
CONTRIBUIÇÃO PARA O ESTUDO DO COMPORTAMENTO BIOMECÂNICO DE DENTES SUBMETIDOS A PREPARAÇÕES CAVITÁRIAS CONVENCIONAIS E CONSERVADORAS*

Luís Pires Lopes¹, Jorge Leitão², William Douglas³

RESUMO: A perda de resistência mecânica dos dentes, após terem sido submetidos a diferentes preparações cavitárias convencionais, foi demonstrada por vários autores como sendo proporcional à remoção de estrutura dentária. Recentemente, foi proposta uma nova forma mais conservadora para o tratamento das pequenas lesões de cárie interproximais. Esta técnica, designada por "Preparação em Túnel", preserva a crista marginal e tem sido advogada por não afectar significativamente a resistência à fractura do dente. No presente estudo foram medidas as deflexões das cúspides de dentes premolares superiores assim preparados, quando submetidos a forças de compressão. Foi comparado o efeito sobre a rigidez e histerese dentária da extensão proximal em túnel, a partir de uma cavidade oclusal ou mesio-oclusal pré-existente, relativamente à extensão convencional do tipo caixa proximal. Os resultados deste estudo mostram que a preparação em túnel quando realizada a partir de uma cavidade já existente, oclusal ou mesio-oclusal, não afecta significativamente a rigidez e a histerese do dente. Estes resultados suportam fortemente a opção da extensão em túnel contra a execução de caixas proximais, nas circunstâncias descritas.

ABSTRACT: It has been shown that the weakening of teeth following various cavity preparations is due to the decrease in strength of the tooth proportional to the amount of tissue removed. Recently an alternative cavity design has been proposed to treat small proximal carious lesions which preserves the marginal ridge intact. This so called "tunnel preparation" has claimed to be more likely to improve the fracture resistance of the remaining tooth structure. In this study, the cuspal deformation of maxillary premolars with different types of cavity preparations was measured using strain gauges. The effect of extending a tunnel preparation from an occlusal or mesio-occlusal cavity as well as to a conventional "box extension" on coronal rigidity and hysteresis of the remaining hard tissues of the tooth was compared. The results of the present study indicate that the tunnel extensions to the occlusal and to the mesio-occlusal preparations did not significantly affect the coronal stiffness and hysteresis of the tooth. The results of this study strongly favour tunnel extension over box extension.

Lopes, LP e Col. Contribuição para o Estudo do Comportamento Biomecânico de Dentes Submetidos a Preparações Cavitárias Convencionais e Conservadoras. Rev. Port. de Est. e Cir. Maxilofac. 1996; Vol. 37 (3): págs. 153-164

1 Assistente da Disciplina de Materiais Dentários da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade de Lisboa

2 Professor Associado e Regente da Disciplina de Materiais Dentários da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade de Lisboa

3 Professor Associado e Director do Biomaterials Research Center da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade de Minnesota

* Trabalho submetido à Faculdade de Medicina Dentária da Universidade de Lisboa para as provas de aptidão científica e pedagógica, Outubro de 1995

INTRODUÇÃO

Um dos objectivos mais importantes da dentisteria operatória moderna consiste, para além da restauração da forma e função dos dentes perdidas em consequência de cárie ou de lesão traumática, no reforço da resistência global do dente à fractura. O enfraqueci-

mento dos dentes após terem sido submetidos a diferentes preparações cavitárias, foi demonstrado por vários autores através de estudos da resistência final à fractura (1,2,3,4,5). Embora os resultados destes estudos apresentem alguma variação, todos os autores mostram que a resistência mecânica do dente diminui em proporção directa com a quantidade de estrutura dentária removida. Este facto é particularmente evidente em relação à largura do istmo oclusal e à existência de caixas proximais nas preparações dentárias.

Existem vários trabalhos que demonstram um aumento da deflexão das cúspides vestibular e lingual de dentes premolares, quando submetidos a preparações cavitárias progressivamente mais mutilantes. A deflexão exagerada das cúspides torna o dente mais susceptível à fractura por fenómenos de fadiga e pode originar o aparecimento de microfendas na interface dente/restauração (6,7). Estes estudos foram realizados acoplando terminais eléctricos de extensometria "strain gauges" às superfícies vestibular e lingual dos dentes (8,9,10,11,12) sendo os valores de microdeformação obtidos directamente proporcionais à deflexão das cúspides. Estes terminais permitem também a visualização da histerese. Este fenómeno resulta do facto de o dente após ter sido submetido a uma carga e de sofrer a correspondente deformação, não retornar imediatamente à sua forma original. Este hiato no tempo, é responsável pela absorção por parte do dente de energia não dissipada, podendo-se criar neste fendas que progridem posteriormente por planos de fractura. É consensualmente aceite que os procedimentos operatórios conservadores que mantêm mais estrutura dentária sã, afectam menos a rigidez global do dente e aumentam menos a sua histerese, diminuindo os riscos de fractura dentária prematura. A manutenção da rigidez dentária é também importante na eficiência mastigatória e na precisão dos contactos intermaxilares.

Idealmente, o material restaurador deve induzir a recuperação da rigidez e resistência mecânica do dente restaurado para valores próximos dos do dente íntegro. Este ideal não é contudo atingido em dentes apresentando cavidades de grandes dimensões, mesmo utili-

zando os compósitos e adesivos dentinários recentemente desenvolvidos. É então fundamental conservar o máximo de estrutura dentária para que o dente restaurado não fique enfraquecido e susceptível a sofrer fractura.

