

AVALIAÇÃO DA MICRODUREZA SUPERFICIAL DO ESMALTE E DA DENTINA DE DENTES BOVINOS E HUMANOS (PERMANENTES E DECÍDUOS)

SURFACE MICROHARDNESS EVALUATION OF ENAMEL AND DENTIN IN BOVINE AND HUMAN TEETH (PERMANENT AND DECIDUOUS)

Donassollo, Tiago Aurélio*
Romano, Ana Regina**
Demarco, Flávio Fernando***
Della-Bona, Álvaro****

RESUMO

O objetivo desse estudo foi testar a microdureza superficial do esmalte (E) e da dentina (D) em molares humanos decíduos (grupo d), molares humanos permanentes (grupo p) e incisivos bovinos (grupo b). Foram selecionados 4 espécimes de cada tipo de dente os quais foram mantidos em solução salina até o teste. Os espécimes foram incluídos em uma matriz com resina e polidos com papel metalográfico (até granulação 600) para planificar o esmalte. O teste de dureza Knoop foi realizado em um microdurômetro com carga de 200 g, sendo realizadas 5 leituras (10 s de endentação) por dente. Os espécimes foram novamente submetidos ao polimento para expor dentina (próxima ao LAD), sendo novas leituras realizadas. Os dados foram submetidos à análise estatística (testes ANOVA e Tukey). Os valores médios de dureza (kg/mm^2) e desvio padrão foram os seguintes: Ed $338 \pm 30,1$; Ep $341 \pm 32,8$; Eb $326 \pm 25,5$; Dd $104 \pm 9,7$; Dp $93,3 \pm 8,7$; Db $91,2 \pm 7,3$. A dureza do esmalte foi maior que a da dentina nos três tipos de dentes ($p < 0,001$). Considerando o tipo de substrato, não houve diferenças estatísticas, ou seja, os valores de dureza para esmalte ou dentina foram similares para dentes humanos decíduos e permanentes e dentes bovinos.

UNITERMOS: microdureza; dentes humanos; dentes bovinos.

SUMMARY

The objective of this study was to evaluate the surface microhardness of enamel (E) and dentin (D) from human deciduous molar teeth (Group d), human permanent molar teeth (Group p) and bovine incisor teeth (Group b). Four specimens were selected for each group and stored in saline solution until testing. The specimens were embedded into a resin matrix and polished to 600 grit SiC paper creating a flat enamel surface. The Knoop hardness test was performed in a microhardness device, using a 200 g load. Five measurements were made in each specimen. After that, specimens were polished to expose dentin (near to dentin-enamel junction), and other five microhardness measurements were performed per specimen. The values were calculated and statistically analyzed (ANOVA and Tukey tests). Mean hardness values (kg/mm^2) and standard deviations were as follows: Ed 338 ± 30.1 ; Ep 341 ± 32.8 ; Eb 326 ± 25.5 ; Dd 104 ± 9.7 ; Dp 93.3 ± 8.7 ; Db 91.2 ± 7.3 . The microhardness

* Mestre e Doutorando em Dentística pela Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Pelotas-RS. Cirurgião Dentista do Exército Brasileiro.

** Mestre e Doutora em Odontopediatria pela FOU SP. Professora Adjunta do Departamento de Odontologia Social e Preventiva da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Pelotas-RS.

*** Doutor em Dentística pela FOU SP. Professor Adjunto do Departamento de Odontologia Restauradora. Coordenador da Pós-Graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Pelotas-RS.

**** Doutor em Biomateriais pela Universidade da Flórida, EUA. Professor Titular I do Departamento de Odontologia Restauradora da Faculdade de Odontologia da Universidade de Passo Fundo-RS.

in enamel (E) was statistically higher than in dentin (D) for the three type of teeth studied ($p < 0.001$). Considering the type of substrate, there were no statistical differences, meaning that the mean hardness values for either enamel or dentin were not different for the human deciduous teeth, human permanent and bovine teeth.

UNITERMS: microhardness; human teeth; bovine teeth.

