

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA
DOUTORADO EM ODONTOLOGIA / CLÍNICA ODONTOLÓGICA
RADIOLOGIA

Linha de pesquisa: Diagnóstico de Afecções Buco-Faciais

NÁDIA ASSEIN ARÚS

***DESENVOLVIMENTO E TESTE DE UM OBJETO DIGITAL DE APRENDIZAGEM
PARA INTERPRETAÇÃO DAS IMAGENS POR RESSONÂNCIA MAGNÉTICA DA
ARTICULAÇÃO TEMPOROMANDIBULAR***

Orientadora: Prof^a. Dra. HELOÍSA EMÍLIA DIAS DA SILVEIRA

Porto Alegre, outubro 2012.

NÁDIA ASSEIN ARÚS

***DESENVOLVIMENTO E TESTE DE UM OBJETO DIGITAL DE APRENDIZAGEM
PARA INTERPRETAÇÃO DAS IMAGENS POR RESSONÂNCIA MAGNÉTICA DA
ARTICULAÇÃO TEMPOROMANDIBULAR***

Tese apresentada como parte dos requisitos obrigatórios para obtenção do título de Doutor em Clínica Odontológica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
Área de concentração: Clínica Odontológica / Radiologia.

Orientadora: Prof^a. Dra. HELOÍSA EMÍLIA DIAS DA SILVEIRA

Porto Alegre, outubro de 2012.

Dedico este trabalho a todos os que estiveram presentes desde o Mestrado até hoje, convivendo, trabalhando e me dando força para concluir mais esta etapa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter colocado pessoas queridas junto a mim nesta trajetória, e pela saúde e força necessárias para concretizar esta etapa.

À Profa. Heloísa Emília Dias da Silveira, pela orientação dedicada a este trabalho e por ter me ensinado que nada se constrói sozinho.

Ao Prof. Reni Dalla-Bona pelas palavras amigas e incentivos constantes que recebo desde o Mestrado até hoje.

Ao Prof. Heraldo Luis Dias da Silveira, por ser amigo e estar sempre presente nas diversas etapas da minha vida acadêmica.

À Serdil – Fundação Saint Pastous, pela parceria realizada e por ter acreditado neste trabalho.

Aos queridos Dr. Maurício Bizi, Dra. Fabiana Ceolin e Dra. Adalsa Hernandez pela imensa colaboração e tempo aplicado nas avaliações das imagens.

Ao acadêmico e bolsista de iniciação científica Átila da Silva, pela dedicação empregada e essencial para o desenvolvimento da parte digital do objeto de aprendizagem.

Aos Professores, colegas e amigos dos programas de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia e em Informática na Educação da UFRGS, pelo agradável convívio dentro e fora desta Instituição.

Aos monitores, bolsistas, mestrandos e doutorandos da Radiologia responsáveis pelos bons momentos vividos no Laboratório de Processamento de Imagem Digital (LAPID) da FO-UFRGS.

Aos alunos da graduação da FO-UFRGS que aceitaram participar deste trabalho.

Ao meu marido Giovani Sanitá, por estar sempre ao meu lado.

Ao meu amigo e irmão Samir Arús, responsável pela minha alegria de ser tia.

Aos meus sobrinhos Bernardo, Gabriel e Clara, e à minha querida Bianca por me permitirem reviver a infância cada vez que os encontro.

Aos meus pais Marta e Moacir Arús por serem o exemplo que tento seguir. Simplesmente amo vocês!