Recentemente, foi proposta uma nova forma mais conservadora para o tratamento das pequenas lesões de cárie interproximais. Esta técnica designada por "Preparação em Túnel", preserva a crista marginal e tem sido advogada como não afectando significativamente a rigidez da coroa dentária (13,14,15). Hill e col. (16) demonstraram que a utilização do cimento de ionómero de vidro como material restaurador em preparações em túnel, induzia um reforço da resistência mecânica da crista marginal, situando-se em valores muito próximos dos do dente íntegro. Covey e col. (17) examinaram igualmente a preparação em túnel e verificaram que após a restauração com amálgama ou com resina composta a crista marginal apresentava valores de resistência mecânica semelhantes às observadas num dente intacto. Fasbinder e col. (18) concluíram que a resistência à fractura sob forças de compressão da crista marginal remanescente, diminuía proporcionalmente ao aumento de dimensões da preparação em túnel. Contudo, a restauração com um cimento de ionómero de vidro modificado do tipo "cermet", reforçava a crista marginal de um modo muito eficaz excepto, nos casos em que o túnel apresentava grandes dimensões. Embora aparentemente esta técnica restauradora mais conservadora seja vantajosa, são poucos os clínicos que a utilizam. A principal razão será provavelmente a dificuldade em visualizar e remover o tecido cariado, resultado do estreito acesso obtido com esta técnica (14). Isto é particularmente verdade ao nível do "tecto" do túnel. No entanto, no caso de existir uma restauração ou cárie na face oclusal, a execução da preparação em túnel é francamente facilitada pela existência de um acesso previamente estabelecido, eliminando-se muitas das dificuldades clínicas anteriormente apontadas.

No presente estudo foram utilizados terminais de extensometria acoplados à superfície das cúspides de dentes premolares, registando-se os valores de defor-

mação ocorrida nestas quando os dentes eram submetidos a forças de compressão. O objectivo deste trabalho consistiu em comparar o efeito de extender a preparação em túnel a partir de uma cavidade oclusal ou mesio-oclusal, relativamente à extensão convencional tipo caixa proximal, sobre a rigidez coronária, de modo a determinar a validade deste tratamento mais conservador.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram seleccionados sete dentes premolares superiores recentemente extraídos e que não apresentavam restaurações ou lesões de cárie. Os dentes foram conservados em água destilada à temperatura de 4°C, tendo sido previamente inspecionados com um estereomicroscópio, para a eliminação daqueles que apresentassem linhas de fractura ao nível do esmalte. Durante a preparação dos espécimes e em toda a fase experimental, foi posto especial cuidado em evitar que estes sofressem desidratação.

Foram soldados cabos eléctricos, de espessura apropriada, aos terminais de extensometria "strain gauges" (CEA-06-032 UW-120, Measurements Group, Raleigh, N.C. 08520, USA) previamente conformados para adaptação perfeita ao contorno dos dentes. Os terminais de extensometria foram então acoplados às superfícies vestibular e lingual dos dentes, aproximadamente 1 mm acima da junção amelo-cementária. O local do dente escolhido para a colagem foi condicionado com ácido ortofosfórico a 37% durante 1 minuto, lavado com água e seco com jacto de ar. A face interna do "strain gauge" foi limpa com clorofórmio tendo-se-lhe aplicado de seguida a substância adesiva (M Bond 2000, Measurements Group, Raleigh, N.C. 08520, USA) de modo a obter-se a colagem ao dente. O "strain gauge", o ponto de solda e a estrutura dentária adjacente foram então cobertos por três camadas de adesivo dentário (Scotchbond 2, 3M Dental Products Div. St. Paul, MN, 55101, USA) com o fim de fixar melhor o extensómetro e evitar a corrosão do ponto de união deste aos cabos eléctricos.

Os dentes, com os respectivos terminais de extensometria, foram montados aos pares em anéis de nylon utilizando-se para o efeito resina acrílica autopolimerizável e colocados de tal forma que 2 mm de raiz ficasse exposta. Os cabos eléctricos ficaram parcialmente embebidos na resina de modo a assegurar a sua maior estabilidade. Em cada anel, um dos dentes foi utilizado para ensaio experimental, funcionando o outro como controlo compensador de qualquer deformação resultante de variações térmicas (Fig. 1).

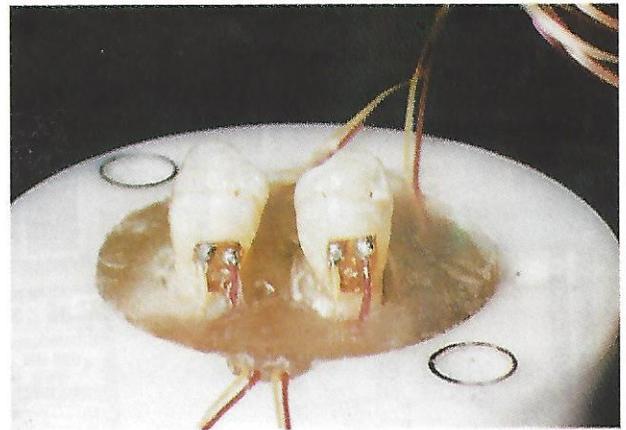


Fig 1 – Dentes montados em resina acrílica no anel de nylon, visualizando-se as superfícies linguais com os "strain gauges" conectados.

