

RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO POR PUNÇIONAMENTO, COMPRESSÃO E TRAÇÃO DIAMETRAL DE CIMENTOS UTILIZADOS COMO BASE PROTETORA DE RESTAURAÇÕES

PUNCH SHEAR, COMPRESSIVE AND DIAMETRICAL
TENSILE STRENGTH TESTS OF LINING CEMENTS

José MONDELLI*

Luis Roberto Marcondes MARTINS**

Lincoln STEAGALL***

Maria Fidela de Lima NAVARRO*

RESUMO

Testou-se a resistência mecânica de sete cimentos dentários nas idades de 7min., 30min. e 24 horas. Os testes selecionados foram de resistência ao cisalhamento por puncionamento, compressão e tração diametral. Em linhas gerais o melhor comportamento foi alcançado pelo cimento Fosfato de Zinco, seguido pelo Policarboxilato, Óxido de Zinco e Eugenol e Hidróxido de Cálcio.

UNITERMOS

Cimentos odontológicos.

* Professores do Departamento de Dentística da Faculdade de Odontologia de Bauru - USP.

** Professor da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP.

*** Professor Titular do Departamento de Dentística da Faculdade de Odontologia - USP.

INTRODUÇÃO

A indicação de base protetora deve estar alicerçada em dois aspectos fundamentais: compatibilidade biológica do material com o complexo dentinopulpar e resistência mecânica suficiente para suportar os esforços da mastigação e condensação dos materiais restauradores. Ainda hoje se persegue o desenvolvimento de material protetor ideal. Estudos comparativos entre os diversos cimentos empregados como base protetora demonstram que o hidróxido de cálcio apresenta baixa resistência mecânica (Bryant & Wing¹, Gourley & Rose⁶, Mc Comb⁸). Em contrapartida, inúmeras pesquisas sugerem que a resistência, ainda que inferior à dos outros materiais, é suficiente para suportar os esforços de condensação, não prejudicando o êxito da restauração (Carlton Jr.², 1961; Chong et al⁴, 1967, Shoer¹¹ et al, 1984).

MATERIAL E MÉTODOS

Os cimentos testados são mostrados no quadro I.

QUADRO I - CIMENTOS TESTADOS		
NOME COMERCIAL	COMPOSIÇÃO BÁSICA	FABRICANTE
Intermed (M1)	óxido de zinco e eugenol - tipo II	Polidental Ind. e Com. Ltda. São Paulo, Brasil
Ceramco (M2)	policarboxilato de zinco	Johnson & Johnson-Prod.Japão
Fosfato de Zinco (M3)	fosfato de zinco	S.S. White Artigos Dentários S/A, RJ-Brasil
Dycal (M4)	hidróxido de cálcio	L.D. CaulkCo. Milford, Canadá
Life (M5)	hidróxido de cálcio	Kerr Sybron MFG Co.Michigan, USA
Renew (M6)	hidróxido de cálcio	S.S. White Artigos Dentários S/A, RJ-Brasil
Pulcap (M7)	hidróxido de cálcio	COE Laboratórios Inc. Chicago - USA

RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO POR PUNCIONAMENTO (R1)

Os cimentos foram manipulados de acordo com as especificações do fabricante. Imediatamente após a espatulação, os cimentos foram inseridos numa matriz de aço inoxidável, a qual havia sido previamente forrada na extremidade inferior com lâmina de papel celofane. Após seu preenchimento a porção superior da matriz era recoberta com outra lâmina de papel celofane e pressionada com uma placa de vidro.

Manteve-se este conjunto preso pelas garras de um grampo C, por 4 minutos (do início da espatulação), após o que a matriz + corpo de prova eram armazenados em ambiente a 100% de umidade relativa com temperatura de $37 \pm 2^\circ\text{C}$ até o momento do ensaio (7min. 30min. ou 24 horas). No ato da execução do teste, o conjunto era acoplado ao dispositivo próprio semelhante ao idealizado por Taylor & Margelis¹² (1953) e modificado por Santos⁹ (1978) (figura 1). Este dispositivo era então levado à máquina de ensaios universal, regulada à velocidade constante de 0,5mm/minuto (figura 2).

