



Universidade Norte do Paraná

CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
MESTRADO EM ODONTOLOGIA

**ANÁLISE FOTOELÁSTICA DA DISTRIBUIÇÃO DE
TENSÕES EM DENTES ANTERIORES COM DIFERENTES
TIPOS DE ESPLINTAGENS**

Londrina
2009

KARINA FANCIO SELLA

**ANÁLISE FOTOELÁSTICA DA DISTRIBUIÇÃO DE
TENSÕES EM DENTES ANTERIORES COM DIFERENTES
TIPOS DE ESPLINTAGENS**

Dissertação apresentada à Universidade Norte do Paraná - UNOPAR, como parte integrante dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Odontologia.

Orientador:
Prof. Dr. Murilo Baena Lopes

Londrina
2009

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

**Dados Internacionais de catalogação-na-publicação
Universidade Norte do Paraná
Biblioteca Central
Setor de Tratamento da Informação**

F891a Sella, Karina F.
Análise fotoelástica da distribuição de tensões em dentes anteriores com diferentes tipos de esplintagens / Karina Fancio Sella. Londrina : [s.n], 2009.
ix; 39p.

Dissertação (Mestrado). Odontologia. Universidade Norte do Paraná.
Orientador: Prof. Dr. Murilo Baena Lopes

1- Odontologia - dissertação de mestrado – UNOPAR 2- Fotoelasticidade 3- Tensões mastigatórias 4- Esplintagem 5- Contenção
I- Prof. Dr. Murilo Baena Lopes, orient. II-Universidade Norte do Paraná

CDU 616.314-089.27/.28

KARINA FANCIO SELLA

Filiação	José Arlindo Fancio Sineide Célia Sitta Fancio
Naturalidade	Londrina – PR
Nascimento	19/01/1979
1996-2000	Graduação em Odontologia – UNOPAR Universidade Norte do Paraná
2004-2006	Especialização em Ortodontia – UEL Universidade Estadual de Londrina
2008-2009	Mestrado em Odontologia – UNOPAR Universidade Norte do Paraná

KARINA FANCIO SELLA

**ANÁLISE FOTOELÁSTICA DA DISTRIBUIÇÃO DE
TENSÕES EM DENTES ANTERIORES COM DIFERENTES
TIPOS DE ESPLINTAGENS**

Trabalho de Dissertação, apresentado à UNOPAR - Universidade Norte do Paraná, no Centro de Ciências da Saúde, como parte integrante dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Odontologia com nota final igual a _____, conferida pela Banca Examinadora formada pelos professores:

Prof. Dr. Murilo Baena Lopes

Prof. Orientador

Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Manoel Damião de Sousa Neto

Prof. Membro 2

Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto- FORP/USP

Prof. Dr. Alcides Gonini Junior

Prof. Membro 3

Universidade Norte do Paraná

Londrina, 04 de Novembro de 2009.

*Dedico este trabalho ao meu esposo **Rodrigo**, que sempre me apoiou nesta caminhada profissional. Por todos os exemplos de dedicação, competência e sucesso que me incentivaram durante este percurso...*

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Ao meu orientador, Prof. Dr. Murilo Baena Lopes, pela amizade, atenção e dedicação na orientação deste trabalho, e pelo estímulo ao desenvolvimento do espírito crítico.

AGRADECIMENTOS

À Deus por estar comigo indiscutivelmente em todos os momentos, por me ensinar nas relações com o próximo a riqueza das semelhanças mas principalmente das diferenças...

Ao Prof. Dr. Alcides Gonini Júnior pela amizade e incentivo na realização de atividades científicas incentivando a busca pelo conhecimento.

À Prof^a. Dr^a. Sandra Kiss Moura, pelo convívio, e conhecimentos transmitidos e críticas construtivas durante o curso.

A todos os demais professores que dispuseram seus conhecimentos para contribuir com a minha formação.

À todos os familiares que dividiram comigo este período, em especial à meus pais, responsáveis por quem sou e capazes de compreender e apoiar minhas escolhas.

As amigadas que se deixaram formar e enriquecer pelos sentimentos mais sinceros.

À Universidade Norte do Paraná, UNOPAR, representada pelo Chanceler, Sr. Marco Antônio Lafranchi e pela Reitora, Prof^a. Elisabeth Bueno Lafranchi;

À Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, representada pelo Prof. Dr. Hélio Hiroshi Suguimoto;

Ao Centro de Ciências Biológicas e da Saúde representado pelo Prof. Ruy Moreira da Costa Filho;

À Coordenadoria do Curso de Odontologia, representada pelo Prof. Dr. Luiz Reynaldo de Figueiredo Walter;

As queridas funcionárias da secretaria, clínica e laboratório de odontologia da UNOPAR.

SELLA F, Karina. **Análise fotoelástica da distribuição de tensões em dentes anteriores com diferentes tipos de esplintagens.** 2009. 41f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Centro de Ciências da Saúde, Universidade Norte do Paraná, Londrina, 2009.

RESUMO

A esplintagem dentária é o procedimento utilizado para estabilização de dentes reimplantados ou reposicionados devido a um trauma a fim de viabilizar o reparo dos tecidos periodontais comprometidos. O objetivo deste trabalho foi avaliar *in vitro* a distribuição das tensões mastigatórias no fechamento, topo e lateralidade sobre os dentes submetidos a diferentes tipos de esplintagem por meio de análise fotoelástica. Foram confeccionados modelos das arcadas superior e inferior em resina fotoelástica com dentes pré-fabricados. Os modelos foram fixados e ajustados em articulador semi-ajustável. Todas as esplintagens foram coladas nas superfícies vestibulares dos incisivos centrais, laterais e caninos superiores. Os grupos foram divididos de acordo com o tipo de esplintagem utilizado: controle – sem esplintagem; esplintagem rígida com braquetes e fio .021” x .025” de aço-inox; esplintagem semi-rígida com braquetes e fio .016” x .016” de cromo-cobalto e com tira de fibra de vidro; esplintagem flexível com fio de nylon. Os testes de aplicação de força no sentido oclusal foram realizados com alteração das cargas estabelecidas para cada posição: oclusão cêntrica 400N, 500N, 600N, topo a topo 300N, 400N, 500N, lateralidade 200N, 300N, 400N e as franjas formadas foram analisadas por meio de um polaroscópio em três pontos na região da crista mesial de cada dente, sendo um apical, um mediano e um cervical. Em uma segunda fase estabeleceu-se a infra oclusão do elemento 11 por meio de ajuste oclusal e os grupos foram reavaliados. Os dados foram submetidos à ANOVA e teste de Tukey a 5% de significância. A fibra de vidro se mostrou o material com melhor capacidade na distribuição de tensões sob a aplicação de forças no sentido vertical. O fio de nylon apresentou características de não distribuição de tensões.

Palavras-chave: Fotoelasticidade. Tensões mastigatórias. Esplintagem. Contenção.

SELLA Karina F. **Photoelastic analysis of stress distribution in anterior teeth with different types of splints.** 2009. 41p. Dissertation (Master Dentistry) Northern University of Paraná, Londrina. 2009.

ABSTRACT

The dental splint is the procedure used for stabilization of repositioned or replanted teeth subjected to trauma in order to facilitate the repair of periodontal tissues compromised. The objective of this study was to evaluate the *in vitro* stress distribution in the masticatory closing, top or side of teeth subjected to different types of splints by photoelastic analysis. Models of maxillary and mandibular arches were made in photoelastic resin using prefabricated teeth models, which were fixed and adjusted in semi-adjustable articulator. All splints were bonded to the labial surfaces of the maxillary central and lateral incisors and canine teeth. The groups were divided according to type of splint used: control - without splint; rigid splint with brackets and wire .021"x .025" in stainless steel, semi-rigid splint with brackets and wire .016"x .016" cobalt-chromium and fiberglass ribbon, and flexible splint with nylon thread. The tests of application force in the occlusal direction were carried out with changing loads set for each position: centric occlusion 400N, 500N, 600N, top 300N, 400N, 500N, laterality 200N, 300N, 400N and the fringes formed were analyzed with a polaroscope, in three points in the region of the mesial crest of each tooth. One apical, one middle and one cervical. In a second phase the infra-occlusion of element 11 was established through an occlusal adjustment and the groups were reevaluated. The data were submitted to ANOVA and Tukey test at 5% of significance. Fiberglass was the material which showed better ability in stress distribution under forces application in vertical direction. The nylon showed characteristic of non-stress distribution.

Keywords: Photoelasticity. Tensions chewing. Splinting. Containment.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
3 PROPOSIÇÃO	22
4 MATERIAIS E MÉTODOS	23
4.1 Confeção do Modelo Fotoelástico	24
4.2 Individualização dos Grupos	25
5 RESULTADOS	28
6 DISCUSSÃO	33
7 CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS	37

1. INTRODUÇÃO

As injúrias dentárias causadas por trauma têm sua prevalência consideravelmente alta em decorrência de acidentes domésticos, acidentes de trânsito e a popularização de esportes radicais (TRAEBERT *et al.*, 2003; BRUNS, PERINPANAYAGAM, 2008), tornando-se um importante problema de saúde. Nos casos de emergências hospitalares com queixa de injúria bucal, entre 46% (BATTENHOUSE, NAZIF, ZULLO, 1988) a 60% (ZENG, SHELLER, MILGROM, 1994.) são decorrentes de trauma. Os incisivos superiores são os mais afetados pelos traumas (TRAEBERT *et al.*, 2003; BAUSS *et al.*, 2005; BRUNS, PERINPANAYAGAM, 2008) em decorrência da sua localização. Esta prevalência se torna ainda maior nos pacientes com má oclusão classe II de Angle (JÄRVINEN, 1978).

As injúrias dentárias causadas por trauma que apresentam maior incidência são a luxação dentária (64%), seguida da avulsão (20%), fraturas de osso alveolar (5%) e de raiz (1%) (BRUNS, PERINPANAYAGAM, 2008). Injúrias complexas podem causar o comprometimento das estruturas do periodonto e da polpa como as reabsorções ou anquilose e necrose pulpar. Tais injúrias que afetam múltiplos tecidos ocorrem com frequência tanto na dentição permanente quanto na decídua (LIN, EMODI, ABU EL-NAAJ, 2008).

