

Sistema Decodify®: cefalometria como mensuração de risco e ferramenta administrativa para clínica ortodôntica

Marinho Del Santo Jr*, Luciano Del Santo**

Resumo

Introdução: a cefalometria pode ter uso clínico limitado em Ortodontia por demandar interpretação subjetiva. Um sistema de Inteligência Artificial (IA), o sistema Decodify®, foi desenvolvido para prover uma avaliação quantitativa individualizada de dados cefalométricos contextualizados. Nesse artigo, o sistema é testado como ferramenta administrativa em consultórios de Ortodontia. **Métodos:** o desenvolvimento de algoritmos incluiu a modelagem de normas e desvios-padrão de dados cefalométricos brasileiros, medidos em radiografias laterais. Para testar o sistema, cefalogramas iniciais de 60 pacientes ortodônticos de dois consultórios diferentes (30 casos cada) foram processados e reprocessados por três técnicos diferentes. A reprodutibilidade e a confidencialidade intraexaminador e interexaminadores foram testadas de modo pareado. O risco em cada caso ortodôntico, produto da análise eletrônica, foi comparado por matrizes de covariância e coeficientes de confiança. **Resultados:** os níveis de correlação pareada interexaminadores (contra padrão-ouro) para 23 pares de variáveis foram de 0,68 (distância S-Go) a 0,98 (distância Na-Me) em uma clínica ortodôntica (JU) e de 0,66 (ângulo L1.APg) a 0,98 (distância S-Go) em outra clínica ortodôntica (SP). Os níveis de correlação pareada intraexaminadores para 23 pares de variáveis foram de 0,52 (ângulo L1.APg) a 0,98 (distâncias S-Go e Na-Me) em uma clínica (JU) e de 0,55 (ângulo U1.Na) a 0,92 (distância Wits) em outra (SP). Todas as correlações foram significativas em nível de $p < 0,001$. A média dos coeficientes de confiança dos riscos mensurados foi 0,78 para uma clínica (JU) e 0,75 para outra (SP). Os coeficientes de confiança foram significativos em nível de $p < 0,0001$. **Conclusões:** os resultados dessa pesquisa suportam que as análises providas pelo sistema Decodify® são reprodutíveis e confiáveis. Assim, o sistema pode ser aplicado para contextualizar medidas cefalométricas convencionais e gerar índices de risco individualizados. O sistema pode ser usado pelo ortodontista como uma ferramenta administrativa em suas avaliações profissionais diárias.

Palavras-chave: Ortodontia. Diagnóstico. Inteligência artificial.

Como citar este artigo: Del Santo Jr M, Del Santo L. Sistema Decodify®: cefalometria como mensuração de risco e ferramenta administrativa para clínica ortodôntica. Dental Press J Orthod. 2011 July-Aug;16(4):32.e1-9.

» Ambos os autores declaram ser Desenvolvedores do Sistema Decodify®.

* Mestre em Ortodontia pela Baylor College of Dentistry, Dallas, Texas.

** Mestre em Cirurgia Bucomaxilofacial pelo Hospital Heliópolis, São Paulo/SP.

INTRODUÇÃO

Embora a cefalometria apresente conhecidas limitações, é uma importante ferramenta de diagnóstico para o ortodontista¹⁻⁴. Uma de suas limitações é a influência da opinião pessoal do profissional, já que cada especialista “interpreta” dados cefalométricos de acordo com os vieses construídos por sua formação acadêmica, sua experiência clínica e o modelo de atendimento com o qual trabalha. Tecnicamente, a cefalometria apresenta uma validade interna limitada devido à identificação dos pontos cefalométricos^{5,6,7} e outros problemas metodológicos⁸⁻¹¹ ou geométricos¹². Naturalmente, novas soluções de diagnóstico ortodôntico têm sido propostas¹³⁻¹⁸.

Um significativo aperfeiçoamento em cefalometria seria a customização dos valores cefalométricos medidos em cada caso, customização, esta, que cada ortodontista já realiza subjetivamente em suas avaliações diárias. Uma melhoria dessa natureza não eliminaria a necessidade de outras fontes de informação, como modelos de gesso e fotografias. Entretanto, no que se refere à cefalometria, estaria próximo do ideal.