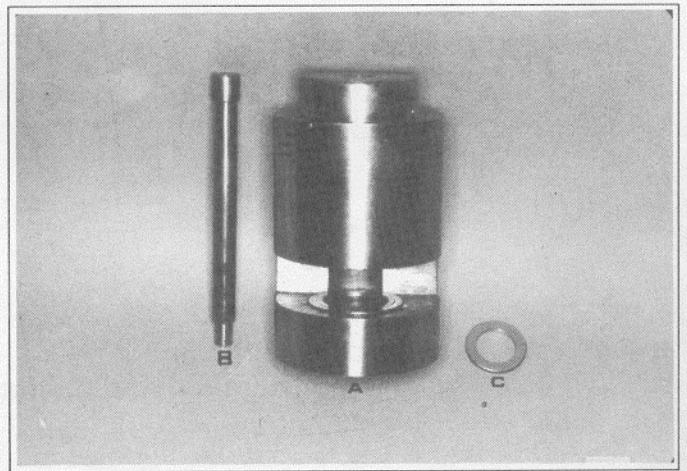


FIG. 1 - Dispositivos empregados para o teste de resistência ao cisalhamento por puncionamento ("punch test"); A - corpo metálico torneado e fresado em aço resistente; B - haste cilíndrico-circular para promover o "corte" do disco de material sob teste; C - anel-matriz de aço inoxidável para obter os corpos de prova.

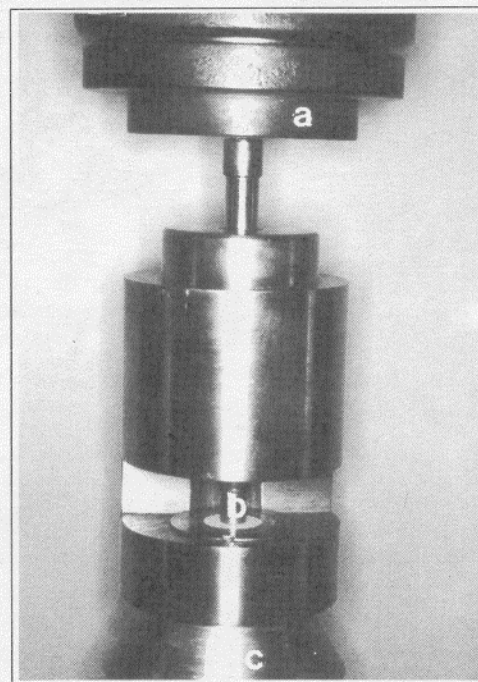


FIG. 2 - Ensaio de cisalhamento;

A - plataforma superior da máquina de ensaios universal para pressionar a extremidade superior da haste metálica;

B - extremidade inferior da haste metálica posicionada sobre o corpo de prova a fim de puncioná-lo;

C - plataforma inferior da máquina de ensaios.

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (R2)

Após manipulação criteriosa dos cimentos, estes eram levados ao interior de uma matriz de Teflon, resultando em corpo de prova de forma cilíndrica, cuja base era de 6,0mm de diâmetro por 12,0mm de altura (especificações nº 8, 30 e 61 da ADA). Esta matriz antes da colocação do cimento estava acomodada sobre folha de papel celofane, a qual assentava-se sobre placa de vidro. Preenchida a matriz, rapidamente posicionava-se, na sua face superior, outra folha de papel celofane, acima da qual colocava-se placa de vidro. O conjunto era mantido por meio de grampo C por 4 minutos.

Ao final deste tempo, o conjunto era desfeito, removía-se o corpo de prova da matriz, empurrando-o com êmbolo metálico. Conduziram-se os ensaios na mesma máquina, onde o espécime era posicionado verticalmente sobre as plataformas da máquina.

RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DIAMETRAL (R3)

A metodologia elaborada e utilizada neste experimento observou os mesmos critérios do teste anterior. O ensaio, porém, foi realizado com o posicionamento horizontal do corpo de prova entre as plataformas da máquina (figura 3). Segundo Carneiro et al³, este posicionamento, seguido da carga aplicada transversalmente, gerará predominantemente tensão de tração no interior da massa do corpo de prova. Os valores obtidos foram submetidos a tratamento estatístico através da análise de variância a 2 critérios de classificação. Foram realizadas comparações individuais entre as médias obtidas, pelo método de Tukey.

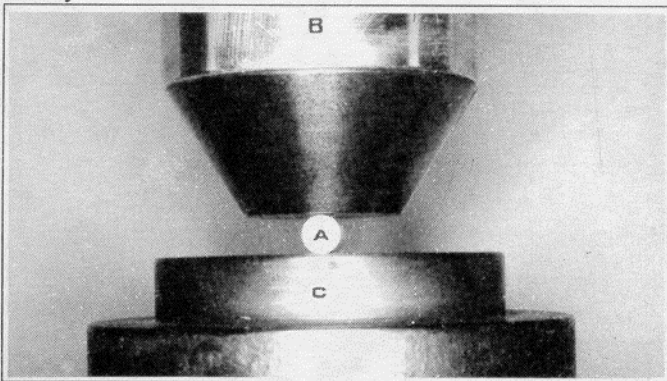


FIG. 3 - Ensaio de resistência à tração diametral; A - corpo de prova cilíndrico-circular posicionado horizontalmente entre as plataformas superior (B) e inferior (C) geratrizes de carregamento compressivo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO POR PUNÇIONAMENTO

Na tabela 1, temos as médias dos valores obtidos neste ensaio (5 replicações) para os diferentes materiais dentro das respectivas idades, com valores em kg/cm^2 e no gráfico I a sua representação.