RESUMO

A imagem por ressonância magnética (IRM) é a primeira escolha como ferramenta complementar no diagnóstico das anormalidades dos tecidos moles da articulação temporomandibular (ATM). No entanto, a literatura tem mostrado baixa reprodutibilidade na interpretação deste exame. Neste estudo foi desenvolvido e testado um Objeto Digital de Aprendizagem (ODA) para potencializar as habilidades do profissional na interpretação da ATM avaliada em IRM para ser utilizado tanto no ensino da graduação como na educação continuada dos profissionais da área da saúde. O ODA é composto por sessões, nas quais o usuário estuda o conteúdo, interage com o aplicativo, e interpreta imagens digitais das ressonâncias magnéticas da ATM. Os diagnósticos realizados pelo usuário são conferidos automaticamente com aqueles previamente estabelecidos por concordância entre três profissionais especialistas. Após a validação do conteúdo, o ODA foi testado com alunos do curso de graduação da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, separados em dois grupos: teste (aprendizagem interativa) e controle (aprendizagem convencional). A eficácia do uso do objeto de aprendizagem foi observada por meio de prova objetiva. Os resultados mostraram diferença significativa entre os grupos, tendo o grupo controle apresentado melhor desempenho. No entanto, quando comparadas com as avaliações iniciais, verificou-se que os dois grupos melhoraram seus desempenhos significativamente. Desta forma, levando em consideração os resultados e a complexidade do assunto, deve-se pensar em trabalhar o ODA juntamente com a presença de um professor ou tutor, isto é, utilizando um sistema de formação misto, também chamado de *blended learning*. A usabilidade (efetividade, eficiência e satisfação) do ODA foi avaliada pelos usuários por meio de um questionário estruturado baseado no *System Usability Scale* (SUS) e atingiu o escore 89, considerado excelente.

Palavras-chave: Ensino. Educação. Imagem por Ressonância magnética.
Articulação temporomandibular.

ABSTRACT

Magnetic resonance imaging (MRI) is the first choice as complementary tool in the diagnosis of abnormalities in soft tissues of the temporomandibular joint (TMJ). In spite of that, current literature reports poor reproducibility in the interpretation of results this tool generates. The present study describes the development and testing of a Digital Learning Object (DLO) as a system to improve MRI interpretation capabilities concerning TMJ dysfunctions, applicable both in the teaching of undergraduate students and in extension education of health professionals. The DLO developed is divided in sections where the user studies the content, interacts with the application, and interprets digital MRI of the TMJ. The diagnoses made by users are automatically checked against previous diagnoses established in agreement by three specialist professionals. After validation of the content, the DLO was tested by undergraduate dentistry students of the Federal University of Rio Grande do Sul, divided in two groups, test group (interactive learning), and control group (conventional learning). The efficacy of the DLO was assessed by an objective test. The results revealed a significant difference between groups, and showed that the control group performed better. Yet, when results are compared with baseline evaluations (before application of the DLO), it was observed that the two groups improved significantly performance. In this sense, considering the results and the complexity of the subject, the DLO should be applied under the supervision of a professor or instructor, that is, following a mixed training system, also called *blended learning*. The applicability (efficacy, efficiency and satisfaction) of DLO was assessed by users according to a structured questionnaire based on the *System Usability Scale* (SUS), reaching score 89, considered excellent.

KEYWORDS

Teaching. Learning. Magnetic resonance imaging. temporomandibular joint disorders.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ATM – Articulação temporomandibular
- CC – Carga cognitiva
- DLO – *Digital Learning Object*
- DTM – Disfunção temporomandibular
- FO-UFRGS – Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul
- GRE – Gradiente-eco
- HTML - *Hypertext markup language*
- IRM – Imagem por ressonância magnética
- JPEG - *Joint photographic experts group*
- LAPID – Laboratório de Processamento de Imagem Digital
- MD – *Medical Doctor*
- Moodle – *Modular Object-Oriented Dynamic Learning Enviroment*
- MRI – *Magnetic resonance imaging*
- ODA – Objeto digital de aprendizagem
- RM – Ressonância magnética
- SUS - *System Usability Scale*
- T – Tesla
- TIC – Tecnologia de informática e comunicação
- TMD – *Temporomandibular joint disorder*
- TMJ – *Temporomandibular joint*
- T1 – Tempo de relaxação 1
- T1W – *T1-weighted*
- T2 – Tempo de relaxação 2
- UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	12
1.1 Anatomia normal da articulação temporomandibular	12
1.2 Imagem por ressonância magnética	14
1.3 O uso da imagem por ressonância magnética no diagnóstico de patologias da ATM	15
1.4 Variação no diagnóstico de patologias da ATM	17
1.5 Ensino a distância e aprendizagem interativa	19
2 OBJETIVOS	24
2.1 Geral	24
2.2 Específicos	24
REFERÊNCIAS	25
ARTIGO CIENTÍFICO 1	29
ARTIGO CIENTÍFICO 2	42
CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
CONCLUSÃO	63