Os "strain gauges" foram conectados a um sistema de condicionamento de sinal eléctrico e medição da deformação (2100 System, MicroMeasurements, Raleigh, N.C. 08520, USA), estabelecendo o conjunto um circuito eléctrico em ponte de Wheatstone, em que os dois extensómetros constituíam metade da ponte e o aparelho condicionador de sinal a outra metade. Este circuito, assim configurado, permite compensar a deformação resultante da variação da temperatura ambiente e registada no "strain gauge" do dente testado, pela deformação igual e de sentido oposto obtida a partir do "strain gauge" do dente que funciona como controlo. Os valores de microdeformação detectados por este circuito resultam unicamente da deformação causada no dente testado, pela aplicação de uma carga.

O anel de resina com os dentes montados foi colocado no braço inferior fixo de uma máquina de testes mecânicos universais servohidráulica (MTS 812, MTS Systems, Eden Prairie, MN 55344, USA) (Fig.2). No braço superior da máquina MTS, fixou-se um dispositivo de carga, com a forma de uma esfera de aço com 6,3 mm de diâmetro. Ao deslocar o braço superior, a esfera era levada ao contacto com o espécimen. Este era previamente preparado, sendo feitos pequenos desgastes nas cúspides vestibular e lingual com o objectivo de prevenir qualquer deslizamento da esfera durante o seu contacto com o dente (Fig.3).

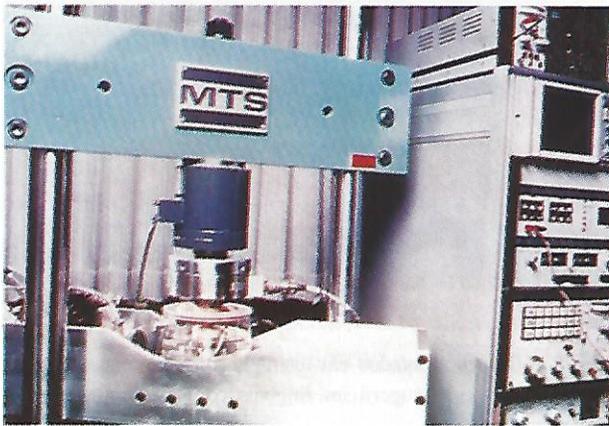


Fig. 2 – Aparelho de testes universais servohidráulico MTS.

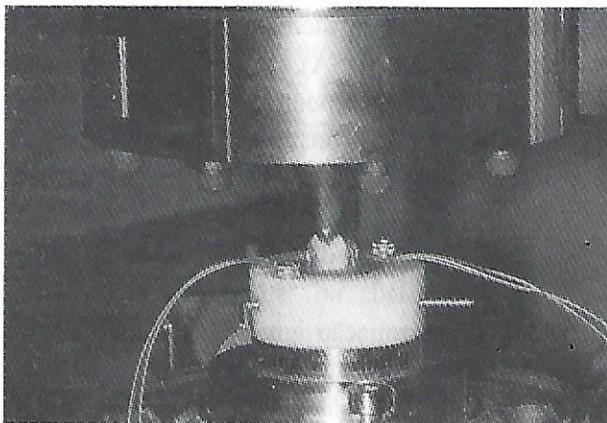


Fig.3 – Braço superior da máquina de testes mecânicos universal MTS com a esfera metálica em contacto com as cúspides do dente testado, durante o ensaio mecânico.

O programa do sistema servohidráulico MTS foi configurado para aplicar uma carga de forma constante à velocidade de 37 N/seg durante 3 segundos e a permitir posteriormente fazer a recuperação ao ritmo de 37 N/seg durante 3 segundos. A carga máxima aplicada em cada ensaio foi de 111 Newtons, o que corresponde ao intervalo de variação das forças mastigatórias normalmente exercidas dentro da cavidade oral (19,20,21).

A partir do aparelho de testes universal servohidráulico e dos terminais de extensometria acoplados aos dentes foram derivados respectivamente os valores de carga e deformação para um aparelho de registo gráfico (MTS Systems, Eden Prairie, MN 55344, USA), obtendo-se uma curva carga/deformação correspondente às cúspides vestibulares e linguais (Fig. 4). Com o fim de evitar possíveis erros de leitura dos dados ou pequenas oscilações dos aparelhos de aplicação de força e de registo de deformação, os dentes foram submetidos a cinco ensaios sucessivos em cada uma das seis condições testadas, tendo sido obtida a média dos cinco valores de deformação registadas.

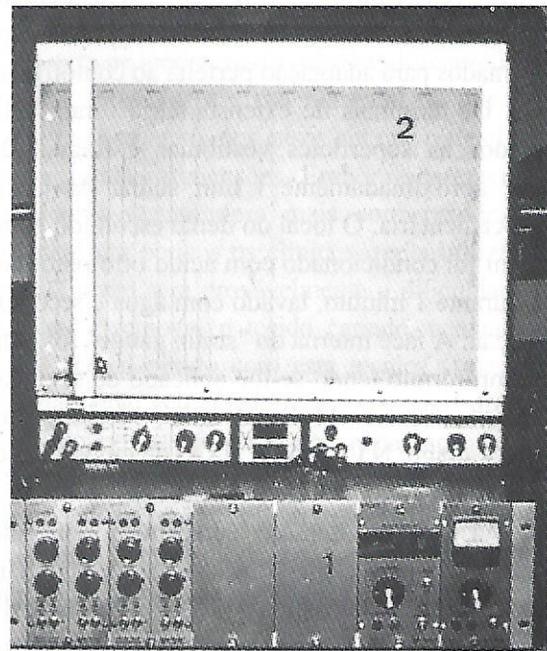


Fig. 4 – Aparelho condicionador de sinal eléctrico (1) e aparelho de registo força / deformação (2).