O primeiro atendimento clínico pós-trauma é de extrema importância para avaliação dos diferentes graus de injúrias, como também para as devidas condutas a serem tomadas como, por exemplo, avaliar a necessidade da contenção para que os dentes traumatizados tenham um prognóstico favorável no restabelecimento de suas funções. A estabilização tem como objetivo prevenir ou minimizar a inflamação dos tecidos lesados e infecções pulpares promovendo o reparo pulpar e periodontal (HINCKFUSS & MESSE, 2009). Com isso inúmeras técnicas para o reposicionamento e a estabilização de dentes traumáticamente avulsionados ou luxados foram desenvolvidas como a utilização de suturas (LIN, EMODI, ABU EL-NAAJ, 2008), fibras de polietileno (YILDIRIM, ATAUGLU, KARAMAN 2006; KARAMAN, KIR, BELLI, 2002), resinas, acessórios e fios ortodônticos. (FILIPPI, VON ARX, LUSSI, 2002.; VON ARX, FILIPPI, BUSER, 2001).

Segundo Andreasen (2001), nos casos de fratura radicular, extrusão ou luxação lateral, após o devido reposicionamento, o elemento traumatizado deve receber esplintagem por um período aproximado de 3 semanas. Para avulsão dentária a esplintagem é indicada por um período de sete dias devendo permitir algum movimento funcional a fim de reduzir ou eliminar o risco de anquilose. Nos casos de dentes avulsionados onde todo o ligamento periodontal foi removido antes da sua reinserção no alvéolo dentário, a contenção deve ser prolongada para 6 semanas visto que a única forma de cicatrização é a anquilose. Já nos casos de concussão e subluxação a esplintagem quando necessária deve permanecer no máximo por 2 semanas e um alívio oclusal deve ser realizado. Claramente as recomendações de Andreasen 2001 servem apenas como um parâmetro para realização das condutas clínicas, não sendo entretanto uma norma rígida, a avaliação e tratamento deverá ser feita a cada caso individualmente.

A esplintagem ideal deveria ser passiva, flexível e permitir a mobilidade fisiológica do dente e sua duração deveria ser o mais curta possível. Usualmente o ligamento periodontal atinge sua resistência normal entre 7 a 14 dias seguidos do trauma (FILIPPI, VON ARX, LUSSE, 2002; ANDREASEN, 2001). As fixações não rígidas permitem uma mobilidade fisiológica dos dentes favorecendo a recuperação saudável do periodonto (VON ARX, FILIPPI, BUSER, 2001) e a reorganização das fibras da membrana periodontal (YILDIRIM, ATAUGLU, KARAMAN 2006), prevenindo que pontos de anquilose se tornem permanentes. (SANTOS FILHO *et al.*,2007). As microtensões através das lesões dos tecidos em cicatrização, favorecidas pela esplintagem semi-rígida, promovem a produção e maturação do colágeno pela polimerização das fibrilas. A síntese de protocólagenos nos fibroblastos é aumentada, causando micro-movimentos, que mantêm uma suficiente circulação sanguínea e retorno venoso ao ligamento cicatricial, além de estimular a revascularização e acelerar a reorganização do periodonto e sua reinserção (BURCAK, STEPHAN, CEHRELI, 2006). A esplintagem rígida, por não permitir movimento, por um período prolongado pode resultar em complicações do reparo do ligamento periodontal levando a anquilose dento alveolar e reabsorções externas de raiz (FILIPPI, VON ARX, LUSSE, 2002).

Considerando a relevância clínica do procedimento para estabilização de dentes traumatizados, a comparação de diferentes tipos de esplintagem utilizando como parâmetros: mobilidade dentária, acúmulo de placa

potencializado pela esplintagem, sangramento, profundidade e índice de sondagem bem como tempo de cadeira para confecção e remoção da esplintagem (FILIPPI, VON ARX, LUSSI, 2002), (VON ARX, FILIPPI, BUSER, 2001) são facilmente encontrados na literatura. Entretanto, a maneira como as tensões aplicadas sobre os dentes traumatizados e esplintados são dissipadas quando submetidas as forças mastigatórias, necessita de maiores investigações. Um método de análise de tensões e deformações das estruturas é a análise fotoelástica, o qual analisa as tensões através da propagação do feixe de luz polarizada em resina específica, gerando parâmetros em forma de franjas, que ocorrem ao longo das áreas de tensão. (BADRAN *et al.*,2003; MAHLER, PEYTON, 1955). Na odontologia a fotoelasticidade tem sido utilizada por exemplo no estudo de tensões sobre implantes e próteses (BABONI, 2006), pinos intra-radiculares (BOSSO, 2008) e técnicas ortodônticas.(ALCANTARA, 2006; BADRAN *et al.*,2003). Esse método permite uma análise qualitativa e quantitativa do estado de tensão através da observação dos efeitos óticos em modelos fotoelásticos. Com isso, este trabalho visa estabelecer os parâmetros de distribuição de força dos diferentes tipos de contenção através da análise fotoelástica.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Mahler e Peyton (1945) descreveram a fotoelasticidade como um método experimental para analisar as tensões relacionadas às falhas em estrutura. Devido às irregularidades das formas dentárias, enfatizam que este método é aplicável a situações desenvolvidas para analisar tais estruturas. A metodologia consistia na obtenção de um modelo fotoelástico da estrutura a ser analisada, simulando a intensidade e a direção das forças aplicadas nesse modelo fotoelástico, de forma semelhante às condições da estrutura real. A força aplicada aos modelos em testes produzia internamente tensões que se difundiam de acordo com a direção, a forma e o modelo de sustentação. Por apresentar a propriedade de refração dupla, o material fotoelástico permitia que um raio incidente de luz fosse resolvido em dois raios que passavam ao longo do plano principal do material.

Glickman et al. (1970) deram um passo decisivo na avaliação do emprego da fotoelasticidade como metodologia de pesquisa em Odontologia, principalmente para análise da distribuição de tensões no periodonto de sustentação. Estudaram as tensões internas do periodonto de sustentação antes e após contenções de dentes com um pêntico intercalado. Para comprovação da validade do método, compararam a situação analisada com cortes histológicos de dentes em situações similares, onde se visualizava e destruição óssea angular, na mesma localização em que se processou a tensão interna compressiva no modelo experimental fotoelástico.

Caputo, Chaconas e Hayashi (1974) estudaram, em modelos fotoelásticos vários tipos aparelhos em arcos segmentados, utilizados para retração de caninos e analisaram a distribuição das forças. Os modelos foram confeccionados utilizando dentes em resina opaca, fixados em bases de resina fotoelástica, simulando um quadrante inferior posterior com a ausência do primeiro pré-molar. Os autores concluíram que forças intensas, durante a retração, causam mais movimento de inclinação do canino e perda de ancoragem dos dentes posteriores.

Järvinen em 1978 estudou as relações entre as lesões traumáticas e o overjet incisal analisando os incisivos superiores em uma amostra de 1445 crianças com idades compreendidas entre 7 a 16 anos não tratados ortodonticamente. Lesões traumáticas dos tecidos dentários duros e articulares dos

dentes foram registrados. A freqüência das lesões foi de 14,2% em crianças com sobressaliência normal (0 - 3 mm), 28,4% em crianças com sobressaliência aumentada (3,1-6 milímetros), e 38,6% em crianças com sobressaliência extremamente aumentada (superior a 6 mm). A gravidade das lesões também foi maior em crianças com sobressaliência extrema do que em crianças com sobressaliência variando entre 0 a 6 mm. Dois ou mais incisivos lesados foram encontrados em 19,2% das crianças com sobressaliência normal, em 22,2% das crianças com sobressaliência aumentada e em 46,7% daqueles com extremo overjet.

Oikarinem (1987) descreveu um método de imobilização funcional para a fixação de dentes traumáticamente luxados ou auto-implantados. A esplintagem foi construída a partir de um fino fio de aço inoxidável (0,3mm) colado com resina composta somente na superfície do esmalte, deixando o espaço interdental livre, sendo considerada uma fixação funcional por permitir ligeira movimentação vertical dos dentes. O autor salienta sua praticidade de execução e a importância da flexibilidade para a reorganização dos tecidos periodontais e favorável prognóstico.

Vitsentzos (1989), em um estudo clínico analisou 50 pacientes com dentes comprometidos periodontalmente utilizando três fios de nylon trançados para imobilização de dentes anteriores. Verificou que na presença de espaços e mobilidade nos dentes, existia um movimento freqüente no sentido vestibulo-lingual mesmo após a imobilização, o que resultava em fadiga do arco de metal utilizado. O arco de aço podia absorver somente um limite de energia sob estresse constante. Este inconveniente ficava reduzido na técnica utilizada porque o plástico era capaz de absorver mais energia e suportar maiores manipulações devido sua elasticidade.

Oikarinen (1990) em uma revisão de literatura salientou a versatilidade da esplintagem com fio de aço e compósito em atender a maioria dos casos de fixação dos dentes. Sua flexibilidade foi testada em um modelo, e testes de mobilidade realizado em situações clínicas com o dispositivo Periotest (Siemens, BRD). Ambos mostraram resultados semelhantes. As vantagens de talas flexíveis foram encontradas em vários estudos com animais em que o estímulo mastigatório previnha e eliminava pequenas áreas de reabsorção, além de promover o reparo pulpar. A esplintagem com fio flexível concentrava as forças oclusais sobre o dente de uma forma quase natural. Conseqüentemente, os tempos de imobilização não

eram tão críticos em termos de complicações tardias e poderiam ser prorrogados quando necessários para o devido restabelecendo clínico dos tecidos moles ou do osso de suporte. A ampla gama de indicações mostraram que a esplintagem com fio de aço e compósito foi a melhor opção em casos de traumatismo dentário, podendo ser transformada em uma esplintagem rígida quando necessário para casos de fratura de raiz. Verificou-se que o tempo necessário de esplintagem para garantir a cicatrização do tecido duro em humanos e animais é de até 3 meses.

Oikarinen, Andreasen, Andreasen, (1992) estudaram a rigidez horizontal e vertical de dentes fixados com sete diferentes tipos de esplintagens dentais. Foram utilizadas 21 mandíbulas de ovelhas dissecadas incluindo tecidos moles. O experimento avaliou esplintagens tipo Fermit (material de compósito fotopolimetizável), fio flexível e compósito, Kevlar (um tipo de fio de polímero), fibra sintética, Protemp (baseado em éster-ácido-metacrílico), fio de aço rígido e compósito e um material de acrílico em forma de gel. As esplintagens foram realizadas nos 4 incisivos superiores e sua rigidez avaliada com periodontômetro de Miihlemann (mobilidade horizontal) e Periotest (mobilidades horizontais e verticais). Observou-se que as esplintagens mais rígidas, tanto na análise vertical quanto na horizontal, foram o acrílico em forma de gel, o fio rígido e o Fermit. O Kevlar e a fibra sintética permitiram maior movimento horizontal que as outras esplintagens. O Protemp e o fio flexível mostraram produzir apoio lateral adequado para a fixação dos dentes e permitiram a flexibilidade vertical, experimentalmente conhecida por um melhor reparo periodontal de dentes luxados.