ANEXO 64

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A articulação temporomandibular (ATM) representa, devido a sua complexidade anatômica e fisiológica, um desafio diagnóstico e terapêutico. A dor e a disfunção da ATM são comuns e podem resultar de uma variedade de fatores etiológicos tanto traumáticos quanto não traumáticos que podem ser classificados em: distúrbios musculares (hiperatividade, espasmo e trismo, inflamação, trauma, dor miofascial e fibromialgia, atrofia e hiperatrofia); e distúrbios artrogênicos (deslocamento do disco, hipomobilidade do disco, deslocamento e subluxação, artrite, infecções, doença metabólica, capsulite, sinovite, fratura, hiperplasia condilar, aplasia ou neoplasia). A síndrome dos sintomas produzidos por estes vários fatores, entretanto, tem certas semelhanças e é coletivamente chamada de disfunção da articulação temporomandibular (DTM) (NEVILLE, 2009).

Enquanto métodos de exame clínico estão baseados amplamente em inspeção, palpação e teste de função, o exame por imagem fornece mais detalhes na investigação e facilita o diagnóstico diferencial das anormalidades da ATM. Em particular, o exame de ressonância magnética (IRM) (VOGL *et al.*, 1999).

1.1 Anatomia normal da articulação temporomandibular

A articulação temporomandibular é definida como uma diartrose (articulação móvel), biaxial (movimentos segundo dois eixos) e condilar (elipsóide) constituindo uma articulação bilateral e de superfícies ósseas discordantes. O disco articular tem a função de tornar concordantes estas superfícies ósseas, estabelecendo relação entre os ossos temporal e mandibular. A superfície articular do osso temporal consiste de uma porção posterior côncava e de outra, anterior, convexa. A porção côncava do osso temporal é a cavidade articular e a parte convexa é o tubérculo articular. O processo articular da mandíbula corresponde à cabeça e ao colo mandibulares, na extremidade posterior e mais elevada do ramo. A cabeça

do processo articular é a área de fixação da cápsula da articulação temporomandibular. O disco articular repousa no alto da cabeça da mandíbula, dividindo a ATM internamente em compartimento superior (temporal) e compartimento inferior (condilar). Este apresenta sua parte central mais fina que a periférica. É dividido em: banda posterior, banda anterior, zona intermediária e ligamento posterior que, por sua vez, é dividido em duas porções: superior e inferior (OLIVEIRA; GERHARDT, 1994). Vários ligamentos fortalecem a articulação e limitam a extensão do movimento em algumas direções: abrir e fechar (depressão/elevação e abdução/adução), retrusão e retração, e movimentos laterais (VOGL *et al.*, 1999).

Uma membrana sinovial, separadamente, reveste a cápsula articular em cada um dos compartimentos da articulação, sendo responsável pela produção do líquido sinovial. A sua principal função é fazer a lubrificação da articulação (OLIVEIRA; GERHARDT, 1994).

A face posterior do disco articular com linhas rugosas ao longo do eixo da cabeça da mandíbula é denominada às 12 horas na posição horária. Na posição normal do disco articular com a boca fechada e boca aberta, alcança entre 10 e 12 horas (Figura 01) (VOGL *et al.*, 1999).