Foram executadas sucessivamente em cada um dos dentes testados as seguintes preparações dentárias; oclusal, ocluso-túnel, mesio-oclusal, mesio-ocluso-túnel e mesio-ocluso distal numa sequência crescente de remoção de tecidos duros. O modelo experimental deste estudo é apresentado no Quadro I. As prepara-

em cada dente, foi determinada a média dos cinco valores de deformação máxima registados em cada cúspide. Em seguida foi calculada a média dos valores obtidos para as cúspides vestibular e-lingual, já que é possível ocorrerem pequenos deslizamentos entre a esfera e as vertentes destas durante as diferentes

Quadro I
Condições experimentais

Sequência de procedimentos para cada dente	Condição #
Dente íntegro	1
Preparação oclusal	2
Preparação ocluso-túnel (OT)	3
Preparação mesio-oclusal (MO)	4
Preparação mesio-ocluso-túnel (MOT)	5
Preparação mesio-ocluso-distal (MOD)	6

ções foram realizadas com alta velocidade, aproximadamente 200.000 rpm, sob refrigeração de jacto de água. Utilizaram-se brocas diamantadas novas para cada cavidade, cilíndricas nº 837/014 e esféricas nº 801/016 para a execução da extensão em túnel. A largura do istmo da face oclusal das preparações executadas correspondeu a cerca de um terço da distância intercuspídea. A profundidade média das cavidades na zona oclusal foi de 2 mm. O diâmetro da preparação em túnel foi aproximadamente de 2 mm, tendo-se conservado uma secção de pelo menos 2x2 mm da crista marginal. A distância entre as margens vestibular e palatina das caixas proximais foi de um terço da largura vestibulo-lingual do dente. A margem cervical das caixas proximais foi talhada 1 mm acima da junção amelo-cementária. Nas Figs 5, 6, 7, e 8 são apresentados alguns exemplos das cavidades realizadas segundo os princípios acima enunciados.

Cada dente foi submetido a cinco ensaios com uma força de compressão de 111 Newtons, no estado de íntegro e para cada uma das condições experimentais, tendo os valores de deformação máxima das suas cúspides sido registados em unidades de microdeformação (μm). Para cada uma das condições estudadas



Fig. 5 – Dentes incluídos em resina acrílica no anel de nylon, com os "strain gauges" acoplados. O dente testado apresenta uma cavidade oclusal. O dente controlo está intacto.



Fig. 6 – Dentes incluídos em resina acrílica no anel de nylon. O dente testado apresenta uma cavidade ocluso-túnel (OT). O dente controlo está intacto.



Fig. 7 - Preparação em túnel realizada no dente testado. Visualização pela face oclusal.

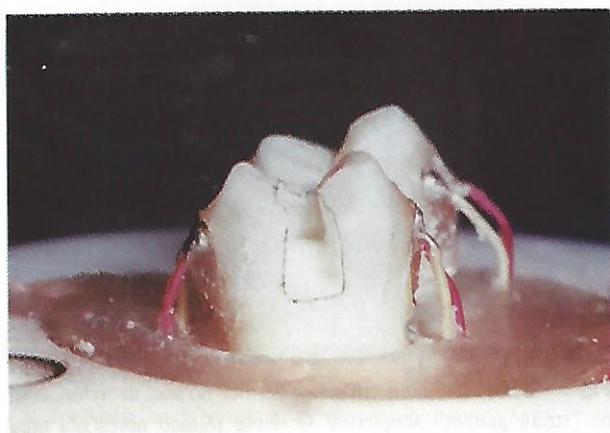


Fig. 8 - Cavidade mesio-oclusal (MO) realizada no dente testado. O dente controlo está intacto.

etapas experimentais. Os dados assim tratados traduzem a deformação simultânea das duas cúspides e dão-nos uma noção mais rigorosa do comportamento global do dente sob a acção das forças aplicadas.

A deformação relativa (DR) foi calculada pela seguinte equação de acordo com Lopes e col. (12).

$$DR = \frac{\text{Deformação máxima observada no dente na condição testada}}{\text{Deformação máxima observada no dente na condição de íntegro}}$$

O dente íntegro foi considerado como condição controlo, tendo-lhe sido atribuído o valor de 1 de deformação relativa.

A rigidez relativa (RR) é simplesmente o inverso da deformação relativa:

$$RR = \frac{\text{Deformação máxima observada no dente na condição de íntegro}}{\text{Deformação máxima observada no dente na condição testada}} = \frac{1}{DR}$$

A apresentação dos resultados de deformação e rigidez, tomados sempre em relação à condição de dente íntegro, minimiza as variações experimentais e permite a comparação do efeito das diferentes preparações entre os sete dentes testados (10).