Prevost, *et al.* (1994) determinou as forças exercidas por um aparelho ortodôntico utilizado como esplintagem dentária. Para medir essas forças, um transdutor com capacidade de detecção de 0,01 N foi inserido em um modelo da arcada superior. Os resultados mostraram que o fio ortodôntico foi raramente passivo e as forças desenvolvidas variaram de 0 a 27×10^{-2} N. A força foi desenvolvida independente do período de duração da esplintagem dentária ($p < 0,05$) e tamanho do fio ($p < 0,05$). A força média desenvolvida por fios de níquel-titânio ($14,27 \times 10^{-2}$ N) foi significativamente maior ($p < 0,05$) do que a força média desenvolvida pelo aço inoxidável e fios de cromo-cobalto. Além disso, a força média desenvolvida por fios retangulares ($12,07 \times 10^{-2}$ N) foi significativamente maior ($p < 0,05$) do que desenvolvida pelos fios quadrados e redondos. Os resultados sugeriram que os fios de aço inoxidável e de cromo-cobalto, quadrado ou redondos

deveriam ser utilizados para a construção de esplintagens.

Ebeleseder em 1995 avaliou a mobilidade lateral dos dentes com Periotest antes e imediatamente depois da remoção da esplintagem em 103 esplintagens pós-traumáticas. As esplintagens foram feitas com resina composta e fio de aço ortodôntico de espessura 0.017"X0.025". 481 dentes foram avaliados. A análise estatística revelou que o efeito de imobilização não ultrapassou a fixação normal do dente. A fixação em um dente adjacente ao dente do trauma teve menos efeito do que a fixação de dois dentes. Com o uso do Periotest, mais de 50% dos dentes com mobilidade verdadeira foram detectados com mobilidade, apesar da esplintagem fixa.

Von Arx, Filippi, Lussi (2001) avaliaram quatro tipos de esplintagens em dez voluntários: aparelho ortodôntico, botões ortodônticos, esplintagem com resina e com barra de titânio. A esplintagem foi mantida em posição por uma semana. Após removida a primeira esplintagem as próximas foram instaladas sequencialmente com intervalo de uma semana. Os parâmetros utilizados para análise foram: mobilidade horizontal e vertical, antes e depois da esplintagem, e o tempo para confecção da esplintagem. Após a remoção da esplintagem os valores da mobilidade horizontal foram significativamente menores nos incisivos centrais com os botões ortodônticos, seguido da resina composta ($P=0,005$) e dos braquetes ortodônticos ($P = 0, 006$) em comparação com o grupo do sistema de titânio ($P =0,04$). A redução da mobilidade dentária lateral foi significativamente ($P < 0,05$) melhor nas resinas (RS) em comparação com o sistema de titânio e com o aparelho ortodôntico para os incisivos centrais e laterais. No entanto, as alterações de mobilidade vertical não foram significativas em todas as técnicas de esplintagem. Os parâmetros periodontais analisados pela sondagem do sulco, índice de placa e sangramento periodontal se mantiveram inalterados, o que refletiu uma excelente higiene oral dos pacientes durante o estudo. O tempo necessário para confecção da esplintagem foi significativamente mais curto para TTS ($P < 0,01$).

Karaman, Kir, Belli, em 2002 avaliaram quatro diferentes aplicações ortodônticas de um material a base de fibra de polietileno (Ribbond Inc, Seattle, Wash), como retentor ortodôntico fixo, mantenedor de espaço, fixação temporária pós-ortodôntica para acompanhar a terapia periodontal, e estabilização pós-traumática. A fibra de polietileno é um material adaptado facilmente aos contornos dentais e poderia ser manipulado durante o processo de esplintagem, além de uma

resistência aceitável devido à boa integração das fibras com a resina composta, o que conduz a uma boa longevidade clínica. Devido à fina camada de resina composta utilizada, o volume da esplintagem pode ser minimizado. Não há necessidade de significativa remoção de estrutura dentária e satisfaz as expectativas estéticas do paciente. Estes casos mostraram que a fibra de polietileno seria um material promissor para uso em esplintagens ortodônticas.

Filippi, Von Arx, Lussi em 2002 compararam 4 tipos diferentes de esplintagem em 10 voluntários e avaliaram os seguintes parâmetros: sensibilidade dos dentes esplintados, irritação da margem gengival, irritação dos lábios, dificuldade de fala e higiene bucal. Os resultados mostram que a aplicação dos botões ortodônticos conduzia a uma significativa irritação dos lábios e a um maior comprometimento da fala, em comparação com outros tipos de esplintagens. A esplintagem pura com resina levava a um aumento significativo de irritação da margem gengival ($P < 0,05$) devido a maior dificuldade de limpeza. Em conclusão, a esplintagem com fios ortodônticos e resina e o sistema de titânio seriam mais aceitos para esplintagem, pois apresentavam o mínimo de irritação aos tecidos moles e bem tolerados pelos pacientes.

Traebert *et al.* (2003) avaliaram a prevalência e os tipos de acidentes que resultaram em lesões traumáticas da dentição permanente em escolares de 12 anos de idade em Florianópolis. Um levantamento transversal do traumatismo dentário foi realizado em 307 crianças através de exame clínico, sendo analisado os incisivos permanentes superiores e inferiores, e entrevistas em escolas primárias públicas. A prevalência de lesões dentárias foi de 18,9%. Não houve diferença estatisticamente significativa entre meninos e meninas ($P = 0,103$). Os principais tipos de acidentes que resultaram em lesões dentárias foram as quedas e colisões com objetos ou pessoas. Os autores puderam concluir que a prevalência de lesões dentárias em Florianópolis é elevada e tem um grande potencial para ser considerado um problema de saúde pública.

Andreasen *et al.* (2004) na segunda parte de um estudo retrospectivo, avaliaram o efeito de diferentes tratamentos de fratura de raiz analisando 400 incisivos permanentes fraturados. O tratamento tardio quando até 24 horas após a lesão, não alterou o padrão de reparo de fratura da raiz, de reparo do tecido duro (HH) entre os fragmentos, da interposição do ligamento periodontal (PDL) e de necrose pulpar (NEC). Quando o deslocamento inicial não excedeu 1

mm, um ótimo reposicionamento foi encontrado, aumentando a probabilidade do restabelecimento do tecido pulpar e do reparo do tecido duro (HH). Diferenças significativas no reparo foram encontradas entre as diferentes técnicas de imobilização. A menor frequência de reparo foi encontrada com botões e as maiores com a fibra de vidro ou esplintagem Kevlar. O procedimento de imobilização tardio mostrou quase o mesmo resultado de reparo que a não imobilização. A comparação entre esplintagem e não esplintagem para dentes sem deslocamento de fratura não revelou nenhum benefício na imobilização. Nenhum efeito benéfico da esplintagem por períodos superiores a 4 semanas pôde ser demonstrado. A administração de antibióticos teve o paradoxal efeito de promover tanto reparo de tecido duro quanto necrose pulpar. Nenhuma explicação foi encontrada. Concluiu-se que o reposicionamento parece ótimo para favorecer o reparo. Além disso, parecia estar relacionado ao reparo de fraturas de raiz, com uma preferência para esplintagens flexíveis no reparo pulpar e no reparo da união dos fragmentos e possivelmente também uma esplintagem não traumática. A esplintagem por mais de 4 semanas não apresentou influência no padrão de cicatrização. Um tratamento tardio em poucos dias não parece resultar num pior reparo. O papel dos antibióticos na consolidação da fratura é questionável.

Bauss *et al.* (2005) avaliaram a influência da esplintagem com sutura por uma semana e a fixação rígida por quatro semanas. Obseveram a fase final do fechamento do ápice radicular, a fase intermediária do comprimento radicular e a mobilidade de terceiros molares auto transplantados. A amostra foi constituída de 63 pacientes com um total 65 terceiros molares imaturos transplantados. Todos os dentes transplantados haviam chegado a metade ($n=29$) ou três quartos ($n=36$) do seu comprimento radicular esperado. Em 24 dos transplantes, o pós-operatório foi realizado com fixação rígida com resina composta e fios ortodônticos por quatro semanas (grupo rígidos), e em 41 transplantes, com esplintagem de sutura durante uma semana (grupo sutura). O método de fixação dependia da estabilidade inicial do transplante. Todos os transplantes foram acompanhados clínica e radiograficamente por um período médio de 3,9 anos. O grupo rígido revelou comprimento radicular final menor ($P=0,002$) e menor incremento no comprimento radicular ($P=0,001$) do que o grupo da sutura. As diferenças mais pronunciadas foram encontradas nos transplantes em estágios anteriores de desenvolvimento. Contudo não foram encontradas diferenças em relação a mobilidade dos dentes transplantados. Os

resultados indicaram que o prolongamento da fixação rígida em terceiros molares imaturos auto transplantados têm uma significativa influência negativa no comprimento radicular final nos incrementos do comprimento radicular, especialmente nos transplantes em estágios anteriores de desenvolvimento.

Yildirim, Ataoglu, Karaman (2005) citaram que muitas das técnicas de esplintagem foram definidas anteriormente como técnicas de confecção demorada. Não sendo apenas de difícil confecção, mas também de difícil remoção, e também contribuía para o prejuízo dos tecidos moles e duros adjacentes. O sistema Ribbond (Ribbond Inc., Seattle, Wash) apresentado pelos autores era basicamente uma fita de reforço feita a partir da fibra de polietileno. Segundo os autores o uso do Ribbond pareceu ser adequado e fácil para a estabilização e fixação, podendo ser utilizado no tratamento das lesões dentárias. Neste estudo o uso do Ribbond foi descrito para o tratamento das lesões dentoalveolares. Foi citado como material biocompatível e estético devido à fibra de polietileno de alta resistência. Como vantagens diversas apresentou a facilidade de adaptação aos contornos dentários e de manipulação durante o processo de colagem. Considerado relativamente fácil e de técnica rápida não sendo necessário trabalho laboratorial.