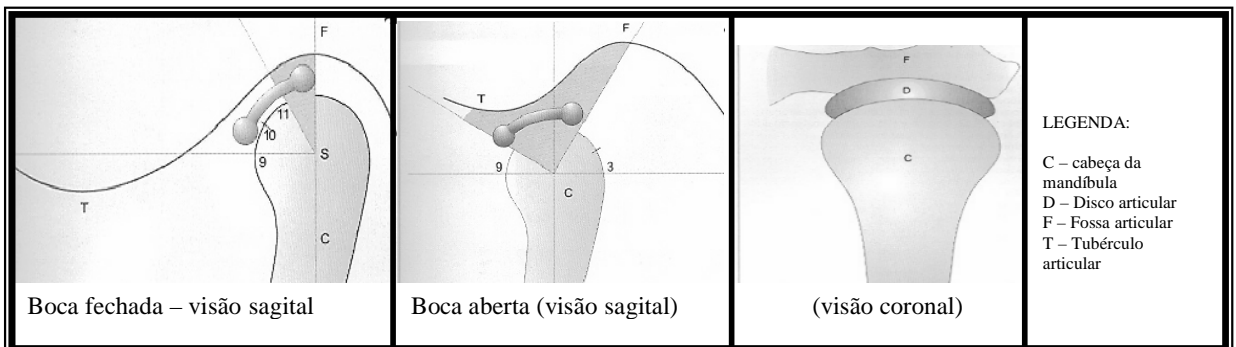


Figura 01 – Posição normal do disco articular
Fonte: VOGL, T. J. *et al.*, 1999.

No entanto, nem todas as articulações exibem esta posição, existindo também variações da normalidade, que podem ser observadas quando a proeminência anterior do côndilo encontra-se à mesma altura e na vizinhança da zona intermediária do disco (RAMOS *et al.*, 2004).

Provenzano, Chilvarquer e Fenyo-Pereira (2012) compararam dois métodos para determinar a posição do disco articular em cortes sagitais de

IMR: método 1 - 12 horas, e método 2 - a posição da zona intermediária do disco articular em relação ao centro da cabeça da mandíbula e o centro da tubérculo articular, por meio da reprodutibilidade intra e interexaminadores comparados à avaliação clínica. Foi observada boa reprodutibilidade tanto intra como interexaminadores. No entanto detectaram diferença significativa entre o método 1 e os dados clínicos, permitindo assim, que sugerissem que a avaliação da posição do disco seja realizada pela localização da banda intermediária do disco articular em relação ao centro da cabeça da mandíbula e o centro do tubérculo articular.

1.2 Imagem por ressonância magnética

Ressonância magnética (RM) é um método de alta resolução e eficiência sem efeitos colaterais. Durante a realização do exame por ressonância magnética, o corpo do paciente é colocado em um forte campo magnético gerando dipolos nos prótons de hidrogênio para promover alinhamento dos mesmos com as linhas do campo. A adição de pulsos de radiofrequência provoca a ressonância de íons de hidrogênio extra e intracelulares. Quando a emissão da radiofrequência é cessada ocorre a fase chamada de relaxação. Durante esta fase os núcleos atômicos emitem ondas de rádio. Diferentes tecidos produzem diferentes quantidades de energia que são captadas por bobinas específicas localizadas junto à região a ser examinada. Esse sinal analógico é transformado em digital permitindo, assim, a formação das imagens por ressonância magnética (TVRDY, 2007) (MAZZOLA, 2009). O advento da tecnologia das bobinas de superfície gerou um instrumento reprodutível para fazer avaliações detalhadas da ATM (VOGL *et al.*, 1999).