INTRODUÇÃO

A busca pela melhora da qualidade dos materiais odontológicos tem levado a um crescimento geométrico no surgimento de novos produtos no mercado. No entanto, para o aprimoramento desses materiais e para a comprovação de sua eficácia, os mesmos necessitam ser submetidos a diversos testes laboratoriais, procurando visualizar o seu desempenho clínico quando da utilização na cavidade bucal (Anusavice,¹ 1998; Xu et al.,²³ 1998).

Devido a limitações éticas e de disponibilidade de dentes humanos, as avaliações *in vitro* dos materiais odontológicos têm sido realizadas com dentes de animais, principalmente em incisivos bovinos, por sua facilidade de obtenção. Além disso, diversos estudos mostram que os dentes bovinos possuem composição e propriedades semelhante aos dentes humanos (Nakamichi et al.,¹⁵ 1983; Pioch et al.,¹⁹ 1996; Oesterle et al.,¹⁸ 1998; Schilke et al.,²⁰ 1998; Muench et al.,¹⁴ 2000; Schilke et al.,²¹ 2000), podendo esses ser utilizados para experimentos laboratoriais, substituindo os dentes humanos permanentes.

No entanto, alguns estudos são conduzidos em dentes decíduos, provavelmente pelo fato de que a sua obtenção para estudos seja um pouco facilitada devido ao seu processo de esfoliação. Importante salientar que os dentes decíduos possuem papel fundamental no desenvolvimento e estabilização do sistema estomatognático, contribuindo na mastigação, estética e manutenção de espaços para os dentes permanentes (Corrêa,⁷ 1999).

O esmalte decíduo normal, comparado ao permanente, apresenta aproximadamente metade da espessura além de menor mineralização (80,6 a 89,7%) (Mortimer,¹² 1970).

Diferenças na adesão têm sido encontradas na literatura (Nor et al.,¹⁶ 1996; Nor et al.,¹⁷ 1997), quando comparados dentes permanentes e decíduos. Frequentemente os materiais odontológicos têm sido empregados em dentes decíduos com base em resultados obtidos em testes onde foram utilizados dentes humanos permanentes ou dentes bovinos. Desse modo, pode ser evidenciada a

relevância da realização de pesquisas com o intuito de se comparar propriedades dos diferentes substratos dentários, para que se verifique a possibilidade de extrapolação dos dados obtidos entre dentes humanos, decíduos e permanentes, e dentes bovinos (Attin et al.,² 1997).

O estudo das propriedades dos materiais e dos substratos é fundamental para se estabelecer a perspectiva de sucesso em longo prazo dessa união. A dureza superficial é a medida da resistência à deformação plástica que os materiais, ou os diferentes substratos apresentam (Mecholsky,¹⁰ 1995). A medida desta propriedade pode ser realizada de três maneiras diferentes: através de ensaios de penetração, risco ou choque. O ensaio mais usado na área odontológica é o de penetração. Para executar esse ensaio, aplica-se uma determinada carga em um aparelho que possui uma extremidade (penetrador) em forma de pirâmide ou esfera que penetrará ou marcará a superfície do material a ser testado (teste de dureza Vickers, Knoop, Rockwell e Brinell). A mensuração da marca deixada pelo penetrador é convertida para índices de dureza e expressa a propriedade do material resistir à deformação plástica (Callister Jr.,⁵ 2000; Estrela,⁸ 2001).

Portanto, o objetivo desse estudo foi avaliar *in vitro* a dureza superficial de dentes humanos e bovinos, em esmalte e em dentina superficial, testando a hipótese de que há diferenças nos valores de microdureza entre os dois substratos (esmalte ou dentina) e os três tipos de dentes (bovinos e humanos decíduos ou permanentes).