As curvas força/deformação registadas durante os ensaios foram posteriormente analisadas, tendo-se estudado em particular o tipo de curva correspondente à aplicação da carga e à sua recuperação. O diagrama da relação força/deformação para a cúspide vestibular de um dente apresentando uma cavidade MOD, é ilustrado na Fig.9. A curva superior traduz o comportamento da cúspide em carga e a inferior o relaxamento desta, após a remoção da força. Existe uma discrepância entre a curva em carga e a curva em relaxamento em virtude do retorno da cúspide à sua forma

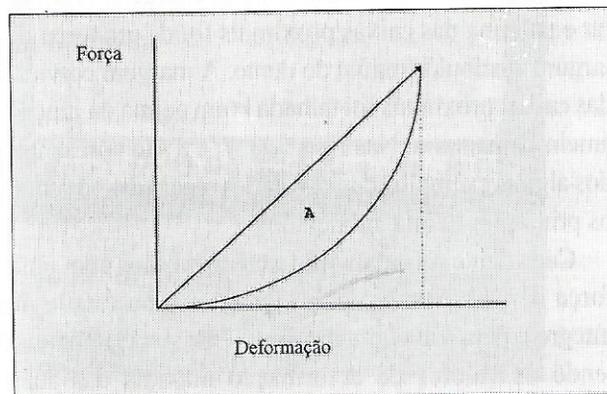


Fig. 9 - Diagrama da relação força/deformação. A - área entre a curva superior de carga e a curva inferior de recuperação.

original, ao cessar a força actuante, não se fazer imediatamente, havendo um hiato no tempo correspondente à histerese dentária.

A quantificação da histerese para o dente íntegro e para as diferentes condições experimentais, foi feita medindo a área A entre as curvas em carga e em relaxamento, a qual corresponde à histerese propriamente dita. As áreas, em cm^2 , foram medidas através de um analisador digital computadorizado (CADD, Version 2.0 Copyright © 1985, 1986: Generic Software). Foram calculadas as médias das áreas A dos cinco ensaios realizados para cada condição em cada dente. De seguida foram calculadas as médias da histerese observada nas cúspides vestibular e lingual de cada espécimen, pelas mesmas razões apresentadas anteriormente em relação à deformação dentária.

RESULTADOS

No Quadro II são apresentados os valores médios

Quadro II

Rigidez Relativa das Cúspides Vestibular e Lingual de Dentes Submetidos a Diferentes Condições Experimentais

Condição #	Média da rigidez relativa	Desvio padrão
1	1,00	---
2	0,80	(0,11)
3	0,81	(0,12)
4	0,58	(0,11)
5	0,52	(0,12)
6	0,36	(0,14)

de rigidez relativa (RR). Ao dente íntegro foi atribuído um valor de referência de rigidez relativa 1, ($RR = 1$), rigidez essa que podemos considerar como a ideal. As condições experimentais em que se obtêm valores de rigidez relativa dos dentes inferior a 1, ($RR < 1$), indicam uma perda de rigidez do dente e uma maior deflexão das suas cúspides. O Quadro II mostra que, à medida que maior quantidade de estrutura dentária é progressivamente removida, menor vai sendo a rigidez relativa (RR) da coroa dentária. O valor mais baixo foi de 0,36, o que equivale a 36% de rigidez relativa, e correspondeu à condição de dente com uma cavidade MOD.

Efectuou-se uma análise de variância bifactorial (ANOVA) para interpretar as diferenças de rigidez relativa entre as seis condições experimentais para os sete dentes estudados. O valor obtido para o *F*-teste foi de 73,683 ($p < 0,0001$), o que mostrou haver uma diferença altamente significativa entre as condições estudadas (Quadro III). Com o fim de identificar possíveis diferenças significativas entre as condições estudadas, quando comparadas duas a duas, foi calculado um intervalo de Scheffé para um nível de confiança de 95%. Como mostra o Quadro IV, com duas excepções, todos os pares de condições comparados estatisticamente mostraram ser significativamente diferentes. Entre as condições: preparação oclusal e ocluso-túnel, e entre mesio-oclusal e mesio-ocluso-túnel, as diferenças de rigidez dos dentes não apresentaram diferenças estatisticamente significativas.

Os valores de histerese relativa são apresentados no Quadro V. Ao dente íntegro foi atribuído o valor de referência de 1, tendo a histerese aumentado à medida

Quadro III

Análise de Variância Bifactorial da Rigidez Relativa para cada Condição Estudada

Fonte de variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadro Médio	"F"	p
Condições	1,899	5	0,380	73,683	$p < 0,0001$
Dentes	0,271	6	0,045	8,769	$p < 0,0001$
Resíduo	0,155	30	0,005		

(Variável dependente: Rigidez)

Quadro IV

Comparação de Scheffé para a Rigidez Relativa entre as Diferentes Condições Testadas

Condição	Oclusal	OT	MO	MOT	MOD
íntegro	0,0015*	0,0028*	0,0001*	0,0001*	0,0001*
oclusal		0,9999	0,0003*	0,0001*	0,0001*
OT			0,0001*	0,0001*	0,0001*
MO				0,8146	0,0003*
MOT					0,0114*

(* significativo para $p < 0,05$)

Quadro V

Histerese Relativa das Cúspides Vestibular e Lingual de Dentes Submetidos a Diferentes Condições Experimentais

Condição #	Média da Histerese Relativa	Desvio Padrão
1	1,00	---
2	1,59	(0,82)
3	1,82	(0,59)
4	3,39	(1,11)
5	4,69	(2,03)
6	9,53	(4,14)

logarítmica dos resultados, mostrou haver uma diferença estatisticamente muito significativa entre as seis condições estudadas ($F = 53,792$) para um grau de probabilidade de 99% (Quadro VI). Com o objectivo de localizar estas diferenças significativas foi calculado um intervalo de Scheffé para um nível de confiança de 95%. Como se verifica no Quadro VII, todos os pares de condições comparados estatisticamente mostraram ser significativamente diferentes para este nível de confiança, excepto entre as condições: dente íntegro e preparação oclusal, preparação oclusal e OT, e entre MO e MOT.

