postula que o método de elevação em cirurgia odontológica pode ser utilizado principalmente quando não há estrutura dental suficiente acima da margem gengival e quando é desejável preservar-se a morfologia dos rebordos alveolares vestibulares e patinos.

Campos e Gregori (2004), preconizam o uso dos elevadores nas seguintes condições:

- Dentes não-irrompidos;
- Dentes muito cariados;
- Dentes ectópicos;
- Dentes com inclinação acentuada;
- Raízes residuais ou fraturadas;
- Em conjunto com o fórceps.

2.5 Princípios mecânicos do uso de elevadores

Archer (1966), Balogh e Inovay (1962), Franchette (1904) e Nordenram (1966) preconizam que existem três princípios mecânicos nos quais o uso de elevadores dentais é baseado. A saber:

- Princípio de alavanca;
- Princípio de cunha;

- Princípio de roda e eixo.

2.5.1 Princípio de alavanca aplicado ao uso dos elevadores

Archer (1975), Campos e Gregori (2004), Nordenram (1966), entre outros, afirmam ser este o princípio mais freqüentemente aplicado quando do uso de elevadores dentais. Trata-se de uma alavanca de primeira classe, na qual a posição do fulcro está situada entre a potência e a resistência. Para haver ganho mecânico, o braço de potência deve ser mais longo do que o braço de resistência, em relação ao fulcro.

Merece destaque neste tópico, no início do século, Franchette (1904) pois relata que os elevadores tratam-se de verdadeiras alavancas que seguem as leis da mecânica e estabeleceu a comparação entre a mão do operador e a potência, o dente e a resistência e o apoio ou fulcro. Este autor ainda estabeleceu a necessidade de elevar-se o dente em movimentos progressivos caminhando-se sobre tecido ósseo, mudando-se o apoio e obtendo-se a elevação progressiva do dente. Relacionando-se tal fato clínico à cinemática, no qual o dente e o alvéolo são representados por duas superfícies regulares movidas por força de rotação em torno de um eixo e conduzindo-se em velocidade angular constante, o autor definiu a forma que devia ser dada às lâminas dos elevadores usados em cirurgia bucal, comparando-as por semelhança a uma curva conhecida como evolvente de círculo.

2.5.2 Princípio de cunha aplicado aos elevadores dentais

Archer (1966) afirma que alguns elevadores são projetados para serem usados principalmente como cunhas. A cunha do elevador é forçada entre a raiz do dente e o tecido ósseo que a circunscreve, paralelamente ao longo eixo da raiz, por meio de pressão manual ou pela força aplicada pelo martelo cirúrgico.

Boering (1957) recomenda a utilização de elevador dental de haste reta com uma lâmina côncava de 2 a 4 mm de largura. Este instrumento seria principalmente utilizado para remoção de raízes do maxilar superior e em casos isolados, raízes mandibulares.

Kandler (1984) afirma que este é o princípio dos planos inclinados, no qual a cunha é dirigida para baixo, forçando-se o dente para cima, em se tratando de dentes inferiores.

2.5.3 Princípio de roda e eixo aplicado aos elevadores dentais

Archer (1966) postula que embora o princípio de roda e eixo dos elevadores seja um princípio mecânico comumente usado em exodontia, este é mais freqüentemente utilizado em conjugação com o princípio de cunha

Kandler (1984) afirma que o uso de um elevador, pela rotação ao redor do longo eixo da haste, tem sido apresentado na literatura dental como sendo uma verdadeira roda e eixo. Há uma rotação do elevador ao redor do longo eixo da haste,

tal que não haja tendência para o instrumento se mover perpendicularmente ao seu longo eixo.

2.5.4 Vantagem mecânica

Hayward e Costich (1957) afirmam que a força gerada na elevação não deveria ser excessiva, visando preservar as estruturas anatômicas subjacentes. Esta força pode ser minimizada se o elevador for manipulado com o polegar e os dois primeiros dedos somente e com a seleção cuidadosa do fulcro.

Kandler (1982) postula que para manter a agressão tecidual em níveis satisfatórios, é importante que o elevador não tenha uma vantagem mecânica alta.

Kandler (1984) afirma, em seu trabalho, que é importante conhecer o torque gerado por um elevador, principalmente se o instrumento for utilizado em movimento rotacional. O potencial de danos acidentais é aumentado proporcionalmente pela quantidade de torque máximo gerado. Nesta mesma pesquisa, o autor, através do uso de torquímetro calibrado e luz polarizada monocromática, mensurou em diferentes elevadores de procedência inglesa, a quantidade de torque gerada, vantagens mecânicas relativas e os padrões de tensão por eles produzidos. Para que um elevador tenha segurança e eficiência de uso, ele não deve ter valores extremos para tais parâmetros.

Campos e Gregori (2004) afirmam que, no caso específico dos elevadores angulados de Seldin, há uma rotação do elevador ao redor do longo eixo da linha de centro do elevador. Neste caso, a vantagem mecânica expressa desenvolvida será o

quociente da divisão do raio do cabo dividido pelo comprimento da lâmina em relação à linha de centro.

Os mesmos autores em 2004 afirmam que a vantagem mecânica de um elevador depende da forma da ação de seu emprego. Com o princípio de roda modificada e eixo, pode-se expressá-la pelo quociente da dimensão do raio do cabo pela dimensão do comprimento efetivo da lâmina. A dimensão, o formato do cabo e a vantagem mecânica podem ser controlados pelo projeto do elevador. Um modelo que produza tensão extrema indica que o elevador lesa os tecidos subjacentes.

2.6 Simulação mecânica e modelagem física da exodontia avaliação dos parâmetros geométricos do elevador angulado de Seldin

Como o explicitado anteriormente, desde a época em que foram idealizados por Seldin (1927) os elevadores angulados usados em cirurgia odontológica para a avulsão dentária não sofreram modificações estruturais. À exceção do trabalho de Kandler (1984), nenhum outro autor procurou analisar com os recursos de tecnologia atuais da época a eficácia mecânica desses elevadores para realizarem suas funções.