Até hoje, valores cefalométricos não foram considerados de forma contextualizada; isto é, dentro do cenário particular de cada paciente. Porém, essa restrição é mais matemática do que biológica. Tal contextualização seria possível se um sistema de algoritmos de IA (Inteligência Artificial) proovesse decisões, imitando o que o pensamento humano já faz. Tal *software* precisaria levar em consideração a incerteza e a inconsistência associadas a cada valor cefalométrico, aumentando ou diminuindo a importância de sua contribuição para o “grau final” do envolvimento esquelético e dentário que cada caso de má oclusão apresenta.

Matemáticos e engenheiros da computação têm trabalhado em modelos de algoritmos “inteligentes”, baseando-se em diversos tipos de lógica e aplicando-os em diversos campos da Ciência como Logística, Robótica, Defesa, Economia e Medicina^{19,20},

Quando sistemas de IA tomam decisões no campo médico, são chamados sistemas especialistas, pro-

gramados para auxiliar médicos e outros profissionais da área de saúde, que são quem, contudo, provê o diagnóstico final ou as hipóteses de diagnóstico. O modelo de lógica aplicado nesse projeto²¹⁻²⁴ permitiu que variáveis cefalométricas fossem contextualizadas em seu específico cenário craniofacial.

A lógica *fuzzy* (ou difusa) tem sido aplicada em Medicina^{25,26,27} e Ortodontia^{28,29} para evitar inadequadas alocações rígidas em categorias predefinidas. Entretanto, a lógica *fuzzy* considera apenas certezas e não é uma ferramenta matemática suficiente para processos de tomada de decisão. Por outro lado, a lógica paraconsistente^{22,24} lida também com a incerteza, a inconsistência e a insuficiência de dados, características comuns em bases de dados cefalométricas e, por isso, foi utilizada nas situações de tomada de decisão aqui descritas.

Em um trabalho anterior³⁰, o sistema Decodify® foi testado contra as opiniões subjetivas de 3 especialistas em Ortodontia e, exibindo uma esperada variância, o sistema eletrônico se comportou como um sistema especialista.

No presente trabalho, os resultados do sistema Decodify® foram obtidos por duas técnicas treinadas e, de forma pareada, foram comparados com os resultados de um técnico com grande experiência com o sistema, tomado como padrão-ouro. Assim, o artigo tem dois objetivos principais: 1) testar a reprodutibilidade e a confiabilidade dos resultados obtidos pelo sistema Decodify®; e 2) uma vez reprodutível e confiável, introduzir à comunidade ortodôntica o sistema Decodify® como ferramenta administrativa usada pelo ortodontista para medir o risco envolvido em cada tratamento proposto.

IMPLEMENTAÇÃO

O sistema Decodify® foi escrito em linguagem Delphi 11.0 e é processado em plataforma Oracle 10g, implementado entre os anos de 2000 a 2004. Os algoritmos desenvolvidos permitem que as variáveis cefalométricas independentes sejam integradas, considerando-se a incerteza, a inconsistência e a insuficiência carregadas por cada uma das variáveis.

As inferências do sistema são baseadas em graus de evidência de anormalidade (GEA) separados em unidades específicas: esquelética (anteroposterior e vertical) e dentária (dentes superiores e inferiores).

Os softwares Decodify® e DecodeCAD®, componentes do sistema Decodify®, estão registrados no Brasil no INPI (Instituto Nacional da Propriedade Industrial) sob as licenças 00070981 e 00075342. Nos EUA, os softwares estão registrados no Copyright Office – Library of Congress/USA sob as licenças TXu1-326-513 (7/31/06) e TXu1-326-514 (7/31/06).

MATERIAL E MÉTODOS

Amostras

As amostras, retrospectivamente coletadas, incluem 60 cefalogramas iniciais, de pacientes de ambos os sexos, que procuraram por tratamento ortodôntico em duas clínicas, em Jundiaí (JU) e São Paulo (SP). Em Jundiaí, 13 indivíduos do sexo masculino e 17 indivíduos do sexo feminino, de 12 a 29 anos de idade, foram incluídos na amostra. Em São Paulo, 10 indivíduos do sexo masculino e 20 indivíduos do sexo feminino, de 19 a 55 anos de idade, foram incluídos na amostra. Pacientes que apresentavam radiografias laterais sem boa qualidade ou que apresentavam deformidades craniofaciais não foram incluídos na amostra. Não houve fator discriminante quanto à má oclusão inicialmente apresentada pelos pacientes, seja quanto ao tipo ou quanto ao seu grau de severidade.