Quadro VI

Análise de Variância Bifactorial da Histerese Relativa para cada Condição Estudada

Fonte de variação	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Quadro Médio	"F"	p
Condições	4,219	5	0,844	53,315	$p < 0,0001$
Dentes	0,662	6	0,110	6,970	$p < 0,0001$
Resíduo	0,475	30	0,016		

Variável dependente: Rigidez

que maior quantidade de estrutura dentária foi removida. O valor máximo de histerese relativa foi registado para o dente apresentando uma cavidade MOD e correspondeu a um valor 9,53 vezes superior ao registado para o dente intacto. A análise de variância bifactorial (ANOVA) realizada após transformação

A análise de regressão linear feita aos resultados de rigidez e histerese relativas, obtidos para as diferentes condições estudadas, mostrou uma relação de interdependência muito significativa entre estas duas variáveis, com $R = 0,781$ (Quadro VIII), correspondendo a uma relação inversa entre a histerese e a rigidez dentárias.

Quadro VII

Comparação de Scheffé para a Histerese Relativa entre as Diferentes Condições Estudadas

Condição	oclusal	OT	MO	MOT	MOD
íntegro	0,4571	0,0465*	0,0001*	0,0001*	0,0001*
oclusal		0,8493	0,0007*	0,0001*	0,0001*
OT			0,0205*	0,0002*	0,0001*
MO				0,6437	0,0001*
MOT					0,0061*

(* significativo para $p < 0,05$)

Quadro VIII

Regressão Linear R entre as Variáveis Rigidez Relativa e Histerese Relativa das Diferentes Condições Experimentais

Comparação	R	Quadrado de R	Quadrado de R corrigido
42	0,781	0,611	0,601

DISCUSSÃO

O estudo do comportamento biomecânico das estruturas biológicas do tipo dos dentes humanos apresenta algumas dificuldades que se relacionam com a sua complexidade e a grande variabilidade das suas propriedades físicas (22). Devido a este facto, os testes mecânicos convencionais, destructivos, implicam a utilização de um grande número de amostras, de modo a permitir a obtenção de resultados estatisticamente significativos (23). Apresentam ainda como grande limitação o facto de não simularem totalmente as condições naturais. O delineamento experimental clássico preconiza a aplicação de cargas crescentes e de grande magnitude até à fractura do dente, o que raramente ocorre na cavidade oral (23). Neste estudo utilizou-se uma metodologia recente, não destructiva, tendo sido aplicadas forças de forma constante à velocidade de 37 N/seg durante 3 segundos e posterior relaxamento com a mesma velocidade. As cargas máximas aplicadas foram de 111 Newtons, valor que

parece corresponder mais fielmente ao intervalo de variação das cargas mastigatórias normalmente exercidas sobre os dentes (19). A utilização de "strain gauges" conectados intimamente à superfície vestibular e lingual das cúspides de dentes premolares superiores, permitiu avaliar com grande precisão o seu grau de deflexão quando sob a acção destas cargas. Esta técnica não destructiva, possibilita o estudo sequencial do efeito de diferentes procedimentos, quer operatórios quer restauradores, efectuados num dente, sobre o seu comportamento biomecânico, começando por utilizá-lo como valor de referência. É uma metodologia que para além da sua extrema sensibilidade e rigor permite obter resultados estatisticamente significativos com um número reduzido de amostras, ao reduzir a variação inter-dentes (23).

A diminuição de rigidez do dente observada em todas as condições experimentais, cavidades oclusal, OT, MO, MOT e MOD, relativamente à condição de íntegro, foi estatisticamente significativa e é coincidente com os estudos de Morin e col. (8), e de Douglas

(10). Estes resultados confirmam a corrente de opinião que defende que, durante os procedimentos operatórios, dever-se-á preservar o máximo de estrutura dentária sã, optando, sempre que necessário, por novas técnicas mais conservadoras. No Quadro IV apresentam-se duas correlações, cavidade oclusal versus ocluso-túnel e cavidade mesio-oclusal versus mesio-ocluso-túnel, que não mostraram ser significativamente diferentes. Isto indica que a execução da extensão em túnel, a partir de uma cavidade oclusal ou de uma mesio-oclusal, não afecta significativamente a rigidez coronária. Este resultado vem reforçar a teoria de que a manutenção da crista marginal é da maior importância para a preservação da integridade do dente. As diferenças entre as médias de rigidez relativa, apresentadas no Quadro II, mostram que as consequências do sacrifício de estrutura dentária na execução de uma extensão em túnel a partir de uma cavidade oclusal, foram, em termos biomecânicos, praticamente nulas, já que o valor registado de + 0,01 está dentro do intervalo de erro atribuível à reproductibilidade do método. Quando se procedeu a idêntica extensão a partir de uma cavidade mesio-oclusal, obteve-se um valor de - 0,06 que corresponde a uma perda de 6% da rigidez. As outras correlações evidenciaram perdas de rigidez quatro vezes maiores, mostrando que a extensão tradicional das cavidades oclusais para as faces interproximais, através da execução de caixas proximais, afecta de uma maneira muito significativa a resistência mecânica global do dente. Os valores obtidos constituem um argumento muito importante a favor desta técnica conservadora e suportam a utilização preferencial da extensão em túnel, sempre que clinicamente possível.