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização desse estudo selecionou-se 12 dentes hígidos, os quais foram divididos em 3 grupos. Grupo d: 4 molares decíduos humanos (com raízes parcialmente reabsorvidas extraídos por motivos ortodônticos). Grupo p: 4 molares permanentes humanos (terceiros molares com rizogênese completa). Grupo b: 4 incisivos permanentes bovinos (extraídos de animais abatidos com aproximadamente 24 meses de idade). Todos os dentes foram armazenados em solução salina e

posteriormente autoclavados para serem submetidos ao teste. Os espécimes foram incluídos, em uma matriz de PVC, com resina acrílica quimicamente ativada (Clássico Artigos Odontológicos Ltda., Campo Limpo Paulista – SP, Brasil) (Fig. 1). Em seguida estes foram polidos com papel metalográfico até granulação 600 (Acqua Flex Santo Amaro – SP, Brasil), para planificar o esmalte (E). O teste de dureza Knoop foi realizado por um único operador em um microdurômetro DURIMET-E (Leitz-Wetzlar – Alemanha) com carga de 200 g, sendo realizadas 5 penetrações (10 s de tempo de endentação) no esmalte de cada dente, com distância mínima de 100 μ m entre as mesmas.



Figura 1 – Imagem representativa dos corpos de prova usados para os testes de dureza superficial: (d) dente humano decíduo; (p) dente humano permanente; (b) dente bovino.

Os espécimes foram novamente submetidos ao polimento com papel metalográfico para expor dentina (próxima ao limite amelo-dentinário), tendo o cuidado de manter a superfície planificada. Em seguida foram realizadas 5 penetrações nesse substrato, em cada dente, com distância mínima de 100 mm entre as mesmas. Após a leitura da maior diagonal das penetrações e a conversão para valores de dureza, esses resultados foram analisados estatisticamente usando a análise de variância (ANOVA) e nos casos de diferen-

ças estatísticas foi empregado o teste auxiliar de Tukey.

Para o cálculo dos valores de dureza Knoop (HK) utilizou-se a seguinte equação (Callister Jr., 2000):

$$HK = \frac{14,2 \times P}{L^2}$$

Onde:

HK = microdureza Knoop (kg/mm²);

P = carga aplicada (kg);

L = comprimento da maior diagonal da marca deixada pelo penetrador Knoop (mm).

RESULTADOS

Os valores médios de dureza (kg/mm²) para os diferentes substratos e dentes estão expressos na Tabela 1. Inicialmente os dados foram avaliados com relação a sua normalidade, verificando-se que os mesmos apresentavam uma distribuição amostral normal. A seguir esses dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA), no qual detectou-se diferenças estatisticamente significantes ($p < 0,001$) entre os substratos (E e D), mas não entre os tipos de dentes (b, d, p) e nem entre a interação substrato X tipo de dente.

Na Figura 2 observamos a representação dos valores médios de microdureza apresentados pelos diferentes tipos de dentes em ambos substratos.

TABELA 1 – Valores médios de dureza (kg/mm²) para os diferentes substratos e dentes.

	Decíduo	Permanente	Bovino
ESMALTE	338 ($\pm 30,1$) ^a	341 ($\pm 32,8$) ^a	326 ($\pm 25,5$) ^a
DENTINA	104 ($\pm 9,7$) ^b	93,3 ($\pm 8,7$) ^b	91,2 ($\pm 7,3$) ^b

Obs.: Letras iguais seguindo as médias indicam médias similares entre si.