Com esta idéia, os pesquisadores que constituíram o grupo de pesquisa embrião, do atual intitulado – Instrumental Cirúrgico em seus Aspectos de Bioengenharia por volta de 1984, após a aprovação do CNPq; assessoraram-se de elementos de alta qualificação profissional no âmbito da engenharia, visando a uma orientação tecnológica que possibilitasse verificar a eficácia mecânica dos

elevadores angulados de Seldin. Esses mesmos pesquisadores com base no Defence Personnel Support Center (1964) e no Federal Supply Service (1967) e após superarem um sem número de etapas em técnicas de metrologia usuais em ferramentaria mecânica e pouco conhecidas quando aplicáveis à medição de instrumentos cirúrgicos odontológicos estabeleceram o método de mensuração do elevador angulado de Seldin (CAMPOS, 1986; PIRATININGA, 1989; PIRATININGA et al., 2002) que foram de uma contribuição imprescindível na implementação e construção do primeiro Dispositivo de Ensaio de Elevadores e posteriormente na implementação e construção do NDEED.

Nas primeiras reuniões do referido grupo, procurou-se situar quais os fatores interferenciais existentes sobre o resultado do trabalho mecânico no uso dos elevadores, determinando-se o comprimento da lâmina em relação à linha de centro, a largura e espessura da lâmina, os raios interno e externo e os ângulos α e β , como sendo os principais fatores que interferem sobre a força presente na ponta da lâmina, quando se aplica sobre o cabo do elevador uma força padronizada.

Estes valores citados não foram problemáticos de serem obtidos, face aos métodos de metrologia já desenvolvidos, fato que não ocorreu quando procurávamos obter uma resistência padrão à força presente na ponta da lâmina. Por consenso, determinou-se construir modelos de raiz e de alvéolos dentários em resina acrílica, semelhantes aos de um crânio seco; conseguiu-se desta forma produzir um simulacro de modelo para exodontia que, por ser padrão, oferecesse uma resistência mecânica constante à movimentação da lâmina do elevador a ser ensaiada no Dispositivo de Ensaio de Elevadores a ser construído.

Desta forma, Campos, Gregori e Tachibana (1987), visando à melhoria do procedimento cirúrgico exodôntico, e procurando otimizar o instrumento cirúrgico,

que pelo seu uso redunde no ato operatório, relataram a fabricação de um dispositivo mecânico fundamentado nos recursos de engenharia existentes à época para ser utilizado em esforços padronizados tendo como única variável o instrumento cirúrgico. Tal dispositivo, mais propriamente conhecido como Dispositivo de Ensaio de Elevadores (DEE) permitiu determinar as forças exercidas pelas lâminas de elevadores dentais e medir o efeito do momento de torção, quando do uso do elevador angulado de Seldin. Por meio de um sistema de instrumentação conforme o disposto no Anexo B, puderam obter os dados experimentais da força, deslocamento angular da lâmina do instrumento e o deslocamento vertical da raiz. Neste aparelho o torque foi aferido por um anel dinamométrico à base de extensômetros elétricos de resistência variável, posicionado no cabo de aço que tracionava a polia, que por sua vez aplicava o momento ao acabo do instrumento. O deslocamento angular era determinado por meio de um potenciômetro angular instalado no eixo de acionamento principal. Já o deslocamento vertical foi aferido com o auxílio de um transdutor eletromagnético de deslocamento linear conhecido por LVDT. O principal avanço experimental obtido pelo grupo de pesquisa, no qual nos inserimos em 2004, foi a determinação das interferências das principais variáveis dimensionais presentes na forma da lâmina de um elevador angulado de Seldin e que são significativos na geração da força mecânica máxima e consequente vantagem mecânica desenvolvida por este instrumento (CAMPOS et al., 1993). Porém, em 1999 os autores afirmaram que os coeficientes de correlação entre as variáveis dimensionais mais significativas das lâminas (comprimento LC, raio interno P_i , raio externo P_e e o ângulo β) e a variável resposta, -ao trabalho mecânico- não ficaram tão patentes como o determinado em relação à força máxima pois os valores

dos índices de correlação destas análises estatísticas foram numericamente pequenos e não próximas do valor absoluto um.

Naquelas experiências já relatadas, o grupo de pesquisa pôde superar um sem número de etapas anteriormente inexistentes e que possibilitaram através de uma análise crítica acurada aprimorar o primeiro dispositivo de ensaio, levando-nos a construir o Novo Dispositivo de Ensaio de Elevadores Dentais apresentado por Nakamai et al (2006).

Imbuídos da intenção da melhoria de nossos instrumentos cirúrgicos e concordando com Assael (2004) quando afirma que os avanços na instrumentação cirúrgica parecem ilimitados e que cada vez mais as técnicas e a instrumentação em Cirurgia Oral e Maxilo Facial necessitam que os cirurgiões trabalhem sintonizados com os projetistas e fabricantes. Objetivando suprir tal lacuna, e obedecendo a uma rígida sequência experimental apresentamos o Novo Dispositivo de Ensaio de elevadores Dentais e a prévia calibração global dos sensores, que fornecem dados das variáveis físicas envolvidas na instrumentação do NDEED quais sejam o torque, o deslocamento angular e o deslocamento linear, que armazenados e submetidos a análises posteriores, vão permitir determinar o trabalho mecânico desdobrado por um instrumento cirúrgico odontológico tão útil em cirurgia oral como o elevador angulado de Seldin, premissa da linha de pesquisa.

3 PROPOSIÇÃO

Determinação e avaliação das curvas de calibração dos transdutores eletromecânicos (célula de carga, potenciômetro angular e transdutor do deslocamento linear) inerentes ao Novo Dispositivo de Ensaio de Elevadores Dentais.

4 MATERIAIS, APARELHOS, DISPOSITIVOS E MÉTODOS

4.1 Materiais

4.1.1 Módulos construtivos do NDEED (figura 4.1):

- a) Porta ferramentas*
- b) Conjunto do motor redutor;*
- c) Conjunto de pinças;*
- d) Sistema de massas contrabalanceantes*
- e) Porta-modelos*
- f) Guias de posicionamento longitudinal e transversal do porta-modelos*
- g) Braço de apoio do transdutor linear vertical.*

4.1.2 Demais materiais

- a) Cabos de sinal
- b) Lapiseira Pentel P205 0,5 mm
- c) Massas aferidas
- d) Papel sulfite a4
- e) Aparelho de ar-condicionado

Figura 4.1- Desenho construtivo do NDEED

4.2 Aparelhos

- a) Multímetro digital DMM 830 (Equipamentos científicos do Brasil, Brasil);
- b) Motor redutor P25 460 (Crouzet Automatismes, França);
- c) Potenciômetro angular de uma volta de precisão Green Pot CPP – 45 – Série número 99176, resistência 10k (Midori, Japão);
- d) Célula de carga A-10 (Alfa Instrumentos Eletrônicos, Brasil);
- e) Paquímetro quadridimensional Série 530-114 (Mitutoyo);
- f) Transferidor 360° (Desetec, Brasil);
- g) Transdutor linear vertical – Linear Variable Dimensional Transducer – LVDT – modelo 24DCDT-050 (Hewlett Packard, Estados Unidos).