As unidades de ressonância magnética variam de acordo com densidade do fluxo magnético que é medido pela unidade T(tesla). A qualidade da imagem adquirida em uma unidade de 3T possibilita uma melhor percepção da posição e forma do disco articular quando comparada com a imagem adquirida com 1,5T. No entanto, não se observa diferença significativa na reprodutibilidade interexaminadores (SCHMID-SCHWAP *et al.*, 2009). A qualidade da imagem não é avaliada apenas pela densidade do

fluxo magnético, mesmo que outros critérios sejam subjetivos. Schmitter *et al.* (2004) utilizaram imagens de qualidades variadas, adquiridas em uma única unidade de ressonância magnética e com bobinas específicas para ATM, na determinação de reprodutibilidade interexaminador. Observaram que imagens de boa qualidade são importantes para aumentar a concordância entre os avaliadores.

1.3 O uso da imagem por ressonância magnética no diagnóstico de patologias da ATM

A imagem por ressonância magnética é a primeira escolha como ferramenta complementar no diagnóstico das anormalidades dos tecidos moles da ATM. Ademais, a IRM é igual, ou possivelmente melhor que a tomografia computadorizada na avaliação dos componentes corticais ósseos. Portanto, por ser um exame não invasivo e com acurácia, ela tem substituído a tomografia computadorizada e a artrografia (OHKUBO *et al.*, 2009).

A imagem por ressonância magnética é capaz de identificar a posição do disco nos cortes sagitais e coronais, e pode avaliar anormalidades e variações morfológicas em sua posição normal. A possibilidade de realizar um estudo pseudodinâmico da ATM permite uma avaliação mais completa das alterações do disco. Além disso, IRM é considerada padrão-ouro na avaliação da posição do disco articular (POVEDA-RODA *et al.*, 2008).

Choi *et al.* (2009) correlacionaram manifestações clínicas e achados em imagens por ressonância magnética com idade e gênero dos pacientes. Foram avaliados 946 mulheres com média de 36,6 anos, e 319 homens com média de 34,4 anos. De todos os pacientes, 945 apresentavam sintomas em uma articulação temporomandibular e 320 apresentavam sintomas bilateralmente. A imagem por ressonância magnética foi utilizada na observação do deslocamento parcial ou total, medial ou lateral do disco articular, do deslocamento anterior com ou sem redução e das deformidades ósseas no mesmo. Foi evidenciado que pacientes mulheres e pacientes jovens apresentam alta correlação entre sintomas clínicos e manifestações em imagem por ressonância magnética. No entanto, Milano *et al.* (2000) diz

que a decisão do tratamento não deve ser baseada apenas nas evidências das imagens por ressonância magnética. Já, Dias *et al.* (2012) enfatizaram a importância do uso de exames por imagem como exames complementares da ATM, mostrando um estudo por IRM de pacientes com sinais e sintomas de disfunção temporomandibular, a identificação de cerca de 58% dos casos com deslocamento do disco, sendo o deslocamento anterior do disco com redução o achado mais freqüente. Alterações degenerativas ósseas representaram 53% das imagens avaliadas. Observaram, ainda, significativa correlação entre a presença de deslocamento anterior do disco com e sem redução e aplainamento da cabeça da mandíbula, assim como, deslocamento do disco sem redução e alterações degenerativas (erosão, aplainamento, osteófitos e esclerose na cabeça da mandíbula) da ATM.

Wang, Yang e Yu (2009) avaliaram com imagem por ressonância magnética a injúria causada na região retrodiscal da ATM após fraturas condilares com e sem deslocamento do fragmento, já que as radiografias convencionais e a tomografia computadorizada não são efetivas no exame de tecidos moles da ATM. Foi verificada diferença significativa do deslocamento do disco articular e da intensidade do sinal nos tecidos retrodisciais entre os dois tipos de fraturas condilares. As fraturas condilares com maior deslocamento foram caracterizadas com o deslocamento ânteroinferior do disco acompanhando os fragmentos da fratura.