O estudo de Burcak, Stephan, Cehreli (2006) foi realizado para avaliar o efeito de esplintagem ao redor do dente traumatizado através de análise fotoelástica. Três tipos de esplintagem semi-rígida foram utilizadas: com fio de aço, com fibra de vidro e com sistema de titânio para trauma. Para todos os casos estudados, uma força estática axial de 100 N oblíqua em 20 graus foi aplicada no incisivo lateral. A avaliação foi realizada inicialmente sem qualquer aplicação de esplintagem (grupo controle) seguida pela avaliação após a esplintagem sobre a superfície vestibular dos dentes,. Durante cada análise, a geração de franjas isocromáticas foi observada no campo de um polariscópio, e registrada com uma máquina digital. A quantificação das franjas foi executada em imagens aumentadas em um computador. Sob a força vertical, as tensões mais altas na região apical foram observadas nos dentes não esplintados e com o sistema Ribbond, considerando que as tensões mais baixas foram encontradas com o uso do fio ortodôntico. A esplintagem do sistema de titânio não teve efeito na redução de tensões.

Andreasen, Bakland, Andreasen (2006) avaliaram em um estudo clínico os efeitos de variáveis de tratamento como o tratamento tardio, métodos de

reposicionamento, tipos e comprimentos de esplintagem e o uso de antibióticos em casos de intrusão traumática em 140 dentes. Não foram observadas diferenças estatísticas considerando o reparo periodontal entre três diferentes tipos de esplintagens: flexível, rígida ou semi-rígida. Não foi encontrada diferenças estatísticas também quanto ao período de demora até a remoção da esplintagem, a qual variou de 6 a 8 semanas para a completa remodelação e cicatrização dos tecidos lesados.

Lin, Emodi e El-Naaj em 2008 relataram que o fator mais importante no tratamento de dentes avulsionados ou luxados é o tempo. Quanto maior o período transcorrido entre avulsão dentária e re-implantação, maior o risco de substituição e de reabsorção inflamatória da raiz. A probabilidade de revascularização nos dentes com ápice aberto é reduzida. Foi avaliado a re-implantação e a fixação dos dentes traumatizados em pacientes com múltiplas injúrias ou em situação de emergência operacional onde não existem métodos padronizados disponíveis onde os procedimentos devem ser o mais simples possível. A sutura pode ser utilizada para uma rápida e fácil fixação. A sutura foi feita usando fio de seda 2.0. Em pacientes jovens, onde os mamelões estão presentes, estes podem ser usados para aumentar a retenção da sutura. O procedimento foi realizado para estabilizar os dentes em uma contenção primária até que o paciente possa ser encaminhado para o departamento de cirurgia bucomaxilo-facial e para um novo tratamento com estrita instrução para substituir essa fixação primária temporária pela convencional. A fixação de dentes avulsionados por meio de sutura é um procedimento viável em condições emergenciais hospitalares em pacientes com múltiplos traumas e promove um melhor prognóstico em longo prazo.

Ferrazzini-Pozzi e Von Arx avaliaram em 2008 a cicatrização da polpa e do periodonto de dentes permanentes com luxação lateral. Os dentes foram reposicionados e esplintados com TTS / tala de resina composta por 4 semanas. Nos dentes severamente luxados com ápice radiograficamente fechado foi realizado o tratamento imediato (profilático) do canal radicular. Todos os pacientes receberam tetraciclina por 10 dias. Re-exames foram realizados após 1, 2, 3, 6, 12 e 48 meses. Em 10 dentes (21,3%), o tratamento profilático do canal de uma raiz foi realizado dentro de 2 semanas após a lesão. Os restantes 37 dentes apresentaram as seguintes características no re-exame: 19 dentes (51,4%) tiveram sobrevida de polpa (sem sinais clínicos ou radiográficos ou sintomas) após 48 meses, 9 dentes

(24,3%) apresentaram necrose da polpa em 12 meses e outros 9 dentes (24,3%) apresentaram calcificação do canal até o quarto ano do reexame. Nenhum dos dentes ápice aberto no momento da luxação lateral apresentou complicações. Reabsorção externa da raiz foi observada apenas em um dente. Os dentes permanentes lateralmente luxados com rizogênese incompleta tiveram um bom prognóstico. A complicação mais freqüente foi de necrose pulpar, observada apenas em dentes com ápices fechados.

Emshoff, Moschen, Strobl, (2008) investigaram se o diagnóstico da lesão dental poderia prever resultados adversos que poderiam ocorrer após 96 semanas da remoção da esplintagem. Avaliaram também a correlação da gravidade do resultado adverso com a fluxometria Laser Doppler (LDF) para a medição do fluxo sanguíneo pulpar. Em 206 pacientes com trauma foram investigados 273 incisivos permanentes clínica, radiograficamente e por LDF, os quais foram tratados com reposicionamento e contenção e os respectivos homólogos utilizados como controle. As injúrias dentárias foram classificadas como grau I – subluxação, grau II – (luxação lateral ou extrusiva) e grau III – (avulsão ou luxação intrusiva). Os resultados foram classificados como: tipo I – perda de sensibilidade, tipo II – perda de sensibilidade e radiolucidez periapical ou descoloração cinzenta da coroa e tipo III – perda de sensibilidade, radiolucidez periapical e descoloração cinzenta da coroa. Observou-se que o diagnóstico de dentes deslocados pôde prever os resultados adversos do tratamento da imobilização e as medições PBF estavam relacionadas à gravidade do resultado adverso.

Berthold, Thaler, Petschelt, (2009), avaliaram *in vitro* doze tipos de esplintagens considerando a mobilidade vertical e horizontal através do perioteste. Observou-se que as esplintagens flexíveis ou semi-rígidas, como o fio multifilamentado mais resina, fio retangular (0,41x0,41mm) mais resina ou titânio trauma splint (TTS) se mostraram mais adequadas para a imobilização dos dentes com lesões de luxação e fraturas de raiz na parte média ou apical. As esplintagens rígidas, como o fio trançado (0,8x1,8mm) e os anéis de titânio que conferem pouca ou quase nenhuma mobilidade podem ser usadas no tratamento de fraturas do processo alveolar e fraturas radiculares no terço cervical.

3. PROPOSIÇÃO

O objetivo deste trabalho foi analisar em fechamento, topo e lateralidade:

- 1) a distribuição das tensões provenientes das forças mastigatórias em torno de um elemento dentário simulando um traumatismo,
- 2) o elemento dentário esplintado em oclusão normal e em infra-occlusão,

por meio de modelos experimentais e da fotoelasticidade de transmissão plana, utilizando diferentes tipos de esplintagem.

4.MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Confeção do modelo fotoelástico

Para a realização do trabalho dois modelos em resina fotoelástica (Vishay, Malvern, USA) foram confeccionados, um modelo simulando a maxila e outro a mandíbula. Para o estabelecimento da oclusão, um manequim odontológico pré-fabricado (Roic, SP, Brasil) foi moldado com silicona de adição (Elite Double 22-Zhermack, USA) e o molde adquirido serviu de guia para posicionamento dos dentes pré-fabricados na confecção das bases fotoelásticas de maxila e mandíbula (Figuras 1 e 2)

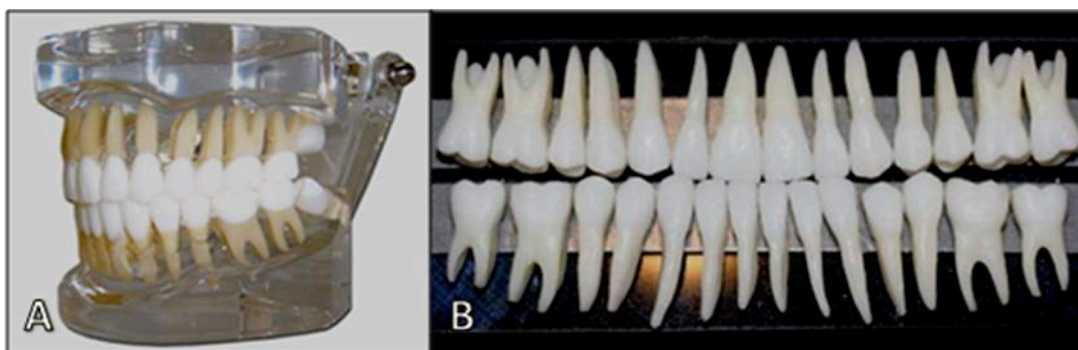


FIGURA 1- A- Manequim pré-fabricado, oclusão normal. B- Dentes pré-fabricados (Roic, SP, Brasil.)

A resina acrílica (Jet-Clássico, Campo Limpo Paulista, Brasil) foi vertida no molde e por meio de acabamento e polimento obtivemos um modelo recortado em forma de U que foi moldado novamente, com silicona. A resina fotoelástica foi vertida na base de silicona em forma de U, com 1 cm de espessura e 2 cm de altura, com os dentes pré-fabricados já em posição, simulando as arcadas dentárias superior e inferior. Os dois modelos em resina fotoelástica receberam acabamento com lixa d'água e foram montados em articulador semi-ajustável (Gnatus JP30, Ribeirão Preto, SP) utilizando resina acrílica (Jet-Clássico, Campo Limpo Paulista, Brasil) para sua fixação nas bases do articulador.