4.3 Dispositivos

- a) Fonte estabilizadora FCC 3002D (Dawer, Brasil);
- b) Novo Dispositivo de Ensaio de Elevadores Dentais

Construído na indústria “REGMED”, sendo seu projeto original elaborado por engenheiros mecânicos, especialistas em instrumentação e cirurgiões-dentistas com recursos do CNPq, processos de número 405501/86-2/PQ/FV e 522369/95-2 (NV)

4.4 Métodos

4.4.1 Novo Dispositivo de Ensaio de Elevadores Dentais

4.4.1.1 *funções dos componentes*

A função principal do NDEED é simular as exodontias de maneira controlada por meio da utilização de elevadores dentais.

As funções dos componentes do NDEED são as seguintes (figuras 4.2 e 4.3):

- Base Principal (1): fixa todo o aparato do NDEED, nela estão fixadas as guias (28 e 27) dos movimentos longitudinal da base do porta-ferramentas (2), transversal da base do porta-modelo (29) e suporte do fuso do carro inferior (31);

- Porca de acionamento do fuso (34) e fuso (33): deslocam o carro de forma que o posicionamento longitudinal deste coincida com a ponta do elevador a ser testado;

Visando à padronização, no NDEED todos os movimentos têm guias adequadas tornando facilmente reproduzível uma determinada condição de posicionamento.

- Base do porta ferramentas (2) e placa superior (4): estabilizam dimensionalmente o porta ferramentas;

- Conjunto do motor redutor (26)- composto por porca de fixação de rolamento (12), rolamentos rígidos de esferas (13) e (22) para reduzir os atritos de

funcionamento do motor e da correia dentada, suporte da célula de carga (41) e acoplamento da célula de carga (42) que têm a função de afixar a célula de carga (43). Além disso, neste conjunto, estão presentes a flange anterior (7), acoplamento inferior (23), dois rolamentos rígidos de esferas (25), o motor redutor (26), suporte do cabo (44), flange posterior (8), acoplamento posterior (24), e porca de fixação do rolamento (12) .

Figura 4.2- Aspecto físico do Novo Dispositivo de Ensaio de Elevadores Dentais

O motor redutor é parte importantíssima do NDEED pois retirou por completo o fator da dependência do operador dos ensaios realizados, mantendo constante a velocidade de rotação, tornando os experimentos padronizados.

-Corpo do porta-ferramenta (3) – suporta o conjunto da pinça que é composto por eixo do porta pinça (9), porca de fixação da pinça (10) e pinça (11), o conjunto do motor redutor (26) e o sistema de transmissão por polias (18 e 19) cujas funções são transmitir e receber a força provinda da correia dentada (20). Para diminuir o atrito entre o corpo do porta-ferramenta e as colunas (5), utilizam-se mancais lineares (6). Um sistema de massas contrabalanceantes (52) permite controlar e padronizar a força de penetração exercida pelo peso do corpo do porta-ferramenta e dos sistemas a ele agregados;

Figura 4.3- Aspecto físico do Novo Dispositivo de Ensaio de Elevadores e seus componentes principais

do cabo que retém a haste para que este pudesse ser afixado à pinça do NDEED.

4.4.2 Método de calibração mecânica do Novo Dispositivo de Ensaio de Elevadores Dentais

A calibração do NDEED foi realizada no Laboratório de Engenharia Naval e Oceânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, com o propósito de garantir medidas confiáveis das variáveis físicas envolvidas na metodologia a ser empregada, nos ensaios experimentais futuros com o elevador. Estas variáveis serão o torque, o deslocamento angular da lâmina do elevador e o deslocamento linear vertical.

Tal procedimento consistiu na aplicação de solicitações conhecidas e controladas das variáveis escolhidas, de maneira a reproduzir a situação de funcionamento do NDEED, correlacionando-se, então, estas com os valores medidos pelo sistema. Utilizando-se a estatística associada, foi possível conhecer as as resposta do dispositivo durante os ensaios, pela interpretação dos valores fornecidos pelo sistema de medida.

O sistema de calibração utilizado consistiu em sensores eletromecânicos adequadamente instalados e parte integrantes do NDEED e um multímetro digital. Os sensores convertem a variável física em sinais elétricos, que são em seguida amplificados e condicionados, sendo depois convertidos em sinais digitais e transformados nas unidades de medida convenientes. Resumidamente, as variações de uma quantidade mecânica são transformadas em valores digitais, representadas por números de unidades de medidas previamente selecionadas.

O multímetro digital é um instrumento eletrônico de medição que combina diversas funções em um aparelho. Neste, o sinal a ser convertido é transformado em uma voltagem, amplificado, recondicionado e exibido em um painel digital de cristal líquido, possibilitando a medição de Resistência (Ω), Corrente (A) e Tensão (V). Nesta calibração a função deste dispositivo foi propiciar a obtenção estática de dados. Para tanto, fios elétricos eram conectados entre os sensores e o multímetro.

4.4.2.1 torque

Para a calibração do torque, a célula de carga foi ligada a uma fonte que fornecia a energia e a um amplificador de sinais, cuja função era amplificar os sinais recebidos pelo referido sensor presente junto ao motor redutor do NDEE e em seguida enviá-los ao multímetro digital, que os transformou em uma quantificação numérica que era demonstrada em volts na tela deste.

Terminada a conexão do multímetro ao amplificador e deste à célula de carga, procedeu-se aos passos seguintes. Duas hastes cilíndricas cujas geometrias de ensaio eram de 0,106 m e 0,1013 m foram conectadas em ângulo de noventa graus e postadas no plano horizontal. A haste menor foi conectada diretamente à castanha da pinça do Novo Dispositivo de Ensaio de Elevadores Dentais.

Em seguida a haste livre foi movimentada para se verificar se o multímetro digital demonstrava as variações, ou seja, se estava corretamente conectado ao referido transdutor.

No passo seguinte, submeteu-se a haste livre a diversos corpos de massas conhecidas e aumentadas progressivamente. Para cada massa conhecida foi obtida uma leitura numérica de valor exibido no painel do multímetro digital (figuras 4.4 e 4.5).