De acordo com Ohkubo *et al.* (2009) o hipersinal observado nos compartimentos superior e inferior da ATM corresponde à derrame articular, e tem sido objeto de muitos estudos para determinar o valor da identificação de fluído sinovial como sinal de inflamação da mesma. No estudo de Taskaya-Yilmaz e Ogutcen-Toller (2001), as imagens de ressonância magnética da ATM foram avaliadas em sequências T1 e T2, sendo esta segunda, a de escolha para detecção de derrame intracapsular. Os autores observaram que quanto menor o grau de deslocamento do disco, mais suave é o desarranjo articular. Assim como a frequência de derrame intracapsular está mais frequentemente associada com o deslocamento do disco articular com redução. Também puderam observar que as alterações degenerativas da cabeça da mandíbula são mais severas naquelas ATMs em que o grau do deslocamento anterior do disco é mais acentuado.

Sarrat *et al.* (1999) sugeriram a avaliação das estruturas ósseas da ATM com IRM. Os autores afirmaram que uma seqüência GRE (gradiente-eco) T1W (ponderada) da ATM é útil para identificar remodelamento adaptativo da ATM, lesão degenerativa com esclerose subcondral e lesão erosiva devido hiperplasia sinovial. Dessa forma, é possível avaliar tecidos duros e moles da ATM em um único exame por imagem.

1.4 Variação no diagnóstico de patologias da ATM

O atual padrão para a interpretação das imagens de ATM envolve uma avaliação subjetiva e é dependente do conhecimento do examinador e da sua familiaridade com a morfologia, função e patofisiologia das estruturas articulares. Portanto, somando-se à precisão diagnóstica, o desempenho do examinador é um importante fator na interpretação das imagens, para que estas sejam confiáveis (TASAKI; WESTESSON; RAUBERTAS, 1993). Os autores previamente referidos avaliaram a variação dos relatórios das imagens por ressonância magnética da ATM inter e intraobservadores adquiridas em um aparelho de 1,5T. Foram interpretadas, independentemente, 149 ATM de peças de cadáver e de pacientes, por dois observadores previamente treinados em dois momentos, com intervalo de duas a quatro semanas e com critérios previamente estabelecidos. A concordância intraexaminador na descrição da posição e configuração do disco articular e alterações ósseas variou entre 89 a 99%. A concordância interexaminadores ficou entre 85% e 95%, sendo a menor para configuração do disco e a maior para alterações ósseas.

Tasaki *et al.* (1996) avaliaram 600 ATM de pacientes com sintomatologia e de voluntários sadios. Desenvolveram então, uma classificação para a posição do disco articular que apresenta 08 possibilidades de deslocamento, posição superior (normal) e indeterminada do disco. Dois avaliadores interpretaram as imagens individualmente e, naquelas que apresentaram divergência, as mesmas foram discutidas até atingirem um consenso. Os autores acreditam que, dessa forma, é possível manter a variação observacional reduzida e melhorar a comunicação entre clínicos e pesquisadores.

Orsini *et al.* (1997) sugeriram um programa de calibração dos examinadores de imagens por ressonância magnética da ATM. Observaram que, após a discussão das imagens e determinação de critérios a serem usados, houve uma melhora significativa na concordância interexaminador na descrição da posição do disco após a calibração. No entanto, a calibração não mostrou diferença significativa nos resultados relacionados à morfologia do disco. Já a reprodutibilidade intraexaminador apresentou-se discretamente melhor nas duas questões investigadas.

Nebbe *et al.* (1998) testaram reprodutibilidade interexaminadores na aplicação de uma nova técnica desenvolvida para quantificação da posição do disco articular da ATM em IRM adquiridas em um aparelho de 1.0T. Para isso, quatro examinadores traçaram 388 ATM em papel acetado, e utilizaram o plano de Frankfurt como referência para determinar um ângulo de 50°. A partir daí, traçavam linhas perpendiculares em direção à cabeça da mandíbula para determinar o comprimento e o deslocamento do disco articular. Observou-se uma concordância substancial à quase perfeita na determinação do tamanho e posição do disco entre os observadores. Já, Nebbe *et al.* (2000) avaliaram reprodutibilidade entre quatro avaliadores experientes e com formações diferentes. Cada examinador avaliou 60 conjuntos de imagens, compostos por seqüências de cortes sagitais e cortes coronais em T1, de acordo com a classificação de posição do disco articular previamente determinada. Assim, foi possível reproduzir a situação mais próxima do real da interpretação do radiologista, na qual são avaliadas conjuntos de imagens sem nenhuma ferramenta de auxílio ou método pré-determinado de localização do disco articular. A concordância interexaminador, nesta situação, não se mostrou uniforme entre as categorias da posição do disco.