Coleta de dados

Dezoito pontos cefalométricos (Fig. 1) foram identificados, traçados, reidentificados e retraçados em papel acetato com lapiseira 0,3mm, por três técnicos treinados (padrão-ouro, clínica Jundiaí e clínica São Paulo). Todos os traçados foram digitalizados em mesa digitalizadora Trust TB 7.300 Wide Screen Design Table (PO Box 8043, 3301 CA Dordrecht, Holanda) e os dados analisados no programa Excel (Microsoft Office, Windows 7, Redmond, Washington, EUA).

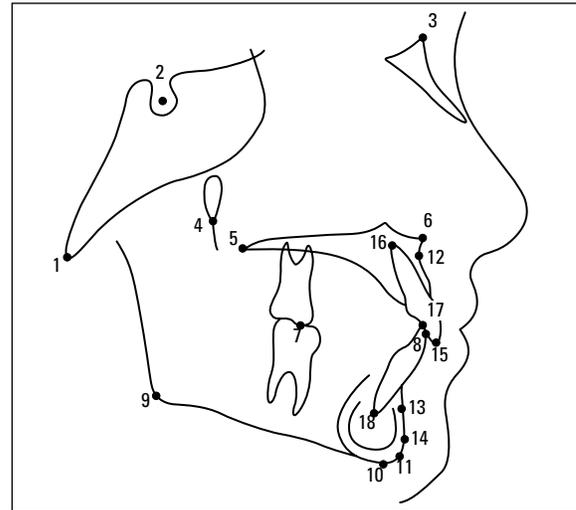


FIGURA 1 - Pontos cefalométricos utilizados.

Pontos e medidas cefalométricas

Os seguintes pontos cefalométricos foram identificados e digitalizados (Fig. 1):

1. Básio (Ba): o ponto mais inferior e posterior do limite posterior do forame magno.
2. Sela (S): o centro da fossa pituitária do osso esfenóide.
2. Násio (N): a junção dos ossos frontal e nasal, na sutura frontonasal.
4. Fissura pterigomaxilar (Ptg): o ponto mais inferior da fissura pterigomaxilar.
5. Espinha nasal posterior (ENP): o ponto mais posterior do palato duro.
6. Espinha nasal anterior (ENA): a ponta do processo anterior mediano da maxila.
7. Ponta da cúspide mesial do molar superior: referência posterior do plano oclusal.
8. Referência anterior do plano oclusal: estabelecida como o ponto médio entre as bordas incisais dos incisivos superiores e inferiores.
9. Gônio (Go): o ponto médio do ângulo da mandíbula.
10. Mento (Me): o ponto mais inferior na sínfise mandibular.

11. Gnátio (Gn): o ponto mais anterior e inferior do contorno da sínfise mandibular. Determinado pela bissetriz do ângulo formado pelo plano mandibular (Go-Me) e a linha Násio-Pogônio.
12. Ponto A: o ponto mais posterior da curvatura anterior da maxila.
13. Ponto B: o ponto mais posterior da curvatura anterior da mandíbula.
14. Pogônio (Pg): o ponto mais anterior do contorno do mento duro.
15. Incisal do incisivo superior: a ponta mais incisal do incisivo superior.
16. Ápice do incisivo superior: a ponta mais apical do incisivo superior.
17. Incisal do incisivo inferior: a ponta mais incisal do incisivo inferior.
18. Ápice do incisivo inferior: a ponto mais apical do incisivo inferior.

As seguintes medidas cefalométricas foram consideradas (Fig. 2):

1. S-N: plano que representa a base craniana anterior.
2. Plano palatino: ângulo entre a base craniana anterior (S-N) e o plano palatino, considerando-se os pontos ENA e ENP.
3. Plano oclusal: ângulo entre a base craniana anterior (S-N) e o plano oclusal, considerando-se os pontos molar e incisivo.
4. Plano mandibular: ângulo entre a base craniana anterior (S-N) e o plano mandibular (Go-Me).
5. Ba-Na: plano que representa a base craniana.
6. Eixo Y: menor ângulo entre a base craniana (Ba-N) e o eixo facial (Ptg-Gn).
7. S-Go: distância entre a Sela e o Gônio, representando a altura facial posterior.
8. N-ENA: distância entre o Násio e a ENA, representando a parte superior da altura facial anterior.
9. ENA-Me: distância entre a ENA e o Mento, representando a parte inferior da altura facial anterior.

