

# Informática Odontológica: uma disciplina emergente

## Dental Informatics: An emerging discipline

### Resumo

Este trabalho de revisão de literatura pretende demonstrar não só a importância da introdução da disciplina de Informática Odontológica no currículo das Faculdades de Odontologia mas também no cotidiano do médico-dentista ou cirurgião-dentista. Nos últimos anos houve um rápido desenvolvimento da Informática aplicada à Odontologia, sobretudo em áreas dedicadas ao exame do paciente, ao diagnóstico e ao plano de tratamento. Os sistemas CAD-CAM, as sondas periodontais computadorizadas, os aparelhos de radiologia digital, as câmaras intra-orais são exemplos da aplicação da Informática em Odontologia. É neste sentido que surge a disciplina de Informática Odontológica, uma área em constante desenvolvimento, que tem por base a aplicação de computadores e ciências de informação para melhorar a prática clínica, a pesquisa, a educação e a gestão. É importante que simultaneamente com a formação em Odontologia haja também adequada formação em Informática Odontológica. Atualmente os avanços tecnológicos e as pesquisas científicas requerem interdisciplinaridade e integração de uma grande quantidade de informação, muitas vezes proveniente de fontes díspares, havendo necessidade de compilar a informação em bases de dados. Os meios informáticos podem aumentar significativamente a velocidade de integração e correlação dessa informação, tornando o diagnóstico médico-odontológico mais rápido e a implementação da terapêutica mais eficaz.

**Palavras-chave:** Informática Odontológica; bioinformática; base de dados; formação odontológica; diagnóstico

### Abstract

This literature review aimed to present the importance of the discipline of Dental Informatics for the curriculum of dental schools and daily dental practice. In the last years there was a fast development of Informatics applied to Dentistry, especially in areas related to patient exam, diagnosis, and treatment plan. CAD-CAM systems, computerized periodontal probes, digital radiography, and intraoral cameras are examples of the application of Informatics in Dentistry. Dental Informatics is a discipline showing constant development and is based on the application of computers and information science to improve clinical practice, research, education, and management. Therefore, it is important that Dental Informatics is included in the dental curriculum. At present the technological advances and scientific research require interdisciplinary approach and integration of large amount of information. This information usually comes from several sources, which requires its compilation in databases. Informatics media can significantly increase the velocity of integration and correlation of necessary information to speed up the medical-dental diagnosis and improve treatment efficacy.

**Key words:** Dental informatics; bioinformatics, databases; dental education; diagnosis

**André Ricardo Maia Correia<sup>a</sup>**  
**César Ricardo Coimbra de Matos<sup>b</sup>**  
**Ana Lúcia Matos Pinto<sup>b</sup>**  
**Magda Joana Marques Filipe<sup>b</sup>**  
**Patrícia Margarida F. Vasconcelos Costa<sup>b</sup>**

<sup>a</sup> Licenciatura em Medicina Dentária, Universidade do Porto, Porto, Portugal; Internship em Informática Dentária, Centro de Informática Dentária, Universidade de Pittsburgh, Pittsburgh, PA, EUA; Informática Aplicada à Clínica da Licenciatura em Medicina Dentária da Universidade Católica Portuguesa, Viseu, Viseu, Portugal.

<sup>b</sup> Licenciatura em Medicina Dentária, Universidade Católica Portuguesa, Viseu, Viseu, Portugal

Correspondência:  
César Ricardo Coimbra de Matos  
Área de Informática Médico-Dentária  
Mestrado Integrado em Medicina Dentária  
Universidade Católica Portuguesa  
Estrada da Circunvalação  
Viseu, Viseu – Portugal  
3504-505  
E-mail: cesar.matos@iol.pt