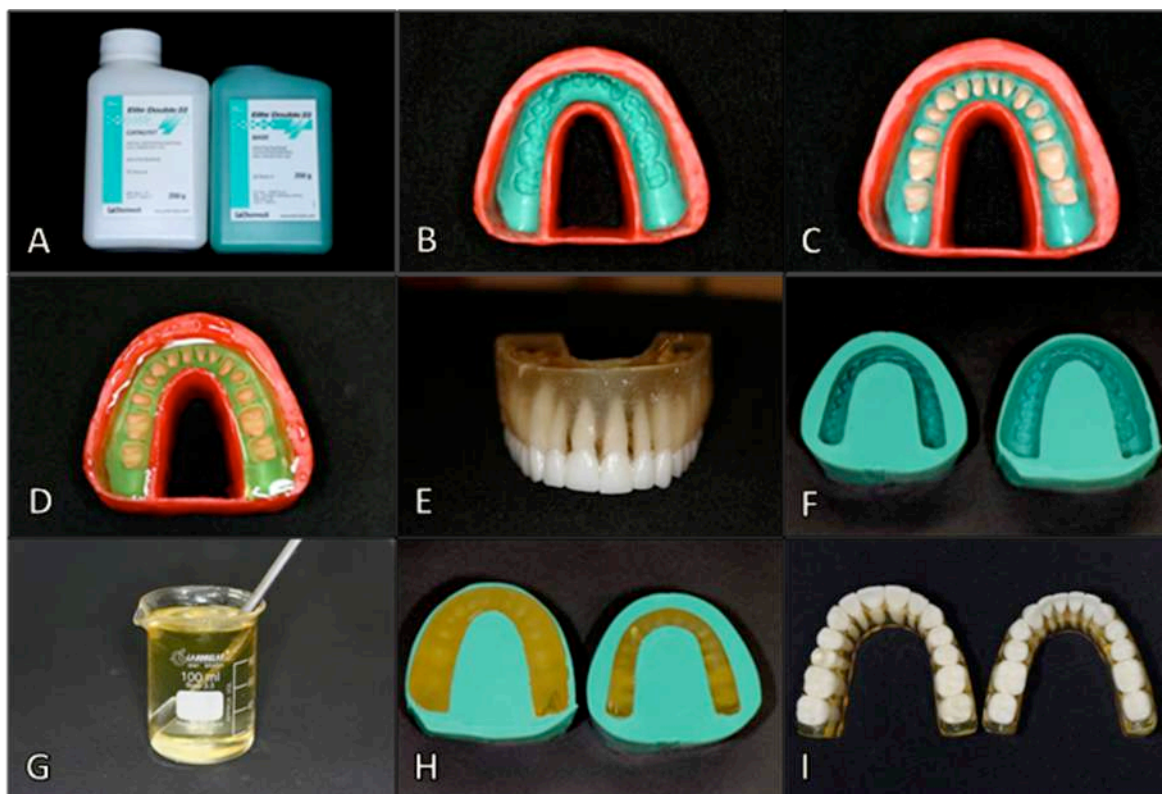


FIGURA 2- A- Silicona de adição. B- Molde do modelo pré fabricado. C- Molde com os dentes pré fabricados em posição. D- Vazamento com resina acrílica. E- Modelo em resina acrílica recortado em forma de U. F- Moldes dos modelos recortados. G- Manipulação da resina fotoelástica. H- Vazamento em resina fotoelástica dos modelos recortados. I- Modelos em resina fotoelástica.

Este por sua vez teve o ângulo de Bennett posicionado em 15° e a guia condilar em 30° , considerando a linha média para definir a posição dos modelos. Posteriormente os modelos foram ajustados por meio de desgaste seletivo para o estabelecimento da oclusão cêntrica e guias funcionais de caninos em lateralidade e incisivos e caninos em protrusão.(Figura 3)

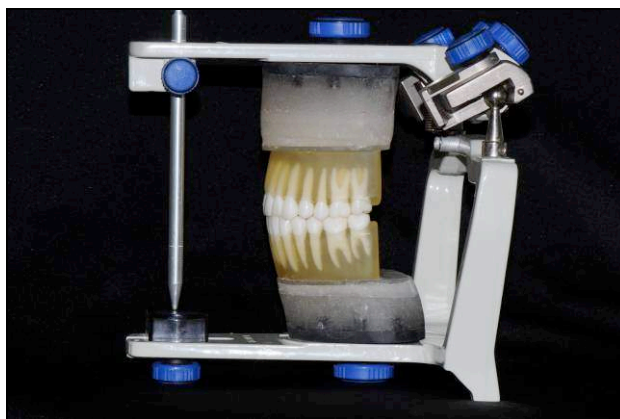


FIGURA 3- modelos posicionados em articulador semi ajustável

4.2 Individualização dos grupos

As diferentes esplintagens foram realizadas nos dentes anteriores superiores de canino a canino e totalizaram quatro tipos. O grupo controle não recebeu esplintagem a fim de padronizar a distribuição de forças. Para o grupo da esplintagem rígida foi realizada a colagem passiva de braquetes ortodônticos (Morelli, Porto Alegre, RS, Brasil) com resina composta (Z350, 3M, Brasil) na superfície vestibular dos dentes do modelo. A esplintagem foi então realizada com a adaptação e amarração de um fio rígido de aço-inox de secção retangular e espessura equivalente a .021" x .025" (polegadas) ao slot dos braquetes. Esta amarração foi realizada com fio de ligadura metálica 0,25 mm.

Para o grupo de esplintagem semi-rígida foi realizado o mesmo procedimento de colagem dos braquetes, porém o fio utilizado foi um fio flexível de liga cromo-cobalto de secção quadrada e espessura equivalente a .016" x .016" (polegadas).

Para o grupo de esplintagem flexível foi efetuada a colagem de um fio de nylon, com resina composta diretamente sobre a superfície vestibular dos dentes. E para o outro grupo de esplintagem semi-rígida, um dispositivo de fibra de vidro (Interlig- Ângelus, Londrina, PR, Brasil) foi utilizado também através da colagem com resina composta.(Figura 4)

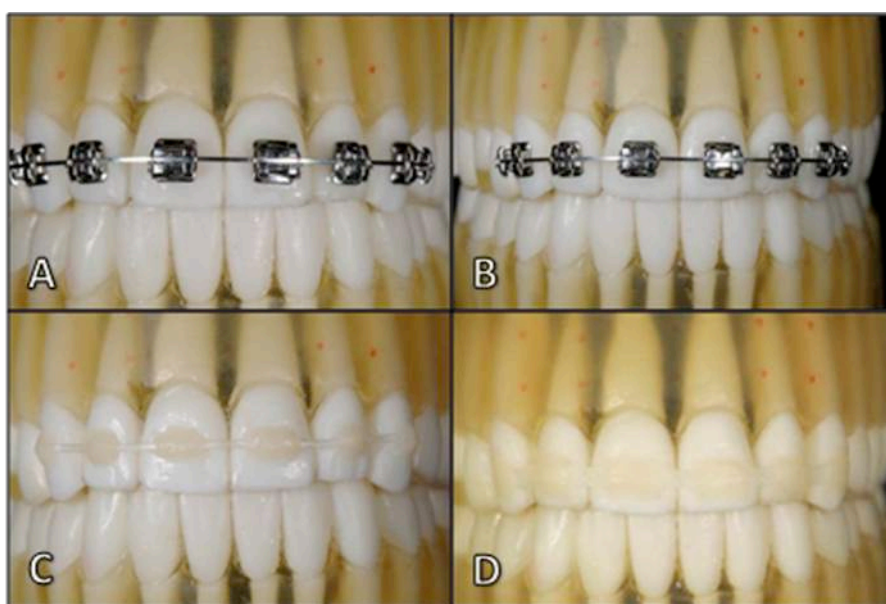


FIGURA 4- A- esplintagem rígida: fio aço-inox .021" x .025". B- semi-rígida: fio de cromo-cobalto .016" x .016". C- flexível: fio de nylon. D- semi-rígida: fibra de vidro.

Foi realizado um estudo piloto para determinar as cargas ideais e suas variações para simular a mastigação de forma a favorecer a visualização das franjas. As cargas foram aplicadas nos espécimes no sentido vertical utilizando uma máquina universal de ensaio (EMIC, São José dos Pinhais, PR, Brasil). Em oclusão cêntrica os modelos receberam forças de 400N, 500N e 600N. Para os testes em posição de topo, nos côndilos do articulador foram adaptados dispositivos confeccionados em resina acrílica para a manutenção e estabilização desta posição para receberem as cargas de 300N, 400N e 500N e na guia dos caninos da mesma forma foram submetidos as cargas de 200N, 300N e 400N. (Figura 5).

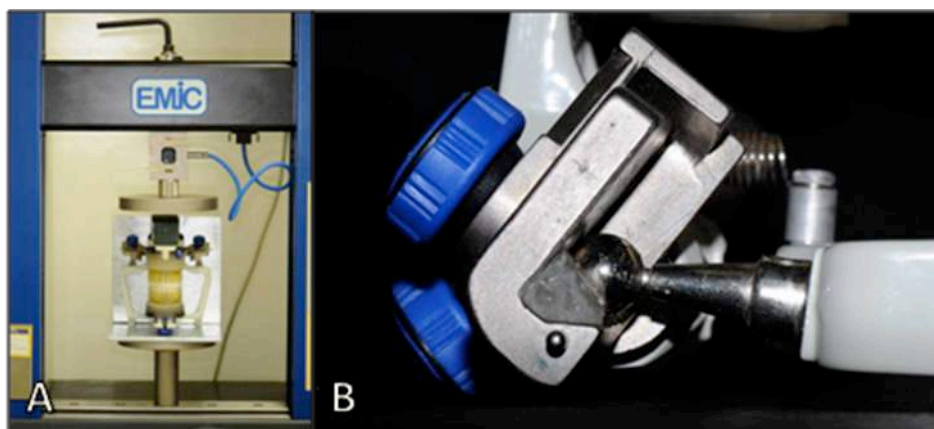


FIGURA 5- (A) Máquina de ensaio EMIC, (B) Dispositivo em acrílico posicionador articular para topo e lateralidade.

Em uma segunda fase todos os grupos foram submetidos a um ajuste oclusal conferindo a infra-oclusão ao elemento 11, realizada por meio de um alívio do contato palatino em oclusão cêntrica e incisal na oclusão de topo, em função da análise das tensões indiretas exercidas sobre este elemento por meio da espiantagem com os dentes adjacentes. (Figura 6).

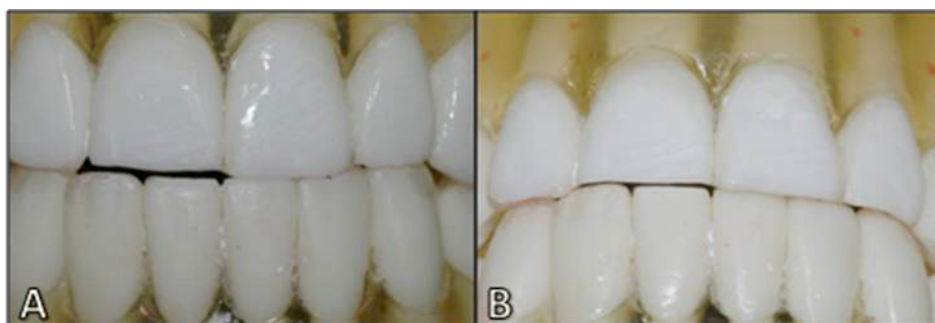


FIGURA 6- Alívio do elemento 11 para infra-oclusão, por incisal (A) e palatina (B).

Para a leitura das tensões exercidas sobre os dentes e resina fotoelástica foi utilizado um polariscópio (Vishay LF/Z-2, Malvern, USA) e fotografias de cada ensaio foram registradas pelo softwer (PS Calc 2.0). (Figura 7) A leitura dos resultados foi realizada em cinco pontos ao redor do elemento 11, sendo (A) cervical distal, (B) mediano distal, (C) apical, (D) mediano mesial e (E) cervical mesial. (Figura 8). Os dados foram submetidos a análise estatística de variância e teste TUKEY.