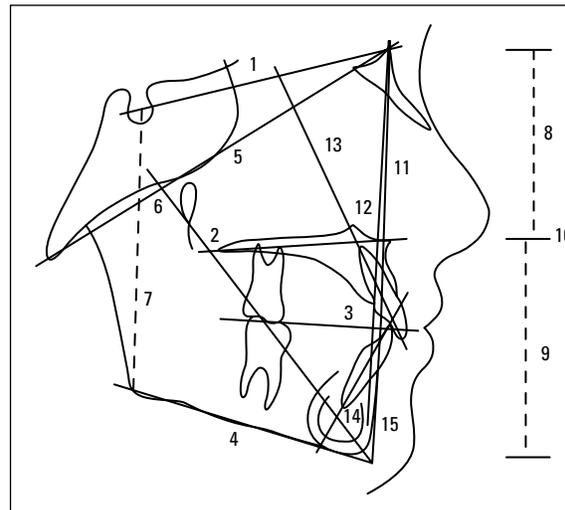


FIGURA 2 - Medidas cefalométricas utilizadas.

10. N-Me: distância entre o Násio e o Mento, representando a altura facial anterior.
 11. SNA: ângulo entre a base craniana anterior (S-N) e o Ponto A, representando a posição anteroposterior da maxila.
 12. SNB: ângulo entre a base craniana anterior (S-N) e o Ponto B, representando a posição anteroposterior da mandíbula.
 13. Longo eixo do incisivo superior.
 14. Longo eixo do incisivo inferior.
 15. Ponto A-Pg: plano representando o perfil ósseo maxilomandibular.
- Wits: distância entre as projeções perpendiculares dos Pontos A e B no plano oclusal, representando a relação anteroposterior maxilomandibular.

Desenho da pesquisa e método estatístico

O sistema foi desenvolvido em três unidades: 1) anteroposterior, 2) vertical e 3) dentária. As medidas de tendência central (média e desvio-padrão) para cada idade (6 a 18 anos) e cada sexo foram obtidas do Atlas de Crescimento Craniofacial de Bauru³¹. O padrão-ouro escolhido foi a digitalização e processamento do sistema Decodify®, operado por um técnico da empresa BioLogique S/S Ltda. (São Paulo/SP) e hospedado

em servidor central da HostLocation (São Paulo/SP). Cada um dos dois consultórios forneceu 30 radiografias laterais e a colaboração de uma auxiliar técnica para digitalizar e processar os casos.

Estabelecido o padrão-ouro, testou-se a reprodutibilidade intraexaminador de cada examinador e testou-se, independentemente, cada examinador contra o padrão-ouro (avaliação chamada interexaminadores). Os resultados de cada partilha de 30 casos foram também comparados intraexaminador (redigitalizados 4 semanas após a primeira partilha). A correlação intraexaminador visou mensurar o erro sistemático e a correlação interexaminadores visou mensurar o erro de método. Epistemologicamente, testaram-se as hipóteses nulas de não-diferença intraexaminador e de não-diferença interexaminadores (examinador 1 e 2 contra o padrão-ouro).

Coefficientes de correlação visaram comparar as variáveis cefalométricas similares de forma pareada, isolando-se como variável dependente o examinador. O risco envolvido em cada caso, resultado do processamento eletrônico pelo sistema Decodify® e apresentado como um *ranking* qualitativo, foi medido de modo ordinal. Os riscos foram pareados por matrizes de covariância e tais comparações foram expressas através de coeficientes de confiança, novamente testando-se as hipóteses nulas de não-diferença intraexaminador e de não-diferença interexaminadores (examinador contra o padrão-ouro).

Lógica do sistema de inteligência artificial

Decodify® é um sistema de inteligência artificial capaz de calcular os graus de envolvimento cefalométrico, esquelético e/ou dentário, após a contextualização matemática das variáveis eleitas. A rede neural é baseada em lógica paraconsistente^{22,24}, capaz de aplicar decisões não-triviais, por ser sensível à incerteza, inconsistência e insuficiência embutidas nos dados.

RESULTADOS

Os resultados de reprodutibilidade e confiabilidade das variáveis cefalométricas selecionadas são descritos nas Tabelas 1 e 2.