Sabendo-se que o torque é igual ao comprimento do braço multiplicado pela força e que esta, no caso, era o peso que é igual à massa multiplicada pela gravidade, procedeu-se ao processo de calibração em si.

Esta consistiu na submissão da haste transversal a massas de 0, 0,2, 0,4, 0,6, 0,8, 1, 1,2, 1,4, 1,6, 1,8 e 2,0 quilogramas, nesta sequência. Para cada uma dessas massas, obteve-se a leitura, no multímetro digital, que foi armazenada para posterior análise estatística. Essas calibrações, foram realizadas tanto no sentido horário, quanto no anti-horário, tendo-se como referência a parte frontal do NDEE. Realizou-se a calibração em ambos os sentidos, para avaliação da interferência do atrito.

VISÃO SUPERIOR

VISÃO FRONTAL

Figura 4.4- Diagrama de blocos da calibração da célula de carga

Figura 4.5. Submissão da célula de carga à solicitação conhecida

4.4.2.2 Deslocamento angular

Para a calibração do potenciômetro angular, que mede o deslocamento angular, este foi ligado a uma fonte que fornecia a energia para que pudesse funcionar de forma correta e ao amplificador de sinais que por sua vez, era ligado ao multímetro digital, através do qual pôde-se obter uma leitura numérica em volts.

Utilizando-se o mesmo conjunto de hastes fixadas em noventa graus, afixou-se um transferidor à base principal do NDEE, de forma que ficasse perpendicular ao plano horizontal e que seu centro estivesse perfeitamente alinhado ao centro da haste fixa ao sistema de pinças. Posicionou-se uma lâmina na haste transversal.

Realizou-se a movimentação aleatória da haste livre para aferir se a aparelhagem estava corretamente ligada ao potenciômetro angular.

A seguir, com o acionamento do NDEE, movimentou-se a haste 180° tanto no sentido horário quanto no anti-horário. A cada 10° de deslocamento, anotava-se a leitura, obtendo-se portanto, 19 leituras, contado-se com o zero (figura 4.6).

Figura 4.6. Calibração do sensor de deslocamento angular do NDEED

Cada valor mostrado na tela de cristal líquido do multímetro digital foi registrado em contrapartida com o valor correspondente em graus à cada localização da haste livre.

4.4.2.3 deslocamento vertical

Para a calibração do transdutor de deslocamento linear vertical, conectamos este sensor a uma fonte de alimentação. Este, por sua vez foi conectado ao multímetro digital.

Figura 4.7. Desenho esquemático da calibração do LVDT

Em seguida, posicionou-se a plataforma de acrílico, aposta ao apalpador do núcleo do LVDT, de forma que ficasse estática sobre a mesa do porta modelos. Esta posição foi considerada o ponto inicial ou posição zero (figura 4.8). Registrou-se a grandeza numérica em volts no multímetro que correspondia a tal ponto.

Figura 4.8. Posição inicial ou posição zero do apalpador do LVDT

Depois com auxílio de paquímetro, o corpo do LVDT foi movimentado mantendo-se constante o apoio da plataforma sobre a mesa. Para a realização de tal movimento, afrouxava-se a abraçadeira que fixava o corpo do LVDT às hastes e em seguida realizava-se movimento vertical. A abraçadeira era novamente apertada e a nova posição, aferida com a utilização do paquímetro. As variações de posição obtidas por intermédio deste instrumento eram anotadas e em seguida comparadas às leituras do multímetro digital. Para cada variação em milímetros, foi obtida uma leitura em volts.

Figura 4.9. Mensuração, com o auxílio de paquímetro, da movimentação imposta ao corpo do LVDT após sua conveniente fixação à abraçadeira da haste do LVDT

4.4.2.4 Aspectos da calibração dos transdutores

A calibração consistiu na aplicação de solicitações conhecidas e controladas das variáveis escolhidas, de maneira a reproduzir a situação de funcionamento do NDEED, correlacionando-se, então, estas com os valores medidos pelo sistema. Utilizando-se a estatística associada, foi possível conhecer as repostas do referido dispositivo durante os ensaios, pela interpretação dos valores fornecidos pelo sistema de medida. Partindo-se desta resposta, é possível se conhecer as solicitações impostas durante a exodontia.

As equações obtidas das correlações entre as determinações efetuadas resultaram nas constantes de calibração, que converteram variações das solicitações em medidas elétricas. Estas equações foram inseridas no sistema de medida possibilitando que fossem conhecidos valores das solicitações simultaneamente com a ocorrência dos fenômenos.

Para garantir a confiabilidade da calibração, os experimentos seguiram critérios básicos, abrangendo a verificação do maior número de variáveis possíveis, ou sejam, curva de calibração, isenção de vibrações e ausência de desvios de temperatura, que foi mantida em 27 graus Celsius, regulados por um aparelho de ar condicionado.

4.4.3 Tratamento estatístico linear dos resultados

Os parâmetros a serem avaliados estatisticamente foram:

- Torque;
- Deslocamento angular;

- Deslocamento vertical (LVDT).

Para cada parâmetro em análise, foi calculado o índice de correlação linear de Pearson. Este índice mede o grau de associação entre duas variáveis. Ele varia de -1 até 1, sendo que os valores próximos de zero indicam nenhuma associação linear e os valores próximos aos extremos (-1 e 1) indicam grande associação linear entre as variáveis.

Para se chegar à equação que a partir da leitura encontrássemos os coeficientes, foi realizada Análise de regressão linear simples.

Para se avaliar a adequação das curvas de calibração do NDEED, foram realizados os Intervalos de Confiança para novas predições e verificados os índices de ajuste R^2 , para cada uma das variáveis em análise.

Com o objetivo de se avaliar a qualidade do ajuste entre as variáveis, foi utilizado o quociente de explicação da regressão (R^2). Este valor varia de 0% a 100% e quanto maior, melhor é a correlação entre as variáveis, assim como também é o índice de correlação.

Como medida de dispersão foi utilizado o desvio-padrão. Este é a raiz quadrada da variância que indica o quão longe os valores de uma variável estão do valor esperado.

5 RESULTADOS

A maneira pela qual se podem avaliar os desvios dos transdutores é através de calibrações periódicas, que devem seguir um critério básico e abranger a verificação dos parâmetros desejados, ou sejam, curvas de calibração.