Recebido: 03 de abril, 2008  
Aceito: 09 de julho, 2008

## Introdução

A saúde e a informática, como áreas do conhecimento, possuem características em comum: a generalização de novos conhecimentos e a troca constante de procedimentos e de aplicações. Esta combinação de áreas parece ser recente, mas na realidade remonta há várias décadas de desenvolvimento. Em 1958, o Dr. Robert Ledley, médico-dentista em Nova Iorque, EUA, utilizou pela primeira vez um computador para analisar as características de determinados pacientes. Desde então, o uso de tecnologia da informação ampliou-se de forma drástica na área da saúde como um todo e em particular em Odontologia (1). O aparecimento da Informática e suas aplicações nas áreas da educação, da pesquisa e da saúde afetou de um modo muito significativo o cotidiano dos profissionais na área da Odontologia. De acordo com Schleyer (2), em 2001, mais de 80% dos cirurgiões-dentistas possuíam computadores em seus consultórios, mais de 30% tinham acesso à Internet, e um crescente número utilizava várias tecnologias na clínica, incluindo câmaras intra-orais, sistemas CAD-CAM, entre outros.

A Informática Odontológica pode ser definida como a “utilização dos equipamentos e das ciências da computação para valorizar a prática, a pesquisa e a formação em Odontologia” (2-4). As tecnologias de informação estão se transformando rapidamente numa parte essencial da formação odontológica e dos cuidados em saúde bucal. Entretanto, a maioria dos cirurgiões-dentistas recebeu uma formação pouco adequada sobre informática em seus cursos de graduação. Assim, muitas vezes os profissionais tomam decisões relativas a investimentos tecnológicos baseados em dados muito subjetivos e informações incompletas fornecidas pelos representantes de determinadas áreas comerciais, em apresentações ou em cursos. É imprescindível que haja uma correta implementação da disciplina de Informática Odontológica no curriculum acadêmico para que o cirurgião-dentista adquira ao menos informação básica que lhe permita integrar as novas tecnologias em seu ambiente de trabalho (3-6). A adoção de novas tecnologias pode modificar a conduta clínica e tem impacto sobre toda a equipe de trabalho (7). Desta forma, um desafio para os técnicos de informática na área de saúde é desenvolver sistemas que possam ser ajustados rapidamente às mudanças dos procedimentos terapêuticos, ajudando assim na formulação de diagnósticos (8).

## Breve História

Nos anos 60, Aleksei Mikhailov definiu o termo “informatics” como uma disciplina que “estuda a estrutura e as propriedades gerais da informação científica e as leis de todos os processos de uma comunicação científica” (4). Posteriormente, na França, surgiu o termo “medical informatics”, simultaneamente à sua entrada na literatura inglesa em 1974 (4). O termo “dental informatics” foi utilizado pela primeira vez por Zimmerman, da Universidade de Columbia, em 1986 (3,4). O surgimento destas novas áreas de investigação implicou na estruturação de novas metodologias científicas necessárias

para seu desenvolvimento. Em 1995, Charles Friedman (5) descreveu a “torre da ciência” na Informática Biomédica, segundo a qual o nível mais baixo da torre estaria relacionado com o desenvolvimento de teorias no domínio biomédico, seguido de desenvolvimento, instalação e avaliação de um sistema computadorizado que implementasse o modelo e que permitisse aos usuários interagir com ele.

Tal como na Informática Biomédica, também a Informática Odontológica apresenta uma metodologia científica, assente na relação da Odontologia com três áreas bases da investigação: as ciências computacionais, relacionadas com o desenho de processos informáticos; as ciências cognitivas, relacionadas com áreas diversas como a psicologia; a inteligência artificial, a linguística e a filosofia, de forma a desenvolver teorias de percepção, pensamento e aprendizagem na mente humana; e as telecomunicações, área relacionada com a comunicação à distância, aproximando o médico e o paciente, e facilitando o acesso à informação especializada e a base de dados em qualquer parte do mundo (3,4).

No princípio dos anos 90, organizações como a *International Medical Informatics Association* (<http://www.imia.org/>), a *American Medical Informatics Association* (<http://www.amia.org/>) e a *American Dental Education Association* (<http://www.adea.org/>), começaram a organizar fóruns de discussão sobre o tema Informática Odontológica visando o desenvolvimento desta ciência (3,4). Uma das chaves para tal iniciativa foi o financiamento do *National Institute of Dental and Craniofacial Research* ([www.nidcr.nih.gov/](http://www.nidcr.nih.gov/)), em 1996, que reconheceu pela primeira vez a necessidade da formação acadêmica em Informática Odontológica (3,4).