A Tabela 3 define o *ranking* de risco avaliado e a Tabela 4 exhibe os coeficientes de confiança entre os riscos processados nas avaliações dos dois examinadores contra o padrão-ouro.

TABELA 1 - Correlação pareada, padrão-ouro intraexaminadores (IE) e interexaminadores (EE). Grau de significância [$p < 0,001$].

Variável	Padrão-Ouro IE	EE-JU	EE-SP
SNA	0,91	0,74	0,96
SNB	0,94	0,91	0,95
ANB	0,93	0,81	0,97
Wits	0,87	0,86	0,88
M-U1	0,89	0,85	0,77
M-L1	0,84	0,79	0,70
S-Go	0,97	0,68	0,98
Na-Me	0,98	0,98	0,96
Na-ENA	0,90	0,82	0,90
ENA-Me	0,94	0,93	0,97
SN/PP	0,79	0,82	0,82
SN/PO	0,90	0,89	0,89
SN/PM	0,95	0,90	0,97
Eixo Y	0,97	0,86	0,97
U1.SN	0,94	0,92	0,95
U1.PP	0,92	0,89	0,95
U1.Na	0,93	0,88	0,96
L1.GoMe	0,90	0,94	0,83
L1.NB	0,79	0,93	0,74
L1-NB	0,93	0,93	0,93
L1.APg	0,84	0,88	0,66
L1-APg	0,81	0,77	0,84
U1.L1	0,90	0,91	0,90

IE: avaliação intraexaminador.

EE: avaliação interexaminadores.

TABELA 2 - Correlação pareada, intraexaminador. Grau de significância [$p < 0,001$].

Variável	IE-JU	IE-SP
SNA	0,86	0,73
SNB	0,94	0,64
ANB	0,69	0,85
Wits	0,81	0,92
M-U1	0,88	0,60
M-L1	0,83	0,56
S-Go	0,98	0,83
Na-Me	0,98	0,62
Na-ENA	0,86	0,77
ENA-Me	0,96	0,69
SN/PP	0,83	0,73
SN/PO	0,90	0,67
SN/PM	0,97	0,75
Eixo Y	0,94	0,61
U1.SN	0,86	0,62
U1.PP	0,85	0,61
U1.Na	0,81	0,55
L1.GoMe	0,91	0,81
L1.NB	0,78	0,73
L1-NB	0,91	0,77
L1.APg	0,52	0,62
L1-APg	0,67	0,83
U1.L1	0,75	0,69

IE: avaliação intraexaminador.
EE: avaliação interexaminadores.

TABELA 3 - Definição do ranking de risco. Classificação ordinal dos resultados qualitativos.

Risco-Resultado Decodify®	Significado Clínico	Tempo de Tratamento*	Custo do Tratamento*
Risco I	Comprometimento dentário apenas	12 meses	\$
Risco II	Comprometimento esquelético leve	18 meses	\$\$
Risco III	Comprometimento esquelético moderado	24 meses	\$\$\$
Risco IV	Comprometimento esquelético severo	30 meses	\$\$\$\$

*A título referencial, a critério do profissional.

TABELA 4 - Coeficientes de confiança medidos por matrizes de covariância, comparando-se os riscos medidos pelos examinadores contra o padrão-ouro. Grau de significância [$p < 0,0001$].

Risco-Resultado	EE-JU	EE-SP
Correlação menor	0,54	0,47
Correlação maior	0,90	0,88
Correlação média	0,78	0,75
Coefficiente de confiança	0,78	0,75

DISCUSSÃO

A cefalometria é uma ferramenta de diagnóstico ortodôntico aceita mundialmente e considerada como informação essencial para se oferecer um plano de tratamento confiável ao paciente. É baseada em medidas tomadas em radiografias laterais de cabeça e descreve discrepâncias esqueléticas e dentárias com considerável precisão. Um ortodontista clínico com experiência pode bem interpretar, embora subjetivamente, valores cefalométricos e aplicar essas informações na sua prática diária. Como somente números não podem ser diretamente aplicados na clínica, essa subjetividade tem sido alvo de contestações sobre o potencial valor da cefalometria para uso rotineiro.