Os resultados da análise de variância (tabela 2) demonstram que houve variação significativa em função do tempo. Considerando o valor crítico do teste de Tukey igual a 3,54, a resistência ao cisalhamento por punçionamento aumentou significativamente dos 7 para os 30 min. e destes para os de 24 h.

Pela análise de variância (tabela 2) e o valor crítico (6,48) entre os materiais testados, verificou-se somente não existirem diferenças significantes entre os materiais (M3 x M2, M4 x M6 e M6 x M7).

Pela análise do gráfico I podemos fazer as seguintes ponderações: os cimentos M2 (Ceramco) e M3 (Fosfato) apresentam comportamento bastante semelhante, mostrando resistência final próxima (inclusive sem diferença estatística). O material M1 (Intermed), apesar de não diferir muito dos já citados, apresenta valores menores em todas as idades testadas. As configurações geométricas dos materiais M4 (Dycal), M6 (Renew), M7 (Pulcap) são bem próximas. Por outro lado, o material M5 (Life), à base de hidróxido de cálcio, apresentou melhor desempenho que os demais cimentos da mesma natureza.

Este teste foi selecionado visto que laboratorialmente simula a ocorrência de condensação de amálgama sobre a base^{8,9}. A literatura não é unânime em aceitar que os cimentos de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ suportariam as pressões de condensação, apesar de experimentos que comprovam tal situação^{2,4,10}. Torna-se interessante ressaltar que Lyell⁷ estabeleceu 7 minutos como sendo o tempo gasto entre o início da mistura de base e a 1ª condensação, ficando portanto consagrado este período como o mais precoce para estes testes. Sendo assim, espera-se que o clínico guarde este tempo entre 5 a 7 minutos para iniciar a condensação, o que clinicamente não é observado muitas vezes nos dias atuais, ficando a falha da base explicada pelo procedimento incorreto do operador e não pelas propriedades físicas do material, como comprovado nesta pesquisa.

TABELA 1 - Médias da resistência ao cisalhamento por puncionamento (5 replicações) para os diferentes materiais dentro das respectivas idades e valor crítico para contraste (método de Tukey).

material	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	Tukey
idade	Intermed	Ceramco	Fosfato	Dycal	Life	Renew	Pulcap	1%
T1	90,41	99,92	100,25	25,27	81,26	22,70	15,15	-
T2	103,49	123,13	137,36	33,48	85,61	34,53	28,54	-
T3	111,07	142,31	137,99	50,68	91,14	45,95	38,54	-
Médias	101,66	121,79	125,30	36,48	86,00	34,39	27,41	6,48

TABELA 2 - Análise de variância aplicada aos resultados obtidos pelos diferentes materiais.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	F Estimado
Materiais	6	164090	27348,3	1115,68*
Idades	2	12067,4	6033,72	246,147**
A X B	12	2779,5	231,625	9,449*
Resíduo	84	2059,06	24,5126	-
Total	104	180996	-	-

* p < 0,1%

TABELA 3 - Médias da resistência ao cisalhamento por puncionamento nas idades testadas e valor crítico para contraste (método de Tukey)

Idades	T1	T2	T3	TUKEY 1%
Médias	62,1	78,0	88,2	3,54



RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Pela observação das tabelas 4, 5 e 6 e gráfico II, temos que para M3, no período final, o aumento de resistência foi extremamente significativo. Os materiais M4, M5, M6 encontraram-se em posição semelhante, tendo M5 ligeira vantagem; o outro grupo, M1, M2, M3, apresenta resistência superior, sendo que aos 30 minutos M1 já atingiu sua resistência máxima, enquanto M2 e M3 ainda continuavam a evoluir.

Quanto à natureza dos materiais, a diferença é mais acentuada ($F = 13.065,6$), como visto na tabela 5, com valor crítico de Tukey igual a 11,02 (tabela 4).