Para tanto foi realizada análise estatística visando a avaliar a calibração do Novo Dispositivo de Ensaio de Elevadores Dentais em relação a três parâmetros:

- Torque;
- Deslocamento angular (Potenciômetro angular);
- Deslocamento Vertical (LVDT).

Esta análise foi realizada para avaliar a resposta do multímetro que dava a leitura em Volts quando o NDEED foi submetido a determinadas solicitações, para que as curvas de calibrações fossem feitas.

5.1 Torque

Analisando-se este parâmetro, pode-se observar na tabela 5.1 e no gráfico 5.1, os valores obtidos da leitura do multímetro quando a célula de carga do NDEED foi submetida a diversas solicitações.

Para a verificação de como o torque relaciona-se com a leitura em Volts, realizou-se a Análise de regressão linear simples obtendo-se os valores das tabelas

5.2 e 5.3, indicando que a correlação entre as duas medidas é significativa e a equação que as relaciona é:

$$\text{Torque} = - 0,026319 + 5,04578 \cdot \text{Leitura}$$

Tabela 5.1 – Valores de Torque, em N.m e da leitura, em Volts

Torque (N.m)	Leitura (Volts)
0,104	0,021
0,207	0,041
0,208	0,043
0,312	0,062
0,415	0,083
0,48	0,095
0,52	0,115
0,622	0,125
0,624	0,14
0,726	0,162
0,829	0,167
0,832	0,183
0,96	0,191
1,037	0,21
1,244	0,253
1,44	0,288
1,451	0,294
1,659	0,338
1,866	0,381
2,073	0,422
2,4	0,478
2,88	0,574
3,36	0,667
3,84	0,761

Gráfico 5.1 – Gráfico de dispersão entre torque, em N.m e leitura, em volts

Tabela 5.2 – Análise de regressão para o torque

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrados médios	Estatística F	Nível descritivo
Regressão	1	253657	25,657	27343,9	0
Resíduo	23	0,022	0,0001		
Total	24	25,679			

Tabela 5.3 – Coeficientes para o torque

Fator	Coeficiente	Desvio Padrão	Estatística t	Nível Descritivo
Constante	-0,026319	0,009636	-2,73	0,012
Leitura	5,04578	0,03051	165,36	

Para exemplificar a acurácia dos resultados, realizou-se o gráfico 5.4 com limites para a predição de resultados. Neste, são apresentados os Intervalos de Confiança para novas predições. Nele, os limites estão bem próximos dos valores obtidos, com o intervalo bem pequeno, indicando grande precisão entre a relação das duas medidas.

Tomando-se aleatoriamente a leitura de 0,2 inserido na equação, tem-se:

$$IC_{95\%} = (0,918; 1,048)$$

Ou seja, com 95% de chances, o verdadeiro valor estará entre 0,918 e 1,048, indicando um erro máximo de $\pm 0,65$.

Gráfico 5.2 – Intervalos de confiança para predição dos torques, em N.m e a respectiva leitura, em Volts

5.2 Deslocamento angular

Para cada valor de deslocamento angular em graus obteve-se uma determinada leitura em Volts (tabela 5.4).

Pelo gráfico 5.3, pode-se observar que existe uma grande correlação entre a leitura e os deslocamentos angulares, de onde temos que a relação entre a leitura e a variável deslocamento angular estão bem correlacionadas, indicando que o NDEED consegue medir bem o deslocamento angular.

Tabela 5.4 - Valores do deslocamento angular, em graus e das correspondente leitura, em volts, com as médias destas

Deslocamento Angular (Graus)	Leitura 1 (Volts)	Leitura 2 (Volts)	Média das leituras (Volts)
0	3,47	3,469	3,470
10	3,114	3,107	3,111
20	2,767	2,749	2,758
30	2,428	2,397	2,413
40	2,052	2,035	2,044
50	1,69	1,691	1,691
60	1,303	1,307	1,305
70	0,975	0,97	0,973
80	0,623	0,595	0,609
90	0,276	0,252	0,264
100	-0,096	-0,091	-0,094
110	-0,472	-0,457	-0,465
120	-0,798	-0,779	-0,789
130	-1,126	-1,15	-1,138
140	-1,55	-1,507	-1,529
150	-1,803	-1,848	-1,826
160	-2,191	-2,21	-2,201
170	-2,591	-2,561	-2,576
180	-2,95	-2,945	-2,948

O índice de correlação linear de Pearson para a potência angular foi de - 0,99995, indicando uma alta relação entre as duas medidas.

Pela análise de regressão linear simmples, obteve-se que a correlação entre as duas medidas é significativa e a equação que as relaciona é a seguinte (tabelas 5.5 e 5.6):

$$\text{Potência Angular} = 97,5173 - 28,1575 \cdot \text{Leitura}$$

Gráfico 5.3 – Gráfico de dispersão entre deslocamento angular, em graus e a leitura, em Volts

Tabela 5.5 - Análise de regressão para deslocamento angular

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrados médios	Estatística F	Nível descritivo
Regressão	1	113989	113989	372195,44	0,000
Resíduo	36	11	0		
Total	37	114000			

Tabela 5.6 - Coeficientes para deslocamento angular

Fator	Coeficiente	Desvio Padrão	Estatística t	Nível descritivo
Constante	97,5173	0,0906	1076,16	0,000
Leitura	-28,1575	0,0462	-610,08	0,000

Os Intervalos de Confiança para novas predições são demonstrados no gráfico 5.4, no qual a reta azul é o valor obtido pelas equações e as linhas vermelhas são os limites do intervalo.

Os limites estão muito próximos dos valores obtidos, indicando a grande precisão entre a relação das duas medidas.

Tomando-se como exemplo a leitura igual 1, pela equação do deslocamento angular, tem-se que esta seria de 69,36. Consequentemente o IC para esta leitura seria de:

$$IC_{95\%} = (67,96; 70,76)$$

Ou seja, com 95% de chances, o verdadeiro valor estaria entre 67,96 e 70,76, indicando um erro máximo de $\pm 1,4$.

Gráfico 5.4 – Intervalos de confiança para predição do deslocamento angular, em graus e a correspondente medida, em Volts

5.3 Deslocamento vertical

Com relação ao deslocamento linear vertical do corpo do LVDT e o seu respectivo registro em Volts, conforme metodologia anteriormente descrita, observa-se na tabela 5.7 e no gráfico 5.5, os valores obtidos pelo NDEED quando submetidos a diversos níveis de deslocamento vertical. Por eles, observa-se que

existe uma grande correlação entre esta variável e a leitura, da qual se infere que a leitura e o real deslocamento vertical estão bem correlacionados. Isto indica a precisão do aparato em aferir o deslocamento linear vertical.