O assunto em questão não é se a cefalometria deve ou não ser usada, mas sim como dados cefalométricos devem ser interpretados antes de sua aplicação, pois essa interpretação embute significativa variância. Isso ocorre por dois motivos principais: primeiro, porque o grau de anormalidade clínica não é quantitativamente medido; e segundo, porque não há como se estabelecer o padrão-ouro. Padrão-ouro é a referência padrão que se estabelece para que outras referências possam a ela ser comparadas e, a partir dessa comparação, tornem-se aceitáveis ou não.

Em nosso projeto, estabelecemos um padrão-ouro (Tab. 1), contextualizando-se medidas cefalométricas de ampla utilização por ortodontistas.

O resultado dessa contextualização chamou-se risco. É importante ressaltar que esse risco foi baseado em normas esperadas para cada uma das medidas eleitas, individualizadas por sexo e idade, medidas na mesma população dos casos avaliados (brasileiros, caucasianos com grau de miscigenação étnica médio). A contextualização (ou risco) pode ser assim definida: “o que devemos esperar como má oclusão e qual sua severidade, seja esquelética ou dentária, daquele paciente em particular”.

Pelos resultados obtidos, observa-se que a comparação interexaminadores (contra o padrão-ouro) apresenta variação conforme a medida cefalométrica. Isso é o que se espera da avaliação humana de pontos cefalométricos com variável grau de identificação e reprodução. Frisamos que esse grau de variação envolve o grau de acurácia, tanto do examinador como do próprio padrão-ouro. Citamos como exemplos de variáveis cefalométricas vulneráveis ao erro de identificação e reprodução: o ponto A (devido à espessura do osso maxilar na região), a inclinação do incisivo inferior (devido à sobreposição das imagens dos incisivos inferiores) e a localização geométrica do ponto Gônio (bisetritz construída).

Essas variações contabilizam também a variação intraexaminador, isolada na Tabela 2. A variação da reprodutibilidade dos examinadores implica em se afirmar que há examinadores que têm mais conhecimento e/ou mais prática para fazer um traçado cefalométrico, o que é coerente se esperar.

Os resultados quantitativos, modelados pelo sistema Decodify® como risco, são apresentados de forma ordinal na Tabela 3. Desse modo, sugerimos parâmetros que consideramos úteis para a clínica ortodôntica diária. Por exemplo, quanto maior o envolvimento esquelético que um caso apresenta, maior o seu risco e, consequentemente, maior o tempo de tratamento requerido e o custo envolvido.

A contribuição do nosso trabalho torna-se evidente com os coeficientes de confiança apresentados. Uma vez que tenhamos um sistema que estabeleça graus de severidade, através da programação de algoritmos que contextualizam variáveis cefalométricas individuais, temos um grau de risco para cada caso avaliado. Os coeficientes de confiança mostram que esse grau de risco é reprodutível e confiável e, assim, avaliações embutem um mínimo de viés pessoal. Troca-se o “achismo” cefalométrico pela “evidência” do risco cefalométrico. Em poucas palavras, o sistema Decodify® funciona como uma “régua” para medir o grau de dificuldade de se tratar um determinado caso ortodôntico.

Com esse instrumento, portanto, o profissional pode mensurar, com alto grau de precisão, quanta “energia” ortodôntica deve ser dedicada àquele caso em particular. E as consequências práticas dessa mensuração são muitas: o profissional pode estimar a extensão do tratamento, o número aproximado de consultas, a necessidade de sua atenção como clínico (e, consequentemente, a possibilidade de delegar funções menos importantes às suas assistentes), os problemas em potencial, o preço do tratamento, etc.

Metaforicamente, o tratamento ortodôntico em um futuro muito próximo, se não já no presente, será oferecido aos pacientes como um “plano de voo muito bem definido”, com tempo estimado de decolagem, tempo estimado de duração e tempo estimado de pouso, destino bem definido e condições de voo previsíveis. Quem não tem premissas científicas para se basear, continuará “decolando seu avião ortodôntico” sem informar a qual aeroporto se dirige, qual o tempo estimado de viagem e quais as condições de voo esperadas. Esses profissionais passam, naturalmente, a ser preteridos por seus potenciais pacientes, que buscarão melhores serviços. E é impossível que seja diferente: hoje, todos os pacientes esperam receber serviços de qualidade, entregues com conforto e segurança, dentro de um prazo pré-estipulado e que custem preço de mercado.