TABELA 4 - Médias da resistência à compressão (5 replicações) para os diferentes materiais dentro das respectivas idades e valor crítico para contraste (método de Tukey).

material	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	Tukey
Idade	Intermed	Ceramco	Fosfato	Dycal	Life	Renew	Pulcap	1%
T1	233,68	356,68	462,13	44,58	75,77	35,92	26,62	-
T2	319,19	471,33	539,27	94,12	137,99	61,57	38,89	-
T3	340,01	600,34	1089,86	125,25	228,42	87,70	43,86	-
Médias	297,64	476,12	697,09	87,98	147,38	61,73	36,46	11,02

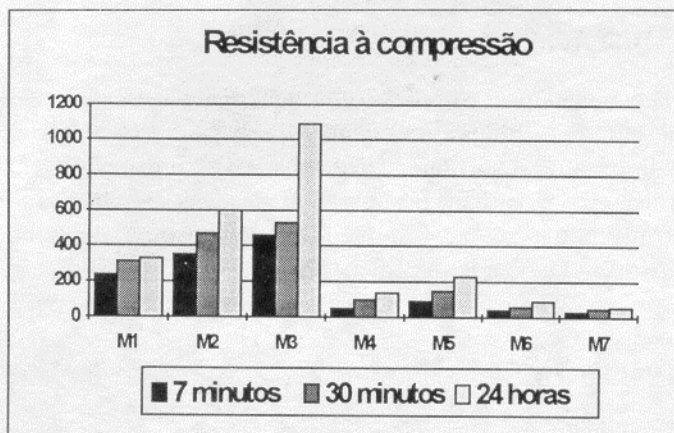
TABELA 5 - Análise de variância aplicada aos resultados obtidos pelos diferentes materiais

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	F estimado
materiais	6	556034	926723	13065,6*
idades	2	606919	303459	4278,38*
A X B	12	828383	69031,9	973,259*
resíduo	84	5958	70,92	-
Total	104	700159	-	-

* p < 0,1 %

TABELA 6 - Médias da resistência à compressão nas idades testadas

Idades	T1	T2	T3	Tukey 1%
Médias	176,4	237,4	359,3	6,03



RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DIAMETRAL

Com auxílio das tabelas 7, 8, e 9 e gráfico III, verificamos que os cimentos à base de hidróxido de cálcio possuem resistência bem inferior aos demais cujos resultados se mantiveram praticamente inalterados após período de 30 min. Os cimentos M2 ("Ceramco") e M5 ("Fosfato") possuem comportamento similar, porém em 24 horas a resistência do M3 se distancia levemente da resistência do M2 no mesmo período. O cimento M1 ("Intermed") possui em 30 minutos resistência semelhante às apresentadas pelos cimentos M2 e M3 com 7 minutos, enquanto com 24 horas sua resistência é bem superior aos cimentos M2 e M3 com 30 minutos.

TABELA 7 - Médias de resistência à tração diametral (5 replicações) para os diferentes materiais dentro das respectivas idades e valor crítico para contraste (método de Tukey)

Material	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	Tukey
Idade	Intermed	Ceramco	Fosfato	Dycal	Life	Renew	Pulcap	1%
T1	36,18	36,92	37,31	13,27	17,94	8,74	9,28	-
T2	38,42	52,13	52,27	14,91	18,70	11,48	10,39	-
T3	62,29	81,85	90,48	15,16	19,21	11,63	12,60	-
Médias	45,63	56,97	60,02	14,44	18,62	10,61	10,76	2,30

Como mostra a tabela 8, houve diferença estatisticamente significativa entre os materiais ($F = 2412,17$). Numa análise entre os mesmos, só não se observa significância entre 7 ("Pulcap") e M6 ("Renew"). Novamente o cimento M3 (Fosfato) se destaca perante todos, seguido de perto por M2 ("Ceramco"); o M1 ("Intermed") apresentou boa resistência, apesar de situar-se em inferioridade ao M2 (tabela 9).

TABELA 8 - Análise de variância aplicada aos resultados obtidos pelos diferentes materiais.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrados médios	F estimado
materiais	6	44749	7458,16	2412,17*
Idades	2	6749	3374,84	1091,51*
A X B	12	8154,4	679,533	219,778
Resíduo	84	259,719	3,0918	-
Total	104	59912,8	-	-