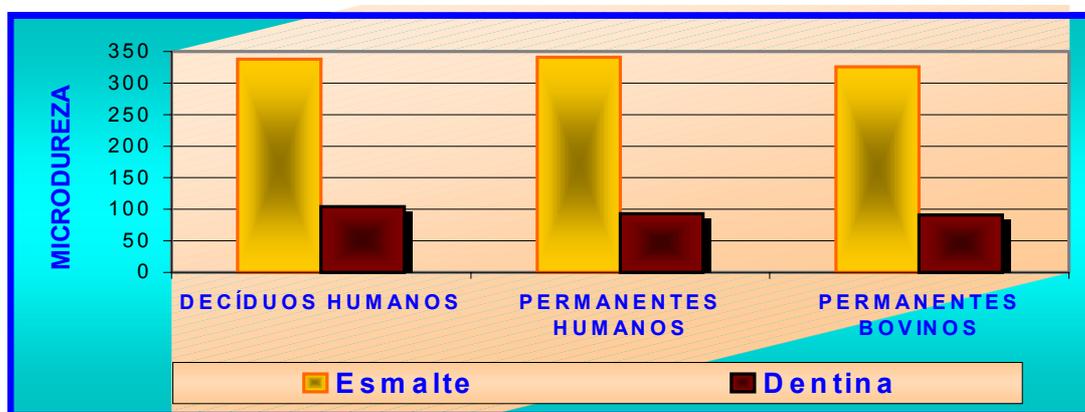


Figura 2 – Valores médios de microdureza (kg/mm²) para os diferentes substratos e dentes

DISCUSSÃO

A preservação e manutenção dos dentes na cavidade bucal é a grande função da Odontologia, levando, felizmente, à diminuição dos dentes disponíveis para pesquisa. Mesmo no caso dos dentes decíduos, que sofrem o processo de esfoliação, alguns tipos de estudos necessitam de um "n" elevado e da presença da raiz dentária, dificultando a obtenção da amostra. Em função disso, diversos estudos estão sendo realizados com o objetivo de verificar a similaridade entre o substrato dentário humano (permanente e decíduo) e bovino (Meredith et al.,¹¹ 1996; Nor et al.,¹⁷ 1997; Mahoney et al.,⁹ 2000). Dessa forma, este trabalho teve como objetivo verificar se há diferença entre molares humanos, decíduos e permanentes, e incisivos bovinos, com relação ao valor de microdureza do esmalte e da dentina.

O conhecimento das propriedades físicas e mecânicas do tecido dentário é de grande importância. Dessa forma, pode-se entender e relacionar o comportamento clínico de restaurações confeccionadas com diferentes materiais com a estrutura dentária sadia. Dentre as propriedades físicas e mecânicas às de maior relevância são o módulo de elasticidade, a resistência e a dureza (Meredith et al.,¹¹ 1996; Xu et al.,²³ 1998; Mahoney et al.,⁹ 2000).

Em diversos trabalhos de microdureza, observa-se que o esmalte apresenta maiores valores que a dentina (Attin et al.,² 1997; Meredith et al.,¹¹ 1996; Mahoney et al.,⁹ 2000), concordando com os resultados obtidos nesse estudo em que a microdureza do esmalte foi maior que a da dentina, independentemente da origem do substrato (humano, decíduo e permanente ou bovino). Esse resultado pode ser justificado pelo fato do esmalte possuir maior conteúdo mineral do que a dentina.

Considerando os tecidos dentários da dentição humana, importante salientar que o esmalte dentário é o tecido mais mineralizado que se conhece, sendo que o seu peso consiste em 96% de mineral, 1% de material orgânico e 3% de água. A composição do esmalte por volume é de aproximadamente 89% componentes inorgânicos, 2% componentes orgânicos e 9% água (Berkovitz et al.,⁴ 1978). A dentina apresenta uma cor amarela pálida, sendo considerada mais permeável do que o esmalte por apresentar um maior conteúdo orgânico. Seu peso é composto por aproximadamente 70% de minerais, 18% de material orgânico e 12% de água. Por volume ela apresenta 45% de minerais, 30% de matéria orgânica (maior parte

é colágeno) e 25% de água. O componente inorgânico principal, como em outros tecidos duros, é a hidroxiapatita (Berkovitz et al.,⁴ 1978).

Segundo Mortimer¹² (1970), o esmalte decíduo normal apresenta duas principais diferenças comparadas ao permanente: a menor mineralização (80,6 a 89,7%) e a sua espessura que, em geral, é quase a metade da espessura do esmalte do dente permanente. Entretanto deve-se ressaltar que os dentes decíduos empregados nesse estudo se encontravam em fase de reabsorção fisiológica, ou seja, fase de maior maturação mineral. Pelo contrário, os dentes permanentes estavam com rizogênese recém concluída. Dessa forma pode-se justificar o fato de, nesse estudo, não haver diferença entre o esmalte decíduo e permanente.