Tabela 5.7 – Valores de deslocamento vertical, em mm e a leitura, em Volts

LVDT	Leitura
(mm)	(Volts)
80,4	4,71
78,2	4,31
76,4	3,86
74,1	3,14
69,8	1,975
65,5	0,724
60	-0,754
57,4	-1,495
54	-2,462
50,8	-3,338
48,5	-4
44,8	-4,8

5.5 – Gráfico de dispersão entre o deslocamento vertical, em mm e a leitura em Volts

A análise de regressão linear simples resultou nos valores demonstrados nas tabelas 5.8 e 5.9, das quais obtém-se que a correlação entre as duas medidas é significativa e a equação que as correlaciona é a seguinte:

$$LVDT = 62,7589 + 3,63288 \cdot \text{Leitura}$$

Tabela 5.8 - Análise de regressão para deslocamento vertical

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrados médios	Estatística F	Nível descritivo
Regressão	1	1698,6	18416,24	18416,24	0,000
Resíduo	10	0,9	0,1		
Total	11	16995			

Tabela 5.9 - Coeficientes para deslocamento vertical

Fator	Coeficiente	Desvio Padrão	Estatística t	Nível descritivo
Constante	62,7589	0,0878	715,05	0,000
Leitura	3,63288	0,02677	135,71	0,000

Para exemplificar a fidelidade dos resultados, realizou-se o gráfico 5.6 com limites para a predição de resultados. Neste, são apresentados os Intervalos de Confiança para novas predições. Nele, os limites estão bem próximos dos valores obtidos, com o intervalo bem pequeno, indicando grande precisão entre a relação das duas medidas.

Tomando-se aleatoriamente a leitura igual a zero, tem-se:

$$IC_{95\%} = (62,05; 63,46)$$

Tal fato indica que com 95% de chances, o verdadeiro valor estará entre 62,05 e 63,46 significando um erro máximo de $\pm 0,71$.

Gráfico 5.6 – Intervalos de confiança para predição do deslocamento linear vertical, em mm e a correspondente leitura, em Volts

A tabela 5.10 resume o tratamento estatístico dos resultados, evidenciando, para o torque, o deslocamento angular e o deslocamento linear vertical, as respectivas equações de correlações, os coeficientes de explicação de regressão, as correlações e os desvios-padrão.

Tabela 5.10 – Resumo dos resultados das regressões

Medida	Equação	R ²	Correlação	S (desvio padrão)
Deslocamento Angular	$97,5173 - 28,1575 \times \text{Leitura}$	99,994	-0,99997	0,4648
Torque	$-0,026319 + 5,04578 \times \text{Leitura}$	99,916	0,99958	0,0306
Deslocamento Vertical	$62,7589 + 3,63288 \times \text{Leitura}$	99,946	0,99973	0,3037

6 DISCUSSÃO

Os ensaios realizados em simulação mecânica e modelagem física da exodontia para avaliação e posterior otimização dos parâmetros geométricos construtivos do elevador angulado de Seldin representam provavelmente a forma mais direta e precisa de se avaliar quantitativamente o comportamento de um instrumento cirúrgico em seu desempenho funcional. Desta forma estamos procurando, como já o afirmamos anteriormente, aprimorarmos o procedimento cirúrgico otimizando o instrumental e com isso melhorando a técnica cirúrgica.

Para o cirurgião além do prévio deleite de poder primeiro visualizar e depois empunhar e aplicar com prontidão e segurança o instrumento cirúrgico, a importância do design (formato do instrumento) na performance do procedimento cirúrgico faz a diferença melhorando a instrumentação cirúrgica.

Se para Assael (2004) a instrumentação cirúrgica é um reflexo de nossa experiência cirúrgica coletiva e considerando-se, ainda, que em nossos dias os modernos kits ortognáticos, a revolução da instrumentação na cirurgia de implantes, cirurgias minimamente invasivas, técnicas e instrumentação de cirurgia buco dento alveolar e maxilo facial, distração osteogênica, dentre outras, são exemplos cardeais do aumento da parceria entre cirurgiões e projetistas e representam atualmente uma realização incontestada da ergonomia cirúrgica, este NDED, um verdadeiro “torquímetro calibrado”, também não representa uma valiosa contribuição?

Certamente, uma vez que consegue simular a mão do cirurgião atuando pelo efeito de cunha e roda numa figuração mecânica precisa para a realização da avulsão do simulacro de raiz dental aposto e fixado convenientemente em um modelo suporte, que será utilizado pelo grupo de pesquisa em ensaios subseqüentes a este trabalho, fornecendo, desta forma, o torque, o deslocamento angular (inclinação da lâmina do elevador) e o deslocamento linear vertical, os quais permitirão ,num futuro vindouro, dentro de uma rígida seqüência experimental, determinar o trabalho mecânico realizado por este instrumento cirúrgico tão imprescindível no âmbito da cirurgia buco-dento-alveolar.

Concordes com essa linha de raciocínio que vê os avanços surgirem daqueles que dominam os fundamentos e têm a visão para identificar os procedimentos clínicos, que se resolvem com instrumentos certos, adequados e ergonômicos, o grupo de pesquisa - **instrumental cirúrgico em seus aspectos de bioengenharia** - fundamentado em técnicas de metrologia de instrumental (CAMPOS, 1996; PIRATININGA, 1989; PIRATININGA et al., 2002) e após superarmos um sem número de etapas anteriormente inexistentes em nosso meio estabeleceu após inúmeras reuniões polêmicas, quer baseados em um consenso de profissionais de alta qualificação no campo da engenharia, quer visando um assessoramento tecnológico que possibilitasse verificar a eficácia mecânica dos elevadores angulares de Seldin, construir o primeiro dispositivo de ensaio de elevadores. Este primeiro dispositivo que foi construído com muitas dificuldades eis que, cirurgiões-dentistas e engenheiros mecânicos atuavam em uma integração para ambos totalmente inédita propiciou obter, como achados experimentais, dados relativos à análise crítica das variáveis da lâmina triangular (CAMPOS, GREGORI E TACHIBANA, 1987; CAMPOS et al., 1999), que por mais paradoxal que possa

parecer, desde a sua concepção por Seldin (1927), à exceção dos trabalhos de Kandler (1984) e Campos, Gregori e Tachibana (1987) e Campos et al. (1993, 1999), não tiveram a sua eficácia mecânica ajuizada por outros pesquisadores com os recursos de tecnologia disponíveis à época. Os seguintes avanços experimentais obtidos foram:

- Comprimento efetivo da lâmina: quanto menor este comprimento maior vantagem mecânica e maior o trauma cirúrgico desencadeado;
- Ângulo da lâmina triangular (ângulo β) em relação a linha de centro do elevador, que é o responsável pelo balanceio do instrumento;
- Raio externo da lâmina, que deve ter perfil de envolvente de círculo para garantir um rolamento puro (inexistência de atrito, sobre a crista óssea alveolar e/ou sobre o dente) com o objetivo de desenvolver a mínima força e menor trabalho mecânico;
- Raio interno da lâmina que facilita o contato com a raiz no momento da extração.