A histerese é uma propriedade característica dos materiais viscoelásticos, como é o caso da dentina e quase ausente no esmalte (10). Quando o esmalte é removido e as cristas marginais eliminadas na sequência de uma preparação cavitária, ocorre uma deflexão mais intensa das cúspides sob a acção das cargas oclusais. Estas retornam à sua forma original com uma velocidade mais lenta do que aquela que corresponde à sua deformação em carga, pelo que se verifica um

aumento da histerese (23). A histerese dentária corresponde à energia absorvida pelo dente quando submetido a cargas. Esta energia armazenada no dente e não dissipada, é responsável pela acumulação de tensões internas que podem induzir a criação de linhas e planos de fractura que se desenvolvem e propagam, até que ocorre a fractura de uma cúspide (24). Para além deste fenómeno de fractura por fadiga, a histerese pode também ser responsável pela formação intermitente de microfendas entre a restauração e o dente (25). No Quadro VII pode-se constatar que a histerese do dente aumenta de uma maneira estatisticamente significativa à medida que maior quantidade de estrutura dentária vai sendo removida, com excepção de três circunstâncias: dente íntegro e preparação oclusal, preparação oclusal e OT, e entre MO e MOT. Comprova-se assim que a extensão em túnel não aumentou, de uma maneira significativa, a histerese do dente, contrariamente aos tratamentos convencionais que incluem caixas proximais.

Neste estudo, foram, pela primeira vez, quantificados os valores de histerese dos dentes, tendo estes sido registados para as diferentes condições experimentais. Foi demonstrado que a histerese aumenta em consequência da diminuição de rigidez do dente havendo uma forte relação de interdependência entre estas duas variáveis. A rigidez e a histerese dentárias são as propriedades que, de uma maneira mais rigorosa, permitem avaliar o comportamento biomecânico e a susceptibilidade dos dentes à fractura. Os resultados do presente estudo suportam fortemente a opção a favor da extensão em túnel contra a execução de caixas proximais. Parece preferível sob o ponto de vista biomecânico do dente, estender uma cavidade oclusal ou mesio-oclusal para uma ocluso-túnel ou mesio-ocluso-túnel respectivamente, em vez das tradicionais mesio-oclusal ou mesio-ocluso-distal.

Papa e col. (26), compararam recentemente o comportamento de dentes premolares superiores, apresentando uma restauração em túnel e uma restauração classe II conservadora em compósito. Estudaram o efeito destas restaurações sobre a resistência mecânica, utilizando técnicas de extensometria semelhantes

às do presente estudo. Concluíram que os dentes submetidos a preparações classe II conservadoras e restaurados com resina composta apresentavam valores de rigidez relativa e resistência à fractura superiores aos de dentes apresentando preparações em túnel, restaurados com cimento de ionómero de vidro do tipo "cermet". Esses resultados são aparentemente opostos aos do presente estudo. A razão para a discrepância de resultados, parece-nos atribuível ao facto de nesse trabalho, se terem executado cavidades classe II extremamente conservadoras, com uma remoção mínima de estrutura dentária, sendo a extensão oclusal e as caixas proximais de dimensões muito reduzidas. Em relação às preparações em túnel executadas pelos autores acima citados, foi referido que a porção proximal foi estendida de modo a simular a remoção de uma lesão de dimensões normalmente encontrada nesta zona. Todavia não foi feita qualquer menção relativamente à dimensão vestibulo-lingual das caixas proximais das cavidades classe II preparadas, o que nos parece indispensável e determinante. No presente estudo, os dentes testados apresentavam cavidades oclusais ou mesio-occlusais de dimensão média. A largura do istmo da face oclusal das preparações executadas correspondeu a cerca de um terço da distância intercuspídea. A profundidade média das cavidades na zona oclusal foi de 2 mm. A distância entre as margens vestibular e lingual das caixas proximais foi de um terço da largura vestibulo-lingual do dente. A margem cervical das caixas proximais foi talhada 1 mm acima da junção amelo-cementária. O diâmetro da preparação em túnel realizada foi aproximadamente de 2 mm e conservou-se uma secção de pelo menos 2 x 2 mm da crista marginal.

Em dentes com uma estrutura coronária intacta e que apresentam apenas uma pequena lesão de cárie na superfície interproximal, a preparação em túnel pode ser complicada de executar clinicamente. O tecido cariado é difícil de remover do tecto do túnel e a inserção do material restaurador pode colocar algumas dificuldades, sendo admissível ter dúvidas sobre a técnica a utilizar. No entanto, no caso de já existir uma cavidade oclusal, a extensão de um túnel é facilitada

pelo acesso oferecido por essa cavidade, e pode, sob o ponto de vista clínico, ser uma opção vantajosa. Como foi demonstrado, este tipo de preparação conserva mais estrutura dentária sã, afecta menos a rigidez do dente e diminui os riscos de fractura por fenómenos de fadiga. Permite ainda conservar uma mesa oclusal com as cristas marginais íntegras e maior quantidade de esmalte. Este é um aspecto importante no que respeita ao desgaste oclusal do material de restauração, pois o comportamento dos compósitos ainda é alvo de grande controvérsia quanto a seu comportamento nestas circunstâncias. A manutenção da rigidez dentária é também importante para a eficaz dinâmica mastigatória e para a precisão dos contactos intermaxilares (21). A extensão em túnel, para além de ser um tratamento dentário mais conservador sob o ponto de vista biomecânico, pode garantir a utilização mais segura dos compósitos da actual geração na restauração oclusal de cavidades ocluso-túnel ou mesio-occluso-túnel.