Em 2003, uma análise da literatura sobre Informática Dentária revelou o crescente desenvolvimento desta área, mostrando cerca de 620 artigos de Informática Dentária indexados no MEDLINE desde 1975 (3,4,6), sendo a disciplina com maior crescimento percentual de publicações. No entanto, quando comparada com outras especialidades odontológicas, o número anual de publicações ainda é muito reduzido. Na área odontológica apenas um periódico se dedica exclusivamente à Informática Dentária – o *International Journal of Computerized Dentistry* (publicado pela Quintessence Publishing Co., Inc.) (3,4).

## Informática Odontológica Aplicada à Educação Médico-Dentária

Enquanto área científica recente, a Informática Odontológica tem revelado sinais evidentes de progressiva maturação. O aumento considerável de publicações científicas, o desenvolvimento de programas educacionais e a criação de sociedades profissionais permitiu que a Informática Odontológica seja considerada atualmente uma disciplina de Medicina Dentária (Odontologia) e também como uma especialidade da Informática Médica (3,4,7-9).

Apesar deste desenvolvimento, as Faculdades de Odontologia ainda não estão muito familiarizadas com a disciplina como área de pesquisa. Nos últimos cinco anos poucas disciplinas foram criadas, sendo que a licenciatura em

Medicina Dentária da Universidade Católica Portuguesa é uma das exceções, integrando ao currículo os conteúdos de Informática Odontológica desde a sua fundação, no ano 2000 (10), primeiramente como Informática Aplicada à Clínica e, dentro em breve, como Informática Médico-Dentária, em resultado da colaboração com a Escola de Medicina Dentária da Universidade de Pittsburgh.

A formação em Odontologia deve ser centrada na elaboração de conteúdos e no ensinamento de metodologias para melhor utilização de ferramentas computacionais no ensino e na aprendizagem, situação onde melhor se enquadra a Informática Odontológica (2-4,7,8). Para que esta área científica seja capaz de fornecer formação adequada aos cirurgiões-dentistas é necessária a adoção de várias medidas (3,5,7-9,11):

- Desenvolver programas de ensino de Informática Odontológica, incluídos nos programas de graduação e pós-graduação;
- Ensinar os alunos a usar o método científico perante problemas clínicos;
- Possibilitar fácil acesso à literatura científica para todos os estudantes;
- Possuir infra-estrutura computacional adequada;
- Oferecer cursos de pós-graduação em Informática Odontológica com programas práticos que envolvam as várias disciplinas que constituem a área de Informática Odontológica.
- Estabelecer uma divisão ou um departamento dedicados à Informática Odontológica.

O primeiro programa educacional que originou um curso de Pós-graduação em Informática Odontológica foi desenvolvido em 1996, em resposta a um pedido do *National Institute of Dental and Craniofacial Research*, em cooperação com a National Library of Medicine (<http://www.nlm.nih.gov/>) (3,4,8). Atualmente, estão sendo ministrados programas educacionais de Informática Odontológica em duas universidades norte-americanas:

- Residência e Programa de Pós-Graduação em Informática Odontológica, no Centro de Informática Odontológica da Universidade de Pittsburgh (<http://www.dental.pitt.edu/>) e
- Programa de Pós-doutorado em Informática Odontológica, na Universidade de Columbia (<http://dental.columbia.edu/>).

## Informática Odontológica Aplicada à Pesquisa

A informática e as tecnologias da informação contribuíram substancialmente para o progresso da pesquisa odontológica. Os avanços e as descobertas científicas requerem interdisciplinaridade e integração de uma vasta quantidade de informação, muitas vezes proveniente de fontes díspares. É neste sentido que os métodos informáticos podem aumentar significativamente a velocidade de integração e correlação dessa informação. A gestão de conhecimentos e a divulgação da informação são fundamentais para melhorar a eficiência e eficácia da pesquisa. Assim, programas específicos

para aquisição, armazenamento, gestão e recuperação da informação ou sistemas de suporte de decisões podem ajudar os pesquisadores a agir de forma mais rápida e eficaz.