* $p < 0,1\%$

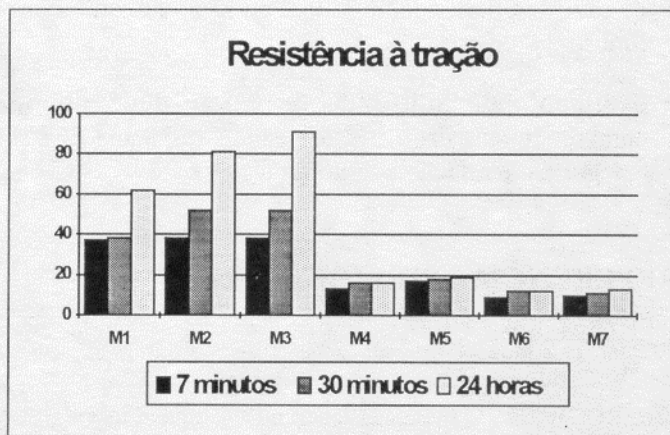


TABELA 9 - Médias da resistência à tração diametral nas idades testadas

Idades	T1	T2	T3	Tukey 1%
Médias	22,80	28,33	41,89	1,2602

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos com base na metodologia empregada neste trabalho, após a competente análise estatística, permitem-nos as seguintes conclusões:

- na resistência ao cisalhamento por puncionamento os cimentos de fosfato de zinco e policarboxilato apresentaram os melhores resultados e o óxido de zinco/eugenol mostrou-se superior aos cimentos de hidróxido de cálcio; destes, sendo o Life e o Dycal e Renew semelhantes e superiores ao Pulcap;
- a resistência à compressão de todos os cimentos apresentou comportamento na seguinte ordem decrescente de desempenho: fosfato de zinco,

polycarboxilato ("Ceramco"), óxido de zinco/eugenol ("Intermed") e hidróxido de cálcio ("Life" "Dycal" "Renew" "Pulcap");

- a resistência à tração diametral dos diferentes cimentos apresentou comportamento estatisticamente diferente, com exceção dos cimentos de hidróxido de cálcio "Renew" e "Pulcap", sendo que a ordem decrescente de desempenho foi: fosfato de zinco, "Ceramco", "Intermed", "Life", "Dycal", "Pulcap" e "Renew";
- a armazenagem influi significativamente na resistência de todos os materiais testados, ou seja, aumentou em função do tempo;
- o cimento de hidróxido de cálcio denominado comercialmente de "Life" foi o mais resistente de sua categoria em relação a todos os testes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- BRYANT, R.W.; WING, G. The rate of development of strength in base forming materials for dental amalgam. *Aust. dent. J.*, v.21, p.153-9, 1976.
- 2- CARLTON, JR., M.L. Base materials for amalgam restorations. *Texas. dent. J.*, v.79, p. 4-6, 1961.
- 3- CARNEIRO, F.L.; LOBO, B. & BARCELLOS, A. *Resistance a la traction des betons*. Rio de Janeiro. Instituto Nacional de Tecnologia, 1949.
- 4- CHONG, W.F. et al. Displacement of cement bases by amalgam condensation. *J. Amer. dent. Ass.*, v.74, p. 97-102, 1967.
- 5- CIVJAN, S.; BRAUER, G.M. Physical properties of cements, based on zinc oxide, hydrogenated rosin, o-ethoxybenzoic acid, and eugenol. *J. dent. Res.*, v.43, p. 281-99, 1964.
- 6- GOURLEY, Y.M.; ROSE, D.E. Comparison of three cavity base materials under amalgam restorations. *J. Canad. dent. Ass.*, v.11, p. 406-10, 1972.

ABSTRACT

The mechanical strength of seven dental cements was tested after 7 min, 30min. and 24 h. period. Punch shear, compressive and diametrical tensile strength tests were selected. Overall, the best performance was shown by zinc phosphate cement. followed by polycarboxilate, zinc oxide and eugenol and calcium hydroxide.

UNITERMS

Dental cements.

- 7- LYELL, J.S. Base forming materials for restorations of silver amalgam. *Aust. dent. J.*, v.5, p.132-4, 1960.
- 8- Mc COMB, D. Comparison of physical properties of commercial calcium hydroxide lining cements. *J. Amer. dent. Ass.*, v.107, p.610-3, 1983.
- 9- SANTOS, J.F.F. et al. Punch shear strength of polycarboxilate cements. *J. prosth. Dent.*, v.39, p.420-3, 1978.
- 10- SANTOS J.F.F. et al. Strength of cement bases. *Oper. Dent.*, v.3, p.122-7, 1978.
- 11- SHORER, V. et al. Dycal: Physical properties and resistance to amalgam condensation. *J. prosth. Dent.*, v.51, p.358-63, 1984.
- 12- TAYLOR, D.F. ; MARGETIS, P.M. apud CIVJAN, S ; BRAUER. G.M.⁵