CONCLUSÃO

Nossos resultados suportam que o risco mensurado pelo sistema apresentado é reproduzível e confiável. Aceitamos, portanto, as hipóteses nulas de não-diferença intraexaminador e interexaminadores, em todas as comparações pareadas realizadas.

Como consequência direta da aceitação dessas hipóteses nulas, sugerimos ser o sistema Decodify® uma importante ferramenta cefalométrica para que o ortodontista possa estabelecer claros parâmetros quanto ao serviço que será por ele prestado. Assim, o paciente pode ter uma estimativa confiável do grau de severidade de sua má oclusão,

a dificuldade que o ortodontista terá para tratá-la, bem como o tempo estimado de tratamento. Consequentemente, o paciente pagará o preço justo pelo serviço a ser contratado, de acordo com o mercado no qual esse serviço se insere.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos colaboradores Alison Rocha (padrão-ouro, Empresa BioLogique S/S Ltda.), Simone Pittori (e ao Dr. Jurandir Barbosa, Jundiaí-SP) e Alaíde Yamaguchi (e à Dra. Lílina Maltagliati, São Paulo-SP) pelo processamento dos dados (traçado, digitalização e tabulação) para o desenvolvimento deste artigo.

Decodify® system: cephalometrics as risk manager and administrative tool for the orthodontic clinic

Abstract

Introduction: Cephalometrics may have limited clinical application in Orthodontics because it demands subjective interpretation. An artificial intelligence (A.I.) system, Decodify®, was developed to provide an individual quantitative interpretation of contextualized cephalometric data. In this paper the system is tested as a valid management tool in orthodontic offices. **Methods:** The development of algorithms included modeling of norms and standard deviations of Brazilian cephalometric data measured on lateral radiographs. In order to test the system, initial cephalograms of 60 orthodontic patients from two orthodontic offices (30 cases each) were processed and re-processed by three different technicians. Reproducibility and reliability intra-observer and inter-observers were paired checked. The risk in each case, product of the electronic analysis, was compared by covariance matrices and reliability coefficients. **Results:** Levels of inter-observers paired correlation (against golden pattern) for 23 pairs of variables, ranged from 0,68 (S-Go distance) to 0,98 (Na-Me distance) in an orthodontic clinic (JU) and from 0,66 (L1.APg angle) to 0,98 (S-Go distance) in other orthodontic clinic (SP). Levels of intra-observer correlation for 23 pairs of variables ranged from 0,52 (L1.APg angle) to 0,98 (S-Go and Na-Me distances) in an orthodontic clinic (JU) and from 0,55 (U1.Na angle) to 0,92 (Wits distance) in other (SP). All the correlations were significant at the $p < 0,001$ level. The reliability coefficients of the assessed risks were 0,78 for a clinic (JU) and 0,75 for other clinic (SP). The reliability coefficients were significant at the $p < 0,0001$ level. **Conclusions:** The results of this research support that the outcomes of the Decodify® system are reproducible and reliable. Therefore, the system can be applied to contextualize conventional cephalometric data and to generate case-specific risk. It can be used by the orthodontist as an important administrative tool for daily professional evaluations.

Keywords: Orthodontics. Diagnosis. Artificial Intelligence.