CONCLUSÕES

Do presente estudo podem ser retiradas as seguintes conclusões:

1. Todas as preparações cavitárias convencionais efectuadas em dentes premolares superiores reduziram significativamente a sua rigidez. A redução de rigidez foi de cerca de 20% no caso de uma cavidade oclusal, 42% no caso de uma mesio-occlusal e 64% numa mesio-occluso-distal, tendo como referência o dente íntegro.

2. A histerese dentária aumentou muito significativamente à medida que se incrementou a dimensão das cavidades preparadas nos dentes para mesio-occlusal e mesio-occluso-distal, tendo como referência o dente íntegro.

3. A extensão proximal tipo "preparação em túnel" a partir de uma cavidade oclusal ou mesio-occlusal pré-existente, não afectou significativamente a rigidez e a histerese do dente.

4. Justifica-se, do ponto de vista biomecânico, a execução da extensão em túnel, devendo a crista

marginal ser mantida sempre que possível com o objectivo de preservar a resistência mecânica do dente.

BIBLIOGRAFIA

1. VALE WA. Cavity preparation. *Irish Dent Rev* 2: 33-41, 1956.
2. VALE WA: Cavity preparation and further thoughts on high speed. *Br Dent J* 107: 333-346, 1959.
3. MONDELLI J, STEAGALL L, ISHIKIRIAMA A, NAVARRO MFL, SOARES FB. Fracture strength of human teeth with cavity preparations. *J Prosthet Dent* 43: 419-422, 1980.
4. LARSON TD, DOUGLAS WH, GEISTFELD RE. Effect of prepared cavities on the strength of teeth. *Oper Dent* 6:2-5, 1981.
5. BLASER PK, LUND MR, COCHRAN MA, Potter RH: Effects of designs of class 2 preparations on resistance of teeth to fracture. *Oper Dent* 8: 6-10, 1983.
6. MALCOM PJ, HOOD JAA. The effect of cast restorations in reducing cusp flexibility in restored teeth. (Abstract 67) *J Dent Res* 56: D207, 1977.
7. GRIMALDI R, HOOD JAA. Lateral deformation of the tooth crown under axial cuspal loading. (Abstract 10) *J Dent Res* 52: 584, 1973.
8. MORIN D, DELONG R, DOUGLAS WH. Cusp reinforcement by the acid-etch technique. *J Dent Res* 63: 1075-1078, 1984.
9. MORIN D, DOUGLAS WH, CROSS M, DELONG R. Biophysical stress analysis of restored teeth: experimental strain measurement. *Dent Mater* 4:41-48, 1988.
10. DOUGLAS WH. Methods to improve fracture resistance of teeth. In *International Symposium on posterior composite resin dental restorative materials*. Ed. Vanherle G, Smith DC. Symposium sponsored by 3M, St. Paul, MN, 433-441, 1985.
11. REEH ES, MESSER HH, DOUGLAS WH. Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures. *J Endodon* 15: 512-516, 1989.
12. LOPES LP, LEITÃO J, DOUGLAS WH. Effect of a new resin inlay /onlay restorative material on cuspal reinforcement. *Quintessence Int* 22: 641-645, 1991.
13. MCLEAN JW. Limitations of posterior composite resins and extending their use with glass ionomer cements. *Quintessence Int* 1987; (Special reprint) 18: 5-17.
14. HUNT PR. A modified class II cavity preparation for glass ionomer restorative materials. *Quintessence Int* 10:1011-1018, 1984.
15. KNIGHT GM. The use of adhesive materials in the conservative restoration of selected posterior teeth. *Aust Dent J* 29: 324-331, 1984.
16. HILL FJ, HALASEH FJ. A laboratory investigation of tunnel restorations in premolar teeth. *Br Dent J* 165: 364-367, 1988.
17. COVEY D, SCHULEIN TM, KOHOUT FJ. Marginal ridge strength of restored teeth with modified class II cavity preparations. *JADA* 118:199-202, 1989.
18. FASBINDER DJ, DAVIS RD, BURGESS JO. Marginal ridge strength in class II tunnel restorations. *Am J Dent* 4: 77-82, 1991.
19. DELONG R, DOUGLAS WH. Development of an artificial oral environment for the testing of dental restoratives: Bi-axial force and movement control. *J Dent Res* 62: 32-36, 1983.
20. NEILL DJ, KYDD WL, NAIRN RI, WILSON J. Functional loading on the dentition during mastication. *J Prosthet Dent* 62: 218-228, 1989.
21. DELONG R, DOUGLAS WH. An artificial oral environment for testing dental materials. *IEEE Trans Biomed Eng* 38: 339- 345, 1991.
22. MORIN D, CROSS M, VOLLER VR, DOUGLAS WH, DELONG R. Biophysical stress analysis of restored teeth: modelling and analysis. *Dent Mater* 4: 77-84, 1988
23. REEH ES, DOUGLAS WH, MESSER HH. Stiffness of endodontically-treated teeth related to restoration technique. *J Dent Res* 68:1540-1544, 1989.
24. BELL JG, SMITH MC, PONT JJ. Cuspal failures of MOD restored teeth. *Aust Dent J* 27: 283-287, 1982.
25. JORGENSEN KD, MATONOR, SHIMOKOBE H. Deformation of cavities and resin fillings in loaded teeth. *Scand J Dent Res* 84: 46-50, 1976.
26. PAPA J, CAIN C, MESSER HH, WILSON PR. Tunnel restorations versus Class II restorations for small proximal lesions: A comparison of tooth strengths. *Quintessence Int* 24: 93- 98, 1993.