Diante desses avanços experimentais alcançados e imbuídos de análise crítica rigorosa, buscamos conseguir um perfeito “torquímetro calibrado” que conseguisse superar as dificuldades apresentadas pelo primeiro dispositivo de Ensaio de Elevadores, quais sejam:

- A ausência de um sistema adequado de acionamento, que no primeiro dispositivo de ensaio de elevadores era manual;
- A ausência de mecanismo preciso de controle da força de penetração da lâmina do elevador;

- A ausência de guias adequadas para os movimentos de posicionamento longitudinal do porta ferramenta (elevador) transversal e rotacional do porta modelo;
- Necessidade de movimentação de aproximação e movimentação longitudinal do porta ferramenta ser mais rápido.

No sentido de buscar uma padronização que respeite os princípios biomecânicos e se levando em consideração os questionamentos críticos a respeito da metodologia empregada no primeiro DEE, foi construído o NDEED e implementada a metodologia de calibração.

A metodologia de calibração envolvendo a análise das variáveis torque, deslocamento angular e deslocamento vertical demonstraram adequação para o atingimento dos objetivos principais como pode se verificar pelas avaliações estatísticas.

Para cada uma das três variáveis foi observado que a correlação entre as leituras do multímetro digital e os valores do torque, do deslocamento angular e do deslocamento linear vertical foram extremamente satisfatórios, indicando uma ótima relação entre a leitura e a medida. Com isto tem-se que o resultado obtido com o NDEED é uma boa maneira de se medir as variáveis em análise, como demonstra em resumo a tabela 5.10

Além disto, observou-se também que os intervalos de predição foram bem pequenos, reforçando a idéia de que o NDEED mede com precisão o resultado das medidas em análise.

Como conclusão global tem-se que para as três medidas o ajuste da equação foi muito bom, com R^2 acima de 99,9%. Com isto infere-se que a leitura feita no multímetro digital se relaciona muito bem com os valores das medidas ao longo de toda a faixa de variação destas.

Na coluna dos desvios-padrão, observa-se os valores obtidos que representam a variação dos dados, ou seja, a variação dos pontos que não estão perfeitamente alinhados sobre a linha da reta de regressão. Quanto menor estes desvios, melhor será o ajuste do modelo. Pode-se chamá-lo de “erro da medição”. De modo global, como uma aproximação, pode-se esperar que o erro na medição esteja entre ± 2 desvios padrão com uma chance de 95%, em outras palavras, com 95% de certeza o verdadeiro valor estará entre o valor observado no aparelho ± 2 desvios padrão. Por exemplo:

Imaginando-se que para o Deslocamento Angular, obteve-se uma leitura de 0, isto nos dará uma potência medida de 97,5173, mas o verdadeiro valor do Deslocamento Angular estará, com 95% de certeza entre 97,5173 $\pm$ 0,9296 (aproximadamente), que equivale a estar entre 96,59 e 98,45.

A partir deste valor pode-se considerar se o erro da medição do NDEED é na prática muito ou pouco, bastando comparar as medidas usualmente obtidas com o erro do dispositivo.

Estes aspectos dão suporte a nossa conclusão quando se analisa os resultados das tabelas e gráficos constantes no capítulo anterior.

7 CONCLUSÕES

Como em um dispositivo de aferição, foi necessária a calibração do Novo Dispositivo de Ensaio de Elevadores Dentais.

Este procedimento demonstrou que, para o torque, o índice de correlação linear de Pearson foi de -0,99958 e o erro máximo, de $\pm 0,065$.

Para o deslocamento angular, foi observado um índice de correlação linear de Pearson de -0,99995 e erro de no máximo $\pm 1,4$, levando-se em conta os Intervalos de Confiança (IC_{95%}).

Em relação ao deslocamento vertical aferido pelo transdutor de deslocamento linear vertical (LVDT), o índice de Pearson foi de 0,99973 e o erro máximo demonstrado pelo IC de 95%, de $\pm 0,71$.

Com base nestes resultados, pode-se afirmar que:

A correlação entre as variáveis mecânicas do NDEED (torque, deslocamento angular e deslocamento vertical) e os valores das medidas elétricas foram extremamente satisfatórios, indicando uma excelente relação entre as variáveis citadas e as respectivas medidas. Assim, tem-se que o resultado do Novo Dispositivo de Ensaio de Elevadores Dentais é uma representação adequada das variáveis em análise.

Os Intervalos de Confiança para novas predições foram pequenos, reforçando a idéia de que o NDEED reproduz com adequação as variáveis medidas.

REFERÊNCIAS²

Archer WH. Oral Surgery. 4^a ed. Philadelphia: Saunders; 1966. p. 74-83.

Archer WH. Oral and maxillofacial Surgery. 5 ed. Philadelphia: Saunders; 1975

Asgis AJ. The elevation method in the removal of teeth and roots. Dent Outl. 1935 Sep;22(9):382-91.

Assael LA. The effect of design on performance in surgical practice: improving instrumentation. J Oral Maxillofac Surg. 2004 Apr;62(4):397-8.

Atkinson HF. Some early dental extraction instruments including the pelican, bird or axe? Aust Dent J. 2002 Jun;47(2):90-3.

Augot B. Contribution a l'etude de l'evolution des anciens instruments a extractions dentaires [Thèse pour le Doctorat d'Etat en Chirurgie Dentaire]. Toulouse: Université Paul-Sabatier; 1974.

Ausubel H. Some mechanical considerations in the practice of exodontia, with particular reference to the use of elevators. Dent Cosmos. 1922 Jan;64(1):8-15.