Normalmente é descrito que o volume dos poros do esmalte permanente é de 0,1 a 0,2%, comparado com o volume de 1% encontrado por Silverstone²² (1970) no terço interno do esmalte decíduo nas amostras estudadas em luz polarizada, chegando a 5% do volume em 10% delas. Estes dados podem contribuir para a aparência "branca leitosa" do esmalte na dentição decídua.

Existe uma grande dificuldade em comparar valores de microdureza entre diferentes estudos. Isso se deve ao emprego de diversos tipos de testes para determinar essa propriedade (Mahoney et al.,⁹ 2000).

Dentes humanos seriam a primeira escolha para realização de estudos laboratoriais (Pioch et al.,¹⁹ 1996). No entanto, uma abordagem mais preventiva da odontologia, reduzindo o número de extrações, e a maior conscientização com relação aos preceitos da bioética tem levado a uma redução da disponibilidade desses dentes para uso em testes laboratoriais.

Estudos empregando dentes de diferentes animais têm sido realizados e os dentes bovinos têm demonstrado resultados comparáveis aos humanos em testes laboratoriais de adesão (Pioch et al.,¹⁹ 1996; Schilke et al.,²¹ 2000; Muench et al.,¹⁴ 2000). Além disso, Oesterle et al.¹⁸ (1998) não encontraram diferenças na adesão de materiais ortodônticos ao esmalte humano ou bovino, atribuindo esses achados a similaridade na microestrutura dos dois substratos. Schilke et al.²⁰ (1998) em estudo da morfologia do tecido, não encontraram diferenças entre a dentina bovina e a dentina humana de dentes permanentes. Dentes bovinos apresentam dureza similar aos dentes

humanos, em esmalte e em dentina superficial. Além disso, a proporção de componentes orgânicos e inorgânicos é similar tanto em esmalte quanto em dentina (Barreto et al.,³ 2002).

Os resultados desses trabalhos permitem inferir que os dentes bovinos podem ser considerados substitutos aceitáveis dos dentes humanos, em estudos laboratoriais. Adicionalmente, o uso de dentes bovinos permite o aumento do número amostral e o emprego de dentes em fase similar de maturação (Mota et al.,¹³ 2003).

Com relação aos achados similares entre dentes humanos decíduos e bovinos, embora haja esfoliação do dente decíduo, ficando disponível para esse estudo nesta fase, o dente apresenta-se mais maduro. O ideal seria trabalhar com dentes decíduos no máximo em início de risólise.

Nesse estudo não foi utilizada a dentina profunda, pois alguns trabalhos (Nakamichi et al.,¹⁵ 1983; Cella et al.,⁶ 1999) verificaram que nessa profundidade, próxima ao órgão pulpar, os dentes bovinos não apresentam possibilidade de uso como substituto aos dentes humanos, em testes laboratoriais.

CONCLUSÕES

De acordo com a metodologia empregada e com as limitações desse estudo, pode-se observar que:

1. Os valores médios de dureza para esmalte de dentes bovino, humano permanente e humano decíduo foram estatisticamente maiores do que as médias correspondentes encontradas para dentina nestes mesmos dentes.
2. Não houve diferença estatística significativa para os valores médios de dureza entre esmalte de dente bovino, esmalte de dente humano permanente e esmalte de dente humano decíduo, assim como não houve diferença significativa para os valores médios de dureza entre dentina de dente bovino, dentina de dente humano permanente e dentina de dente humano decíduo, sugerindo um comportamento similar entre dentes bovinos aos dentes humanos, no que se refere a microdureza superficial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Anusavice KJ. Phillips Materiais Dentários. 10ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1998.
2. Attin T, Koidl U, Buchalla W, Schaller HG, Kielbassa AM, Hellwig E. Correlation of microhardness and wear in differently eroded bovine dental enamel. *Archs Oral Biol.* 1997;42(3):243-50.
3. Barreto L, Lamas A, Rosar JV, Carvalho RV, Demarco FF. Avaliação quantitativa da composição mineral de dentes humanos e bovinos [resumo IC133]. In: 16ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica; 1999, set. 8-11; Águas de São Pedro. Anais. São Paulo: SBPqO; 1999. p.74.
4. Berkovitz BKB, Holland GR, Moxham BJ. A colour atlas & textbook of oral anatomy. London: Wolfe Medical Publications Ltda; 1978.
5. Callister Jr. WD. Ciência e engenharia de materiais: uma introdução. Rio de Janeiro: LTC; 2000.
6. Cella E, Formolo E, Bocangel JS, Demarco FF, Matson E. Estudo da adesão de um sistema adesivo a dentina humana ou bovina, superficial ou profunda. [resumo A273]. In: 19ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica; set. 1-5; Águas de Lindóia. Anais. São Paulo: SBPqO; 2002. p.106.
7. Corrêa MSN. Odontopediatria na Primeira infância. São Paulo: Santos, 1999.
8. Estrela C. Metodologia científica – ensino e pesquisa em odontologia. São Paulo, Artes Médicas, 2001.
9. Mahoney E, Holt A, Swain M, Kilpatrick N. The hardness and modulus of elasticity of primary molar teeth: an ultra-micro-indentation study. *J Dent.* 2000;28(8):589-94.
10. Mecholsky Jr. JJ. Fracture mechanics principles. *Dent Mater.* 1995;11(3):111-2.
11. Meredith N, Sherriff M, Setchell DJ, Swanson SA. Measurement of the microhardness and Young's modulus of human enamel and dentine using an indentation technique. *Arch Oral Biol.* 1996;41(6):539-45.
12. Mortimer KV. The relationship of deciduous enamel structure to dental disease. *Caries Res.* 1970;4(3):206-23.
13. Mota CS, Demarco FF, Camacho GB, Powers JM. Tensile bond strength of four resin luting agents bonded to bovine enamel and dentin. *J Prosthet Dent.* 2003;89(6):558-64.
14. Muench A, Da Silva EM, Ballester RY. Influence of different dentinal substrates on the tensile bond strength of three adhesive systems. *J Adhes Dent.* 2000;24(3):209-12.
15. Nakamichi I, Iwaku M, Fusayama T. Bovine teeth as possible substitutes in the adhesion test. *J Dent Res.* 1983;62(10):1076-81.
16. Nör JE, Feigal RJ, Dennison JB, Edwards CA. Dentin bonding: SEM comparison of the resin-dentin interface in primary and permanent teeth. *J Dent Res.* 1996;75(6):1396-03.
17. Nör JE, Feigal RJ, Dennison JB, Edwards CA. Dentin bonding: SEM comparison of the dentin surface in primary and permanent teeth. *Pediat Dent.* 1997;19(4):246-52.
18. Oesterle LJ, Shellhart WC, Belanger GK. The use of bovine enamel in bonding studies. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998;114(5):514-9.

19. Pioch T, Staehle HJ. Experimental investigation of the shear strengths of teeth in the region of the dentinoenamel junction. *Quintessence Int.* 1996; 27(10):711-4.
20. Schilke R, Bauss O, Lisson JA, Schuckar M, Geurtsen W. Bovine dentin as a substitute for human dentin in shear bond strength measurements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998; 114(5):514-9.
21. Schilke R, Lisson JA, Bauss O, Geurtsen W. Comparison of the number and diameter of dentinal tubules in human and bovine dentine by scanning electron microscopy investigation. *Arch Oral Biol.* 2000;45(5):355-61.
22. Silverstone LM. The histopathology of early approximal caries in the enamel of primary teeth. *ASDC J Dent Child.* 1970;37(3):17-26.
23. Xu HH, Smith DT, Jahanmir S, Romberg E, Kelly JR, Thompson VP, et al. Indentation damage and mechanical properties of human enamel and dentin. *J Dent Res.* 1998;77(3):472-80.

Recebido para publicação em: 19/12/2006; aceito em: 17/05/2007.

Endereço para correspondência:
TIAGO AURELIO DONASSOLLO
Rua Barão de Butuí 338, apt. 302 – Centro
CEP: 96010-330, Pelotas, RS, Brasil
E-mail: donassollo@uol.com.br