### Genética e Câncer

Devido ao rápido desenvolvimento e inúmeras descobertas em áreas que envolvem múltiplas especialidades, como por exemplo na área de tratamento do câncer, é muito importante que os profissionais de saúde se mantenham atualizados em relação aos novos recursos e serviços disponíveis (12). Desta forma, os pacientes podem ter a certeza de que terão os melhores cuidados profissionais, não só em termos de diagnóstico, mas também em termos de prevenção (13). Alguns tipos de câncer são exemplos de desordem genética, sendo que a bioinformática torna possível identificar perfis de expressão genética, associado ou não a malignidade, permitindo maior precisão diagnóstica e prognóstica.

Como a informática desempenha também um papel muito importante na sequenciação e análise do genoma humano, podemos encontrar ferramentas online que facilitem a coleta e análise de sequências de genes associados ao desenvolvimento de cancer (14). Várias associações e sociedades desenvolveram redes de trabalho com comunicação *online* para facilitar a troca de informações e a colaboração interdisciplinar no diagnóstico e tratamento do câncer (12,13). São exemplos: The Cancer Genetics Network (<http://hedwig.mgh.harvard.edu/cgn/>); American Society of Human Genetics (<http://www.faseb.org/genetics/ashg/ashgmenu.htm>); American Society of Clinical Oncology (<http://www.asco.org>); e National Human Genome Research Institute (<http://www.nhgri.nih.gov>).

### Biomateriais e Materiais Odontológicos

Um das grandes contribuições da informática na área de formação e regeneração de tecidos tem sido a descrição e a previsão da reação de cascata bioquímica e celular dos tecidos receptores em função do tempo e das características do material de implante, tais como textura da superfície, microporosidade, tamanho de poros, densidade e conectividade tecidual (14).

Além disso, alguns programas de informática recentemente desenvolvidos possibilitam estimar o prognóstico sobre o tratamento odontológico realizado com uso de materiais específicos em função de suas propriedades mecânicas. Um dos exemplos são os estudos relativos ao comportamento das cerâmicas odontológicas em restaurações indiretas, considerando-se a espessura do material e a localização da restauração no arco dentário (15-17).

### Sistemas de Suporte de Decisão

A informática tornou-se parte vital para a pesquisa científica, tanto em termos de bases de dados quanto em programas estatísticos e analíticos (por exemplo, análise filogenética). Além disso, muitas decisões terapêuticas tomadas pelos profissionais de saúde são baseadas em sistemas de suporte informático, que utilizam técnicas tradicionais estatísticas

ou programas adaptativos ou inteligentes, tais como *expert systems*, algoritmos genéticos ou *artificial neural networks*. Estes sistemas ajudam a ultrapassar as limitações humanas em relação a memorização ou processamento de informação de saúde, tais como sinais, sintomas ou imagens, permitem a aquisição ou a reconstrução (ex.: tridimensional) de imagens, a obtenção de doses indicadas de medicamentos e a manutenção ou atualização de bases de dados biomédicas (18-27). Isto possibilita o acesso rápido à informação específica e atual e sua integração organizada às necessidades de cada caso individual.

## Informática Aplicada à Prática Odontológica

A tecnologia computacional trouxe muitas mudanças na prática clínica diária da Odontologia nos últimos 50 anos (28). Na Tabela 1 estão descritas algumas áreas de intervenção da informática odontológica na prática clínica atual.

Muitas empresas fornecem sistemas para serem utilizados na clínica odontológica, que captam e geram um vasto conjunto de dados dos pacientes, como por exemplo, o registo eletrônico de saúde bucal (26,27,29-32). Tal como mencionado na secção anterior, existem também sistemas de suporte de decisão clínica dedicados à Odontologia, sobretudo à Patologia Bucal. Estes sistemas informáticos devem ter a capacidade para seleccionar casos semelhantes, diagnósticos e terapêuticas a partir da base de dados disponível (18,23,24,26,33,34).