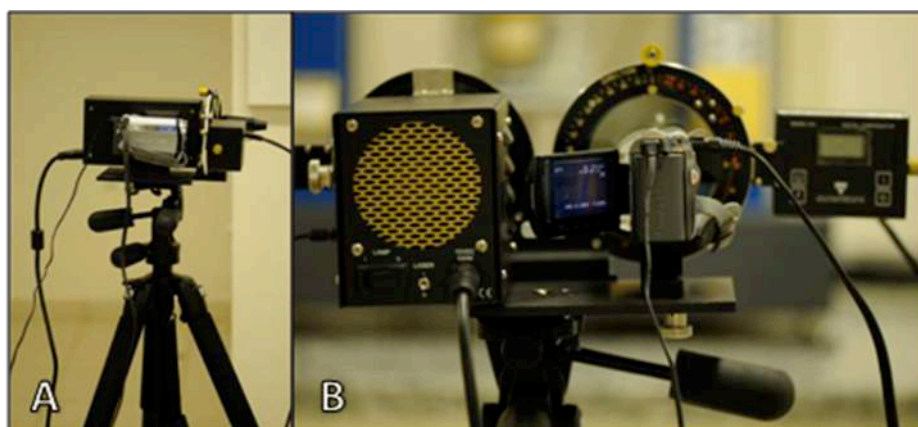


FIGURA 7- Polariscópio. A- Vista lateral, acoplado a câmera filmadora. B- vista traseira, com filtros circulares e fonte de luz polarizada.

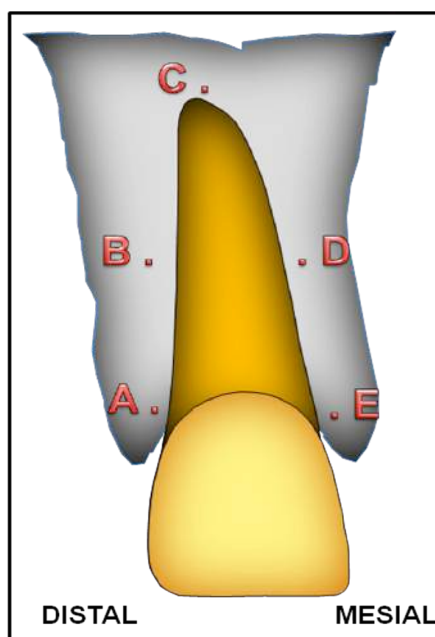


FIGURA 8- Elemento 11 com a demarcação dos pontos analisados. Pontos: A- cervical distal. B- mediano distal. C- apical. D- mediano mesial. E- cervical mesial.

5. RESULTADOS

a) Análise geral

Analisando os dados gerais e considerando-se a posição de oclusão cêntrica, verificou-se que o sistema de esplintagem rígida foi o que apresentou maior indução de tensão ($p < 0,05$) em oclusão normal, comparativamente aos demais sistemas que não apresentaram diferença estatística ($p > 0,05$) entre si. Seguindo a mesma análise em infra-oclusão, todos os sistemas produziram tensões estatisticamente semelhantes ($p > 0,05$) entre si e diferentes estatisticamente ($p < 0,05$) do grupo controle, o qual demonstrou menor concentração de tensão. Entretanto se comparado as duas relações oclusais, verifica-se que não houve diferenças estatísticas significantes entre os grupos (Tabela 1).

TABELA 1- Valores médios de tensão (Mpa) obtidos na posição de oclusão cêntrica

<i>Esplintagem</i>	<i>Oclusão normal</i>	<i>Infra oclusão</i>
Controle	2,61 (1,77) aA	2,94 (2,26) aA
Fibra	3,75 (2,30) bA	4,74 (3,01) bA
Nylon	3,44 (2,18) abA	4,35 (3,02) bA
Rígida	5,64 (4,88) cA	4,83 (2,53) bA
Semi-rígida	4,24 (3,31) bA	4,38 (2,69) bA

Letras minúsculas diferentes na coluna ou maiúsculas em linha indicam diferença estatística ($p < 0,05$)

Analisando-se as tensões em uma posição de contato de topo-a-topo com movimento protrusivo e considerando o dente 11 como parte da chave de desocclusão, o sistema de esplintagem com fibra de vidro apresentou os menores valores de tensão, diferindo estatisticamente do sistema de contenção semi-rígida que apresentou o maior valor de tensão. Quando o dente 11 é posicionado em infra-oclusão, verifica-se que o sistema de contenção semi-rígida também apresentou os maiores valores de tensão, porém semelhante estatisticamente ao sistema com uso do nylon e ao grupo controle. (Tabela 2).

Ao comparar os grupos nas duas relações oclusais verifica-se que de maneira geral as tensões diminuíram quando a posição de topo-a-topo é definida em infra-oclusão. Entretanto a diferença estatística significativa só foi representada

entre os grupos fibra de vidro e de contenção rígida (Tabela 2).

TABELA 2- Valores médios de tensão (Mpa) obtidos na posição de oclusão de topo

<i>Esplintagem</i>	<i>Oclusão normal</i>	<i>Infra oclusão</i>
Controle	5,94 (3,34) aA	5,03 (2,78) abA
Fibra	5,46 (3,08) aB	3,83 (2,75) aA
Nylon	6,03 (2,93) abA	5,05 (2,93) abA
Rígida	6,50 (3,32) abB	4,37 (2,35) aA
Semi-rígida	7,29 (4,55) bA	6,05 (3,73) bA

Letras minúsculas diferentes na coluna ou maiúsculas em linha indicam diferença estatística ($p < 0,05$)

Em lateralidade observou-se que o fio de nylon demonstrou o menor valor de tensão ($p < 0,05$) em relação a todas aos outros sistemas. A esplintagem com fibra de vidro e rígida apresentaram os maiores valores e não diferiram entre si ($p < 0,05$), porém diferiram estatisticamente dos demais. A esplintagem semi-rígida se comportou de forma semelhante ao grupo controle (Tabela 3).

TABELA 3- Valores médios de tensão (Mpa) obtidos na posição de lateralidade

<i>Esplintagem</i>	<i>Oclusão normal</i>
Controle	6,92 (3,40) bc
Fibra	7,42 (3,61) c
Nylon	4,07 (2,96) a
Rígida	8,44 (4,00) c
Semi-rígida	5,38 (3,91) b

Letras diferentes indicam diferença estatística ($p < 0,05$)

b) Análise localizada no elemento 11

Em oclusão cêntrica, considerando-se a oclusão normal, os grupos não apresentaram diferenças estatísticas entre si ($p > 0,05$). Em infra-oclusão verificou-se que a esplintagem semi-rígida apresentou o menor valor de tensão ($p < 0,05$) diferindo estatisticamente do nylon. Este por sua vez apresentou os valores

mais altos ($p < 0,05$), porém não diferindo da fibra de vidro. O grupo controle apresentou menor valor diferindo estatisticamente dos demais, a exceção da semi-rígida ($p > 0,05$). A contenção rígida, de fibra de vidro e semi-rígida não diferiram entre si ($p > 0,05$) (Tabela 4).

Quando comparados os grupos nas duas relações oclusais, observa-se que todos os sistemas de esplintagem apresentaram valores maiores de tensão em infra-oclusão, estabelecendo uma diferença estatística significativa ($p < 0,05$), com exceção do grupo controle (Tabela 4).

TABELA 4- Valores médios de tensão (Mpa) obtidos na posição de oclusão cêntrica

<i>Tipo de esplintagem</i>	<i>Oclusão normal</i>	<i>Infra oclusão</i>
Controle	2,33 (1,91)aA	2,66 (1,87)aA
Fibra	2,33 (2,09)aA	4,93 (3,57)bcB
Nylon	3,20 (2,98)aA	6,33 (3,75)cB
Rígida	2,93 (2,40)aA	5,73 (2,63)bB
Semi-rígida	2,13 (1,40)aA	4,20 (2,78)abB

Letras minúsculas diferentes na coluna ou maiúsculas em linha indicam diferença estatística ($p < 0,05$)

Na posição de topo-a-topo em oclusão normal, verificou-se menor valor para esplintagem rígida, a qual diferiu estatisticamente da semi-rígida. Considerando-se a análise em infra-oclusão, verificou-se que não houve diferenças estatísticas significantes entre os grupos (Tabela 5).

Na comparação dos grupos considerando-se as duas relações oclusais, observou-se que todos os valores diminuíram significativamente ($p < 0,05$) em infra-oclusão, com exceção da contenção rígida (Tabela 5).

TABELA 5 - Valores médios de tensão (Mpa) obtidos na posição de oclusão de topo

<i>Tipo de esplintagem</i>	<i>Oclusão normal</i>	<i>Infra oclusão</i>
Controle	7,33 (2,19)abB	4,66 (2,63)aA
Fibra	6,86 (2,87)abB	4,53 (2,72)aA
Nylon	7,26 (2,52)abB	4,26 (2,15)aA
Rígida	6,13 (2,74)aA	5,06 (2,15)aA
Semi-rígida	8,13 (3,75)bbB	5,53 (2,58)aA

Letras minúsculas diferentes na coluna ou maiúsculas em linha indicam diferença estatística ($p < 0,05$)

Simulando o movimento de lateralidade, verificou-se que a contenção com fio de nylon apresentou valores menores diferindo estatisticamente do controle, da fibra de vidro e da rígida, as quais não diferiram entre si. A contenção semi-rígida não diferiu dos outros grupos ($p>0,05$). (Tabela 6).

TABELA 6 - Valores médios de tensão (Mpa) obtidos na posição de lateralidade

<i>Tipo de espiantagem</i>	<i>Oclusão normal</i>
Controle	6,20 (4,39)b
Fibra	6,67 (4,20)b
Nylon	2,93 (2,18)a
Rígida	6,00 (3,89)b
Semi-rígida	4,00 (2,90)ab

Letras diferentes indicam diferença estatística ($p<0,05$)

Considerando a análise de acordo com a localização das tensões ao longo da raiz do dente 11, verificou-se que na posição de oclusão cêntrica e em infra-oclusão, no ponto C (ápice) o fio de nylon gerou o maior valor de tensão, diferindo estatisticamente dos demais ($p<0,05$), a exceção do grupo controle (Tabela 7).