Balogh H, Inovay J. Wirkungsmechanismus und klassifizierung der zahnärztlichen wurzelheber. Dtsch Stomat. 1962 Oct;12(10):759-68.

Bierenbaum S. Historique des divers instruments utilisés en chirurgie buccale et en particulier pour les extractions dentaires [Thèse pour le Diplôme d'État de Docteur en Chirurgie Dentaire]. Paris: Faculté de Chirurgie Dentaire, Université René Descartes; 1973.

² De acordo com o estilo Vancouver. Abreviatura de periódicos segundo base de dados MEDLINE.

Bobbio A. Ambroise Paré (1510-1590), fundador da cirurgia operatória e a odontologia. *Ars Cvrandi Odont.* 1983 jan/mar;9(1):5-13.

Boering G. De toepassing van elevatoren bij tandextracties. *T Tandheelk.* 1957 Nov; 64(11):715-29.

Bremner MDK. The story of dentistry from the dawn of civilization to the present. Brooklyn: Dental Items of Interest Publishing Co; 1939.

Campbell JM. Forceps, pelicans and elevators. *Dent Mag* 1963 Mar;80(1):22-9.

Campos AC, Gregori C. Exodontia de dentes irrompidos. In: Gregori C, Campos AC. *Cirurgia buco-dento-alveolar*. 2nd ed. São Paulo: Sarvier; 2004. p. 112-39.

Campos AC, Gregori C, Tachibana TI. Mensuração das variações da força mecânica desenvolvida na ponta da lâmina de elevadores de Seldin angulados, portadores de dimensões-procedências diferentes. *Rev Odontol USP*. 1987 apr/jun;1(2):53-70.

Campos AC, Gregori C, Tachibana TI, Campos TN. Elevadores angulados de Seldin. Avaliação analítica dos fatores interferenciais presentes na forma e dimensões das suas lâminas, sobre a força final desenvolvida. *RBE* 1993;9(1):5-24

Campos AC, Alcino J, Campos TN, Gregori C, Tachibana TI. Trabalho mecânico desenvolvido por um instrumento cirúrgico odontológico: elevador angulado de Seldin. *RPG* 1999 out/dez;6(4):346-53.

Cecconi LJ. Notes e mémoires pour servir à l'histoire de l'art dentaire em France. *L'Exp Scient Franç* 1959.

Colyer F. Some old types of instruments used for extracting teeth. *Dent Sci J Aust.* 1927 May;7(5):194-202.

Defence personnel support center. Engineering document card number 20698. Philadelphia; 1964.

Fauchard P. *Le chirurgien dentiste ou traité des dents*. 12^a ed. Paris: Pierre Jean Mariette; 1746.

Federal Supply Services. Federal specifications GG-E-1161. Philadelphia: General Services Administration; 1967.

Findlay IH. The classification of dental elevators. *Br Dent J* 1960 Sep;109(6):219-23.

Franchette M. Théorie des élévateurs employés en art dentaire. *Rev Odontol* 1904 Sep;25(9):390-9.

Gay CG. Elevateur pour extractions de dents de sagesse superieures [These pour le Diplome d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire]. Clermont: Universite de Clermont; 1975.

Guzman PB. A study of the interior faces and other characteristics of forceps and root elevators from the 17th, 18th and 19th centuries. *Bull Hist Dent* 1985 Oct;33(2):90-6

Hamon J. Elévateur-faucille. *Rev Franç Odontostomat*. 1956 Apr;3(4):438-45.

Hayward JR, Costich ER. The use of elevators. *PDM* 1957 Mar; p. 3-27.

Herschfeld JJ. Dentistry in the writings of Albucasis during the Golden Age of Arabian medicine. *Bull Hist Dent* 1987 Oct;35(2):110-4.

Kandler HJ. The design and construction of dental elevators. *J Dent*. 1982 Dec; 10(4):317-22.

Kandler HJ. A practical guide to dental elevators. *Dent Update* 1984 Sep;11(8):501-12.

Landon A. L'évolution des instruments d'extraction. *Rev Hist Art Dent* 1984 Sep;13: 36-41.

Lecluse. Nouveaux éléments d'odontologie. Paris: Deleuatte; 1754. p. 142-3.

Li Y, Zhang B, Christen AG. The historical development of dentistry in China. *Bull Hist Dent* 1987 Apr;35(1):21-8.

Marzola C. Técnica exodôntica 3rd ed. São Paulo: Pancast: 2000; 325 p.

Nakamai LF, Campos AC, Campos TN, Martins JAA, Tachibana TI. Apresentação do novo dispositivo de ensaio de elevadores dentais. Braz Oral Res. 2006 Sep;20 Supplement: 151

Nioncel PH. Elevateur pour extractions de dents de sagesse inferieures [These pour le Diplome de Docteur em Chirurgie Dentaire]. Clermont: Universite de Clermont; 1975.

Nordenram A. The elevator-properly used as a valuable instrument. Sven Tandlak Tidskr 1966 Aug 15;59(8):457-61.

Nux ML. Les éleveurs. Rev Odontol. 1891;7:255-9.

Paiva-Boleo J. História das extrações dentárias desde a antiguidade até à cirurgia moderna da boca. Rev Port Estomat Cirurg Max Fac. 1974 Jan; 15(12): 129-82.

Piratininga JL. Mensuração comparativa das lâminas dos elevadores angulados de tipo seldin, de quatro marcas nacionais, com os valores correspondentes dessas medidas, segundo o padrão federal norte-americano [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 1989

Piratininga JL, Campos AC, Campos TN, Matson E. Mensuração das lâminas dos elevadores angulados de Seldin – marcas nacionais comparadas ao padrão norte-americano. RPG 2002;9(4):358-63.

Seldin HM. Cardinal principles in the removal of teeth. Dent Cosmos. 1927 May;69(1):486-90

Stacy GC. Dental elevators: principles for safe usage. Sidney:University Press:1968.

Terrier JP. Contribution à l'étude de l'evolution des techniques d'extractions dentaires en Europe du Moyen-Age à l'époque Moderne [These por le Diplome de Docteur em Chirurgie Dentaire]. Nancy; 1974.

ANEXO A - Esquema básico do Novo Dispositivo de Ensaio de Elevadores Dentais

ANEXO B - Dispositivo de Ensaio de Elevadores

ANEXO C- O NDEED em ação com a utilização do simulacro de raiz dental, já desenvolvido