Em Imaginologia, a introdução de tomografias computadorizadas de feixe cônico em Odontologia, a manipulação tridimensional de imagens e os sistemas de simulação cirúrgica, permitem avaliar com maior cuidado e precisão o diagnóstico e o plano de tratamento. Alguns programas possibilitam visualizar o efeito final de determinados procedimentos específicos em cirurgia maxilofacial, implantologia, ortodontia, tratamentos periodontais e dentística estética, os quais auxiliam o cirurgião-dentista e o paciente na tomada da melhor decisão clínica (32,35-42).

**Tabela 1.** Áreas de intervenção da informática odontológica na prática clínica, em educação e em pesquisa.

Áreas	Descrição
Organização da prática odontológica	Automatização de muitas tarefas de rotina no consultório dentário, na parte clínica e administrativa (registos clínicos eletrônicos, agenda, fatura, gestão de materiais, comunicação com laboratório, etc.) (27,30,31). Ex. Novigest®, Newsoft®, Dentrix®, Eaglesoft®.
Radiologia digital	Usada em diagnóstico e terapêutica, a quantidade de radiação emitida é menor, o procedimento é mais rápido e a análise digital pode ser realizada de imediato. Proporciona maior sensibilidade na detecção de patologias orais permitindo realizar diagnósticos precoces (33). Ex. RGV®, Digora®, Schick®.
Tomografia computadorizada de feixe cônico	Tomógrafo relativamente pequeno, especialmente indicado para a região dento-maxilo-facial. Permite a obtenção de imagens 2D e 3D em planos axiais, sagitais, coronais, e perpendiculares ao contorno dos arcos dentários (orto-radiais ou trans-axiais) (22,25). Ex. I-CAT®, Accuitomo®, Newtom3G®, Galileos®.
Simuladores da colocação de implantes dentários	Programas baseados em situações clínicas verídicas de forma a facilitar o processo de diagnóstico e do plano de tratamento do paciente. As vantagens da simulação são a visualização, a repetição, o “feedback”, a predição dos resultados e, conseqüentemente, a maior comodidade do paciente (40-42). Ex. Simplant®, Nobelguide®, Facilitate®.
Programas CAD-CAM	Utilizando as potencialidades do CAD/CAM ( <i>Computer Assisted Design e Computer Assisted Machine</i> ), permite construir coroas, pontes, inlays, onlays, facetas, em cerâmica pura, sem metal, num tempo bastante reduzido (43,44). Ex. Cerec®, Procera®, Lava®, Everest®.
Sistemas de suporte de decisão	Ajuda nas decisões terapêuticas em situações complexas ou raramente encontradas, sobretudo em Patologia Bucal (ex. VisualDx®, OralCDx®). Permite realizar um diagnóstico diferencial através de várias alternativas existentes (18,23,24,26,33,34).
MEDLINE	Base de dados de literatura científica que contém mais de 15.000.000 de resumos, registos bibliográficos e citações bibliográficas sobre cuidados de saúde, desde 1966, de mais de 4800 revistas de saúde publicadas em todo o mundo. Criada e atualizada pela Biblioteca Nacional de Medicina dos Estados Unidos ( <i>National Library of Medicine – NLM</i> ) (8,10).
Sistemas online de educação à distância	Podem ser definidos como um tipo de ensino que ocorre num lugar distante do lugar original, embora coordenado por uma formação tradicional de ensino. Permite a possibilidade de integração de conteúdos educacionais, certificados ou graduações oferecidas à distância (8). Ex. DentalXP® (www.dentalxp.com), Dentrek® (www.dentrek.com).
Collaboratories	Definido como “um centro de pesquisa sem paredes, no qual pesquisadores podem realizar as suas pesquisas independentemente de localização geográfica, podendo interagir com colegas, ter acesso a instrumentos, partilhar dados e recursos computacionais, e aceder a informações em bibliotecas digitais”. São infra-estruturas criadas para facilitar que grandes grupos de pesquisa e geograficamente distribuídos possam trabalhar em conjunto (45). Ex. Groove®, Collaber®.