TABELA 7- Valores médios de tensão (Mpa) obtidos na posição de oclusão cêntrica de acordo com as regiões radiculares avaliadas: ponto A- cervical distal, B- mediano distal, C- apical, D- mediano mesial, E- cervical mesial.

<i>Oclusão</i>	<i>Esplintagem</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>
Infra	Controle	5,33 (2,08)abA	2,66 (0,57)aAB	2,33 (0,57)abAB	2,66 (0,57)aAB	0,33 (0,57)aB
	Fibra	3,66 (1,52)abBC	6,66 (0,57)abcAB	0,66 (0,57)aC	3,33 (0,57)aBC	10,33 (2,08)cA
	Nylon	10,67 (5,86)cA	6,00 (1,73)abcBC	6,33 (1,52)bABC	2,00 (1,00)aC	6,66 (1,15)bcAB
	Rígida	6,33 (2,08)abcAB	8,00 (1,00)cA	2,66 (0,57)abB	3,33 (0,57)aB	8,33 (1,15)cA
	Semi-rígida	3,00 (1,00)aAB	7,33 (0,57)bcA	1,66 (0,57)aB	1,66 (0,57)aB	7,33 (1,15)bcA
Normal	Controle	4,66 (0,57)abA	4,00 (1,73)abcA	0,33 (0,57)aA	1,33 (0,57)aA	1,33 (0,57)aA
	Fibra	6,00 (1,00)abA	2,33 (0,57)aAB	0,66 (0,57)aB	0,66 (0,57)aB	2,00 (0,00)aAB
	Nylon	8,00 (1,00)bcA	3,33 (1,15)abB	0,66 (1,15)aB	0,33 (0,57)aB	3,66 (1,15)abAB
	Rígida	5,00 (2,00)abA	5,00 (2,65)abcA	0,00 (0,00)aB	1,66 (0,57)aAB	3,00 (1,00)abAB
	Semi-rígida	3,00 (1,00)aA	2,66 (0,57)abA	0,66 (0,57)aA	0,66 (0,57)aA	3,66 (0,57)abA

Letras minúsculas diferentes na coluna ou maiúsculas em linha indicam diferença estatística ($p<0,05$)

Considerando a posição de topo-a-topo e comparando-se os grupos entre si, verificou-se que no ponto C ocorreu uma maior geração de tensão ($p < 0,05$) quando o dente 11 é posicionado em infra-oclusão (Tabela 8).

TABELA 8- Valores médios de tensão (Mpa) obtidos na posição de oclusão de topo de acordo com as regiões radiculares avaliadas: ponto A- cervical distal, B- mediano distal, C- apical, D- mediano mesial, E- cervical mesial.

<i>Oclusão</i>	<i>Esplintagem</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>
Infra	Controle	4,67 (2,08)aAB	2,33 (1,52)aAB	2,00 (0,00)abA	7,66 (1,15)bb	6,66 (1,52)abcdAB
	Fibra	5,00 (1,73)aAB	9,00 (0,00)bb	4,00 (1,00)abcdAB	1,66 (0,57)aA	3,00 (1,00)aA
	Nylon	6,66 (1,15)aA	3,66 (0,57)abAB	1,00 (0,00)aB	5,66 (0,57)aAB	4,33 (1,52)abAB
	Rígida	5,00 (1,73)aA	6,00 (3,00)abA	2,66 (0,57)abcA	6,66 (1,52)abA	5,00 (2,00)abcA
	Semi-rígida	5,33 (1,52)aAB	8,33 (2,08)ba	2,00 (1,00)abB	6,66 (1,52)abAB	5,33 (2,08)abcAB
	Controle	7,33 (2,08)aA	8,33 (0,57)ba	9,00 (2,00)deA	4,00 (1,00)abA	8,00 (1,00)abcdeA
Normal	Fibra	6,33 (2,08)aAB	2,66 (0,57)aA	9,66 (1,52)eB	6,66 (1,52)abAB	9,00 (1,73)bcdeB
	Nylon	6,67 (2,08)aAB	4,66 (0,57)abB	7,00 (1,00)bcdeA	6,66 (0,57)abA	11,33 (1,52)dA
	Rígida	3,66 (1,52)aA	5,00 (0,00)abAB	7,66 (1,52)cdeAB	4,33 (1,52)abA	10,00 (2,00)cdeB
	Semi-rígida	6,00 (5,29)aA	6,00 (2,65)abA	9,00 (1,00)deAB	6,33 (0,57)abA	13,33 (1,52)eB

Letras minúsculas diferentes na coluna ou maiúsculas em linha indicam diferença estatística ($p < 0,05$)

Considerando unicamente o ponto C na simulação do movimento de lateralidade, verificou-se não haver diferenças estatísticas entre os tipos de esplintagem (Tabela 9).

TABELA 9 - Valores médios de tensão (Mpa) obtidos na posição de lateralidade de acordo com as regiões avaliadas: ponto A- cervical distal, B- mediano distal, C- apical, D- mediano mesial, E- cervical mesial.

<i>Oclusão</i>	<i>Esplintagem</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>
Normal	Controle	3,67 (2,08)aAB	6,33 (0,57)aAB	0,00 (0,00)aA	10,00 (1,73)ab	11,00 (2,00)bb
	Fibra	11,00 (4,58)aA	7,67 (6,66)aA	3,00 (1,73)aA	5,00 (1,00)aA	6,66 (0,57)abA
	Nylon	3,33 (1,15)aA	1,33 (1,15)aA	2,66 (0,57)aA	4,33 (3,21)aA	3,00 (3,61)abA
	Rígida	4,67 (3,21)aA	6,00 (5,20)aA	1,33 (1,52)aA	8,66 (1,15)aA	9,33 (1,52)ba
	Semi-rígida	5,33 (2,08)aA	7,00 (0,00)aA	4,67 (4,04)aA	2,00 (1,00)aA	1,00 (1,00)aA

Letras minúsculas diferentes na coluna ou maiúsculas em linha indicam diferença estatística ($p < 0,05$)

6.DISCUSSÃO

A esplintagem de dentes permanentes tem sido descrita como uma modalidade eficaz no tratamento de pacientes com traumatismo dentário. (EMSHOFF, MOSCHEN, STROBL, 2008, ANDREASEN *et al.* 2004, YILDIRIM, ATAUGLU, KARAMAN, 2006; BURCAK, STEPHAN, CEHRELI, 2006; FLORES *et al.* 2007). A maioria das pesquisas realizadas até hoje são estudos clínicos que relatam o procedimento do tratamento e/ou a proervação dos casos.(JÄRVINEN, 1978; OIKARINEM, 1987; VITSENTZOS, 1989; EBELESEDER, 1995; VON ARX, FILIPPI, BUSER, 2001; KARAMAN, KIR, BELLI, 2002; ANDREASEN *et al.* 2004; BAUSS *et al.*, 2005; ANDREASEN, BAKLAND, ANDREASEN, 2006; LIN, EMODI, EL-NAAJ, 2008; FERRAZZINI-POZZI, VON ARX, 2008; EMSHOFF, MOSCHEN, STROBL, 2008). Alguns estudos em animais também foram realizados visando análises clínicas e/ou histológicas do processo de reparo (OIKARINEN, ANDREASEN, ANDREASEN, 1992; FILIPPI, VON ARX, LUSSI, 2002;), mas poucos estudos laboratoriais foram desenvolvidos com a finalidade de observação do funcionamento da distribuição das forças geradas pelo sistema estomatognático,(MAHLER E PEYTON, 1945; GLICKMAN *et al.* 1970; CAPUTO, CHACONAS E HAYASHI 1974; PREVOST, *et al.* 1994; BURCAK, STEPHAN, CEHRELI, 2006; BERTHOLD, THALER, PETSCHULT, 2009), não havendo nenhum estudo utilizando a metodologia deste trabalho.

Sabe-se que as esplintagens modernas devem ser confeccionadas de forma rápida sem a necessidade de laboratório, utilizando os materiais convencionais do consultório, de fácil aplicação, baixo custo e sem causar danos aos dentes e tecidos periodontais. Não devem interferir na oclusão e higiene bucal, devem assegurar uma fixação adequada dos dentes durante todo o período de imobilização garantindo rigidez ou flexibilidade conforme o tipo de trauma (BERTHOLD, THALER, PETSCHULT, 2009; ANDREASEN *et al.* 2004; BURCAK, STEPHAN, CEHRELI, 2006). Sobre os aspectos considerados anteriormente observamos que as esplintagens com braquetes e fios ortodônticos não são as mais simples de confecção exigindo materiais específicos e talvez conferindo dificuldade de execução para alguns clínicos.

A esplintagem semi-rígida permite que haja micro movimentos essenciais para a produção e maturação de colágeno, síntese de protolágeno

pelos fibroblastos, manutenção da vascularização e retorno venoso acelerando a reorganização do ligamento periodontal (BURCAK, STEPHAN, CEHRELI, 2006, ANDREASEN *et al.* 2004; VON ARX, FILIPPI, BUSER, 2001; FLORES *et al.* 2007). Oikarinen *et al.* (1995) avaliaram a rigidez das várias técnicas de imobilização em *in vitro* em mandíbulas dissecadas de ovelhas usando medições vertical e horizontal por meio de Periotest, concluindo que uma esplintagem com fio flexível mais resina e uma esplintagem Protemp (Protemp II, ESPE, Seefeld, Alemanha), cumpriam as exigências para esplintagens de dentes luxados permitindo flexibilidade vertical, mas mantendo adequado apoio lateral. Partindo do mesmo princípio, a fibra de vidro utilizada como esplintagem semi-rígida, apresentou os melhores resultados em comparação com os outros tipos de esplintagem avaliados justamente por proporcionar uma melhor distribuição e absorção das tensões recebidas em oclusão cêntrica e topo-a-topo.

Quando analisado as forças sobre o elemento luxado (11) a distribuição das tensões ocorreu de melhor forma em oclusão cêntrica do que em infra-oclusão, porém na posição de topo-a-topo a melhor distribuição de tensões ocorreu em infra-oclusão, sugerindo um ajuste oclusal do elemento traumatizado com desgaste do contato incisal em protrusão e manutenção do contato palatino no fechamento.

Apesar do fio de nylon apresentar os menores valores de indução de força sobre o dente supostamente traumatizado (elemento 11) em lateralidade, isso indica sua característica de não distribuição de tensão aos dentes adjacentes, provavelmente devido à alta flexibilidade do material. Entretanto quando avaliado a região do ápice radicular do elemento em função, este material apresentou os maiores valores na indução das forças recebidas, fator este apontado como negativo já que não há distribuição adequada da força sobrecarregando o dente traumatizado.