REFERÊNCIAS

1. Wylie WL. Present beliefs in the practicability of cephalometric studies in individual case analysis, prognosis and treatment. *Am J Orthod.* 1946;32:836-42.
2. Moorrees CFA. Normal variation and its bearing on the use of cephalometric radiographs in orthodontic diagnosis. *Am J Orthod.* 1953; 39:942-50,
3. Sved A. A critical review of cephalometrics. *Am J Orthod.* 1954; 40:567-90,
4. Dreyer CJ, Joffe BM. A concept of cephalometric interpretation. *Angle Orthod.* 1963;33:123-6.
5. Baumrind S, Frantz RC. The reliability of head film measurements. 1. Landmark identification. *Am J Orthod.* 1971;60:111-27.
6. Major PW, Johnson DE, Hesse KL, Glover KE. Landmark identification error in posterior anterior cephalometrics. *Angle Orthod.* 1994;64(6):447-54.
7. Trpkova B, Major P, Prasad N, Nebbe B. Cephalometric landmarks identification and reproducibility: a meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1997;112(2):165-70,
8. Björk A, Solow B. Measurements on radiographs. *J Dent Res.* 1962;41:672-83.
9. Savara BS, Tracey WE, Miller PA. Analysis of errors in cephalometric measurements of three dimensional distances on the human mandible. *Arch Oral Biol.* 1966;11(2):209-17.
10. Buschang PH, LaPalme L, Tanguay R, Demirjian A. The technical reliability of superimposition on cranial base and mandibular structures. *Eur J Orthod.* 1986;8:152-6.
11. Buschang PH, Tanguay R, Demirjian A. Cephalometric reliability. A full ANOVA model for the estimation of true and error variance. *Angle Orthod.* 1987;57(2):168-75.
12. Del Santo M Jr. Influence of the occlusal plane inclination on ANB and Wits assessments of anteroposterior relationship of the jaws. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;129(5):641-8.
13. Baumrind S, Muller DM. Computer-aided head film analysis: the University of California San Francisco method. *Am J Orthod.* 1980;78(1):41-65.
14. Eriksen E, Solow B. Linearity of cephalometric digitizers. *Eur J Orthod.* 1991;13(5):337-42.
15. Fine MB, Lavelle CLB. Diagnosis of skeletal form on the lateral cephalogram with a finite element-based expert system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1992;101(4):318-29.
16. Ferraro VF, Sforza C, Dallorca LL, De Franco DJ. Assessment of facial form modifications in Orthodontics: proposal of a modified computerized mesh diagram analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1996;109(3):263-70,
17. Forsyth DB, Shaw WC, Richmond S. Digital imaging of cephalometric radiography, part 1: advantages and limitations of digital imaging. *Angle Orthod.* 1996;66(1):37-42.
18. Forsyth DB, Shaw WC, Richmond S, Roberts CT. Digital imaging of cephalometric radiography, part 2: image quality. *Angle Orthod.* 1996;66(1):43-50,
19. Aminzadeh F, Jamshidi M. Soft computing: Fuzzy logic, neural networks and distributed artificial intelligence. Upper Saddle River: Prentice Hall; 1994.
20. Russell S, Norvig P. Artificial Intelligence. 2nd ed. Upper Saddle River: Prentice Hall; 2002.
21. Da Costa NCA. On the theory of inconsistent formal systems. *Notre Dame J Formal Logic.* 1974;15(4):497-510,
22. Da Costa NCA, Subrahmanian VC, Vago C. The paraconsistent logic. *Zeitschrift für Math Logik und Grundlagen der Math.* 1991;37:137-48.
23. Kifer M, Subrahmanian VS. Theory of generalized annotated logic programming and its applications. *J Logic Program.* 1992;12(4):335-67.
24. Abe JM. Paraconsistent artificial networks: an introduction. *Lect Notes Artif Intellig.* 2004; 3214:942-8.
25. Roy MK, Biswas R. I-V Fuzzy relations and Sanchez's approach for medical diagnosis. *Fuzzy Sets Syst.* 1992;47(1):35-8.
26. Sanchez E. Truth-qualification and fuzzy relations in natural languages, application to medical diagnosis. *Fuzzy Sets Syst.* 1996;84(2):75-86.
27. Kuncheva LI, Steimann F. Fuzzy diagnosis. *Artificial intelligence in medicine.* 1999;16:121-8.
28. Takada K, Sorihashi Y, Stephens CD, Itoh S. An inference modeling of human visual judgment of sagittal jaw-base relationships based on cephalometry: Part I. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000;117(2):140-7.
29. Sorihashi Y, Stephens CD, Takada K. An inference modeling of human visual judgment of sagittal jaw-base relationships based on cephalometry. Part II. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000;117(3):303-11.
30. Del Santo M Jr, Del Santo LM. Diagnóstico cefalométrico eletrônico: contextualização de variáveis cefalométricas. *Dental Press J Orthod.* 2011;16(2):75-84.
31. Martins DR, Janson GRP, Almeida RR, Pinzan A, Henriques JFC, Freitas MR. Atlas de crescimento craniofacial. São Paulo: Ed. Santos; 1998.

Enviado em: 19/3/2009
Revisado e aceito: 6/8/2009

Endereço para correspondência

Marinho Del Santo Jr.
Rua Mal. Hastimphilo de Moura 277, Casa 1
CEP: 05.641-000 - Morumbi - São Paulo / SP
E-mail: marinho@delsanto.com.br