## Considerações Finais

A Informática Odontológica é “a aplicação de computadores e ciência da informação na promoção da prática clínica, na pesquisa e em programas de administração em Odontologia” (24). O uso de tecnologias de informação e de comunicação tem aumentado rapidamente na educação médica e odontológica, o que representa um desafio para adequar a formação profissional à realidade atual e às necessidades futuras.

O rápido desenvolvimento da tecnologia de computadores e o acesso a computadores pessoais, internet, e-mail e literatura da área de saúde tem mudado tanto a dinâmica do estudo quanto o ambiente da prática odontológica. Com a necessidade de desenvolver competências no domínio das tecnologias de informação e comunicação durante o curso de graduação da área de saúde, os estudantes devem adquirir conhecimentos básicos em informática aplicada para também otimizar os níveis de auto-aprendizagem e a educação continuada.

## Referências

- Torres-Urquidy MH. Las tecnologías de la información y su influencia en la educación médico-odontológica. *Rev Odont Mex* 2006;10:102-4.
- Schleyer T, Spallek H. Dental informatics. A cornerstone of dental practice. *J Am Dent Assoc* 2001;132:605-13.
- Schleyer TK. Dental informatics: a work in progress. *Adv Dent Res* 2003;17:9-15.
- Schleyer TK. Dental informatics: an emerging biomedical informatics discipline. *J Dent Educ* 2003;67:1193-200.
- Friedman CP. Where's the science in medical informatics? *J Am Med Inform Assoc*. 1995 Jan-Feb;2:65-7.
- Schleyer TK, Corby P, Gregg AL. A preliminary analysis of the dental informatics literature. *Adv Dent Res* 2003;17:20-4.
- Schleyer T. Dental informatics: a new career in dentistry. *Pa Dent J (Harrisb)* 2000;67:31-2, 46-8.
- Schleyer T. Dental informatics. *Dent Clin North Am* 2002;46:xi-xiv.
- Schleyer TK. How should dental informatics evolve? *J Dent Educ* 1996;60:291-5.
- Correia A, Borrega B, Batel-Marques F. A utilização da Internet numa licenciatura de medicina dentária. *Rev Port Estomatol Cir Maxilofac* 2006;47:91-100.
- Luscombe NM, Greenbaum D, Gerstein M. What is bioinformatics? A proposed definition and overview of the field. *Methods Inf Med* 2001;40:346-58.
- Zawacki KL. Information sources. *Cancer genetics and genetic testing*. *Cancer Pract* 2000;8:197-200.
- Haque S, Mital D, Srinivasan S. Advances in biomedical informatics for the management of cancer. *Ann N Y Acad Sci* 2002;980:287-97.
- Rekow D. Informatics challenges in tissue engineering and biomaterials. *Adv Dent Res* 2003;17:49-54.
- Anusavice KJ. Informatics systems to assess and apply clinical research on dental restorative materials. *Adv Dent Res* 2003;17:43-8.
- Rekow D, Zhang Y, Thompson V. Can material properties predict survival of all-ceramic posterior crowns? *Compend Contin Educ Dent* 2007;28:362-8.
- Rekow D, Thompson VP. Engineering long term clinical success of advanced ceramic prostheses. *J Mater Sci Mater Med* 2007;18:47-56.
- Borra RC, Andrade PM, Correa L, Novelli MD. Development of an open case-based decision-support system for diagnosis in oral pathology. *Eur J Dent Educ* 2007;11:87-92.
- Bradshaw D, Schammel CM, Posch P, Steiner NK, Hurley CK. Development of informatics tools for complex gene systems: killer-cell immunoglobulin-like receptor genes. *Tissue Antigens* 2003;61:118-35.
- Mendonça EA. Clinical decision support systems: perspectives in dentistry. *J Dent Educ* 2004;68:589-97.
- Robinson J, Malik A, Parham P, Bodmer JG, Marsh SG. IMGT/HLA database – a sequence database for the human major histocompatibility complex. *Tissue Antigens* 2000;55:280-7.
- Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *J Can Dent Assoc* 2006;72:75-80.
- Umar H. Capabilities of computerized clinical decision support systems: the implications for the practicing dental professional. *J Contemp Dent Pract* 2002;3:27-42.
- Umar H. Clinical decision-making using computers: opportunities and limitations. *Dent Clin North Am* 2002;46:521-38, vi.
- Guerrero ME, Jacobs R, Loubele M, Schutyser F, Suetens P, van Steenberghe D. State-of-the-art on cone beam CT imaging for preoperative planning of implant placement. *Clin Oral Invest* 2006;10:1-7.
- Schleyer TK. Clinical decision-making and the Internet. *J Am Coll Dent* 1999;66:29-39.
- Schleyer TK, Thyvalikath TP, Malatack P, Marotta M, Shah TA, Phanichphant P, Price G, Hong J. The feasibility of a three-dimensional charting interface for general dentistry. *J Am Dent Assoc* 2007;138:1072-80.
- Schleyer TK. Digital dentistry in the computer age. *J Am Dent Assoc* 1999;130:1713-20.
- Heid DW, Chasteen J, Forrey AW. The electronic oral health record. *J Contemp Dent Pract* 2002;3:43-54.
- Schleyer TK, Dasari VR. Computer-based oral health records on the World Wide Web. *Quintessence Int* 1999;30:451-60.
- Schleyer TK, Thyvalikath TP, Spallek H, Torres-Urquidy MH, Hernandez P, Yuhaniak J. Clinical computing in general dentistry. *J Am Med Inform Assoc* 2006;13:344-52.
- Sittig DF, Kirshner M, Maupomé G. Grand challenges in dental informatics. *Adv Dent Res* 2003;17:16-9.
- Macdonald R. Digital imaging for dentists. *Aust Dent J* 2001;46:301-5.
- Torres-Urquidy MH, Collins B. VisualDx Clinical Decision Support Software. *J Dent Educ* 2006;70:892-4.
- Moss JP, Linney AD, Grindrod SR, Arridge SR, Clifton JS. Three-dimensional visualization of the face and skull using computerized tomography and laser scanning techniques. *Eur J Orthod* 1987;9:247-53.
- Moss JP, Grindrod SR, Linney AD, Arridge SR, James D. A computer system for the interactive planning and prediction of maxillofacial surgery. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1988;94:469-75.
- Moss JP, Coombes AM, Linney AD, Campos J. Methods of three dimensional analysis of patients with asymmetry of the face. *Proc Finn Dent Soc* 1991;87:139-49.
- Moss JP, Linney AD, Lowey MN. The use of three-dimensional techniques in facial esthetics. *Semin Orthod* 1995;1:94-104.