Bauss *et al.* (2005) mostraram que a fixação rígida por um período prolongado é capaz de interferir negativamente nos incrementos radiculares de dentes transplantados em formação e no comprimento final da raiz devido a um déficit nutricional no processo de revascularização, mas apontaram que estes resultados estão associados não somente ao tipo da esplintagem isoladamente, mas ao período de permanência prolongado. Segundo Andreasen *et al.* (2004) a cicatrização natural não é normalmente associada a imobilidade absoluta entre as

superfícies do tecido lesado. Após um trauma, a reação de dor resultante da injúria implicaria na restrição da função, que no caso dos dentes luxados levaria a uma limitação da carga oclusal. Um procedimento de imobilização, portanto, implicaria na alteração dos eventos naturais de reparo, devido à restrição da mobilidade entre as superfícies lesadas. Esta imobilização poderia resultar em uma circulação reduzida. Neste estudo, apesar de não avaliarmos o período de esplintagem, encontramos diferenças quanto a distribuição das forças, em relação as esplintagens rígidas e semi-rígidas. O fio de aço 021” x 025” utilizado como esplintagem rígida, foi considerado o material capaz de maior indução de tensão em oclusão cêntrica e lateralidade, não sendo capaz de absorver a tensão recebida mais sim transmitir toda a tensão.

Considerando-se região do ápice radicular, no estudo de Burcak, Stephan, Cehreli, (2006) sob a força vertical, as tensões mais altas foram observadas nos dentes não esplintados e com o sistema Ribbond de fibra de polietileno, considerando que as mais baixas franjas aconteceram com o uso do fio ortodôntico.

A utilização da contenção utilizando fibra de vidro quando associada a um desgaste incisal porém mantendo o ponto de contato palatino mostrou-se ser o método de melhor dissipação de tensão. Com isso, pode-se esperar uma melhor recuperação clínica do dente traumatizado.

7.CONCLUSÃO

- A fibra de vidro se mostrou o material com melhor capacidade na distribuição de tensões sob a aplicação de forças no sentido vertical.
- Um ajuste oclusal do elemento traumatizado com desgaste do contato incisal em protrusão e manutenção do contato palatino no fechamento pode ser indicado para favorecer as características da fibra de vidro.
- O fio de nylon apresentou características de não distribuição de tensões, não sendo indicado seu uso quando o elemento traumatizado estiver em oclusão.

REFERÊNCIAS

1. ALCÂNTARA, R. M. **Estudo da distribuição das tensões provenientes de molas helicoidais utilizadas na verticalização de molares pelo método da fotoelasticidade de transmissão plana.** 2006. 106 p. Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2006.
2. ANDREASEN, J. O. *et al.* Healing of 400 intra-alveolar root fractures. 2. Effect of treatment factors such as treatment delay, repositioning, splinting type and period and antibiotics. **Dent. Traumatol.**, Copenhagen, v. 20, n. 4, p. 203-211, 2004.
3. ANDREASEN, J. O.; BAKLAND, L. K.; ANDREASEN, F. M. Traumatic intrusion of permanent teeth. Part 3. A clinical study of the effect of treatment variables such as treatment delay, method of repositioning, type of splint, length of splinting and antibiotics on 140 teeth. **Dent. Traumatol.**, Copenhagen, v. 22, n. 2, p. 99-111, 2006.
4. BABONI, C. R. **Análise fotoelástica do efeito da eletroerosão e seqüências de apertos de parafusos em infra-estrutura implanto-suportada.** 2006. Dissertação (Mestrado em Clínica Odontológica) - Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Piracicaba. 2006.
5. BADRAN, S. A. *et al.* Photo-elastic stress analysis of initial alignment archwires. **Eur. J. Orthod.**, London, v. 25, n. 2, p. 117-125, 2003.
6. BATTENHOUSE, M. A.; NAZIF, M. M.; ZULLO, T. Emergency care in pediatric dentistry. **ASDC J. Dent. Child.**, Chicago, v. 55, p. 68-71, 1988.
7. BAUSS, O. R., *et al.* Effect of different splinting methods and fixation periods on root development of autotransplanted immature third molars. **J. Oral Maxillofac. Surg.**, Philadelphia, v. 63, n. 3, p. 304-310, Mar. 2005.
8. BERTHOLD, C.; THALER, A.; PETSCHERT, A. Rigidity of commonly used dental trauma splints. **Dent. Traumatol.**, Copenhagen, v. 25, n. 3, p. 248-255, 2009.
9. BOSSO, K. **Análise fotoelástica das tensões geradas por diferentes tipos de pinos intrarradiculares.** 2008. 120f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Universidade Norte do Paraná, Londrina. 2008.
10. BRUNS, T.; PERINPANAYAGAM, H. Dental trauma that require fixation in a children's hospital. **Dent. Traumatol.**, Copenhagen, v. 24, n. 1, p. 59-64, Feb. 2008.

11. BURCAK, C. S.; STEPHAN, A. A.; CEHRELI, Z. C. Biomechanical effects of splint types on traumatized tooth: a photoelastic stress analysis. **Dent. Traumatol**, Copenhagen, v. 22, n. 3, p. 133-138, June 2006.
12. EBELESEDER, K. A. *et al.* Splints made of wire and composite: an investigation of lateral tooth mobility- *in vivo*. **Endod. Dent. Traumatol.**, Copenhagen, v. 11, n. 6, p. 288-293. 1995.
13. EMSHOFF, R.; MOSCHEN, I.; STROBL, H. Adverse outcomes of dental trauma splinting as related to displacement injury and pulpal blood flow level. **Dent. Traumatol.**, Copenhagen, v. 24, n. 1, p. 32–37, 2008.
14. FERRAZZINI-POZZI, E. C.; VON ARX, T. Pulp and periodontal healing of laterally luxated permanent teeth: results after 4 years. **Dent. Traumatol.** Copenhagen, v. 24, n. 6, p. 658–662, 2008.
15. FILIPPI, A., VON ARX, T.; LUSSI, A. Comfort and discomfort of dental trauma splints: a comparison of a new device (tts) with three commonly used splinting techniques. **Dent. Traumatol.**, Copenhagen, v. 18, n. 5, p. 275-280, Oct. 2002.
16. FLORES, M. T. *et al.* Guidelines for the management of traumatic dental injuries. I. Fractures and luxations of permanent teeth. **Dent. Traumatol.**, Copenhagen, v. 23, n. 2, p. 66–71, Apr. 2007.
17. GLIKMAN, I. *et al.* Photoelastic analysis of internal stress in the periodotium create by oclusal forces. **J. Periodontol.**, Chicago, v. 41, n. 1, p.30-35, 1970.
18. HINCKFUSS, S. E.; MESSER, L. B. Splinting duration and periodontal outcomes for replanted avulsed teeth: a systematic review. **Dent. Traumatol.**, Copenhagen, v. 25, n. 2, p.150–157, 2009.
19. JÄRVINEN, S. Incisal overjet and traumatic injuries to upper permanent incisors. **Acta Odontol. Scand.**, London, v. 36, n. 6, p. 359-362, 1978.
20. KARAMAN, A. I.; KIR, N., BELLI, S. Four applications of reinforced polyethylene fiber material in orthodontic practice. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, v. 121, n. 6, p. 650-654, June 2002.
21. LIN, S.; EMODI, O.; ABU EL-NAAJ, I. Splinting of an injured tooth as part of emergency treatment. **Dent. Traumatol.**, Copenhagen, v. 24, n. 3, p. 370-372, June 2008.
22. MAHLER, D. B.; PEYTON, F. A. Photoelasticity as a research technique for analysis stresses in dental structures. **J. Dent. Res.**, v. 34, n. , p. 831-838, 1955.
23. NOONAM, M. A. The use of photoelasticity in a study of cavity preparations. **J. Dent. Child**, Fulton, MO, v. 16, n. 4, p. 24-28, 1949.

24. OIKARINEN, K. Functional fixation for traumatically luxated teeth. **Endod. Dent. Traumatol.**, Copenhagen, v. 3, n. 5, p. 224-228, 1987.
25. OIKARINEN, K.; ANDREASEN, J. O.; ANDREASEN, F. M. Rigidity of various fixation methods used as dental splints. **Endod. Dent. Traumatol.**, Copenhagen, v. 8, n. 3, p. 113-119, 1992.
26. OIKARINEN, K. Tooth splinting: a review of the literature and consideration of the versatility of a wire-composite splint. **Endod. Dent. Traumatol.**, Copenhagen, v. 6, n. 6, p. 237-250, 1990.
27. PREVOST, J. *et al.* A study of forces originating from orthodontic appliances for splinting of teeth. **Endod. Dent. Traumatol.**, Copenhagen, v. 10, n. 4, p. 179-184, 1994.
28. SANTOS FILHO, P. C. *et al.* Dental trauma: restorative procedures using composite resin and mouthguards for prevention. **J. Contemp. Dent. Pract.**, Cincinnati, OH, v. 8, n. 6, p. 89-95, 1 Sept. 2007.
29. TRAEBERT, J. *et al.* Prevalence of traumatic dental injury and associated factors among 12-year-old school children in Florianópolis, Brazil. **Dent. Traumatol.**, Copenhagen, v. 19, n. 1, p. 15-18, Feb. 2003.
30. VITSENTZOS, S. I. Stabilization technique for mobile teeth. **J. Prosthetic Dent.**, St. Louis, MO, v. 61, n. 1, p. 6-9, Jan. 1989.
31. VON ARX, T.; FILIPPI, A.; LUSSI, A. Comparison of a new dental trauma splint device (tts) with three commonly used splinting techniques. **Dent. Traumatol.**, Copenhagen, v. 17, n. 6, p. 266-274, Dec. 2001.
32. VON ARX, T.; FILIPPI, A.; BUSER, D. Splinting of traumatized teeth with a new device: tts (titanium trauma splint). **Dent. Traumatol.**, Copenhagen, v. 17, n. 4, p. 180-184, Aug. 2001.
33. YILDIRIM, Oz. G.; ATAOGU, H.; KARAMAN, A. L. An alternative method for splinting of traumatized teeth: case reports. **Dent. Traumatol.**, Copenhagen, v. 22, n. 6, p. 345-349, Dec. 2006.
34. ZENG, Y.; SHELLER, B.; MILGROM, P. Epidemiology of dental emergency visits to an urban children's hospital. **Pediatr. Dent.**, Chicago, v. 16, n. 6, p. 419-423, Nov.-Dec. 1994.