39. Moss JP. The use of three-dimensional imaging in orthodontics. *Eur J Orthod.* 2006;28:416-25.
40. Rosenfeld AL, Mandelaris GA, Tardieu PB. Prosthetically directed implant placement using computer software to ensure precise placement and predictable prosthetic outcomes. Part 3: stereolithographic drilling guides that do not require bone exposure and the immediate delivery of teeth. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006;26:493-9.
41. Rosenfeld AL, Mandelaris GA, Tardieu PB. Prosthetically directed implant placement using computer software to ensure precise placement and predictable prosthetic outcomes. Part 2: rapid-prototype medical modeling and stereolithographic drilling guides requiring bone exposure. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006;26:347-53.
42. Rosenfeld AL, Mandelaris GA, Tardieu PB. Prosthetically directed implant placement using computer software to ensure precise placement and predictable prosthetic outcomes. Part 1: diagnostics, imaging, and collaborative accountability. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006;26:215-21.
43. Mormann WH. Chairside computer-generated ceramic restorations: the Cerec third generation improvements. *Pract Periodontics Aesthet Dent.* 1992;4:9-16.
44. Mormann WH. The origin of the Cerec method: a personal review of the first 5 years. *Int J Comput Dent* 2004;7:11-24.
45. Schleyer TK. Collaboratories: leveraging information technology for cooperative research. *J Dent Res* 2001;80:1508-12.