Widmalm *et al.* (2006) identificaram menor reprodutibilidade intra-examinador quando comparada com reprodutibilidade interexaminadores e, por essa razão, concluíram que o diagnóstico baseado em seqüências T1 e T2 realizado por apenas um avaliador pode ser equivocado.

Butzke *et al.* (2010) avaliaram a reprodutibilidade na interpretação de imagens por ressonância magnética da ATM na determinação de sete características articulares específicas, entre três cirurgiões-dentistas

especialistas em disfunção temporomandibular e dor orofacial, três cirurgiões-dentistas radiologistas e três radiologistas médicos não calibrados. Na análise dos resultados, verificou-se baixa reprodutibilidade intra e interexaminadores. Houve menor concordância interexaminadores na identificação da alteração da forma da cabeça da mandíbula e presença de edema, e maior concordância no diagnóstico de deslocamento anterior do disco sem redução. Já a concordância intraexaminador foi ausente na avaliação de osteófitos e fraca nas demais patologias.

1.5 Ensino a distância e aprendizagem interativa

A primeira forma de ensino a distância utilizava-se basicamente de mídias impressas, rádio e televisão. O aparecimento da *internet* e a disseminação das tecnologias de informação e comunicação em redes informatizadas ampliaram a infraestrutura para o desenvolvimento do ensino a distância *online* (*e-learning*). Devido à falta de tempo e alto custo de deslocamento aos grandes centros de desenvolvimento em pesquisas e qualificação, se faz necessária uma nova modalidade de ensino, a qual permita ao aluno acessar materiais, assistir aulas síncronas e assíncronas, interagir com colegas de qualquer lugar e a qualquer tempo, utilizando das tecnologias disponíveis. Para oferecer educação continuada a distância com qualidade é necessário utilizar sistemas de ensino-aprendizagem altamente interativos, oportunizando um ambiente ativo e aberto de aprendizagem, no qual os estudantes trabalham com interesses individuais e coletivos visando desenvolver suas habilidades, conhecimentos e interesse. A equipe de apoio, formada pelo professor e tutores, deve preocupar-se com o ambiente, estratégias e ferramentas adequadas a serem utilizadas, e também com o desenvolvimento de materiais educacionais condizentes e contextualizados com os objetivos e conteúdos a serem trabalhados. O desenvolvimento desses materiais pode ser feito dentro do enfoque de objetos digitais de aprendizagem, para serem usados como apoio no processo de ensino. A tecnologia de informática e comunicação (TIC), atualmente, permite criar material didático usando multimídia e interatividade que tornam mais efetivos os ambientes de ensino (TAROUCO *et al.*, 2010).

Os objetos digitais de aprendizagem (ODA) se configuram tanto em ferramenta para apoiar a educação a distância como em ferramenta complementar na construção e fixação de conceitos desenvolvidos na sala de aula, constituindo-se em recursos motivadores para professor e aluno (TAROUCO; CUNHA, 2006). Logo, podem conter simples elementos como texto, vídeo, ser um hipertexto, um curso, um aplicativo ou até mesmo uma animação com áudio e recursos mais complexos. Assim, algumas das modalidades que podem ser citadas são aquelas do tipo aberto, contendo ferramentas para criação de algo por parte dos aprendentes. Ou do tipo mais fechado, isto é, sem interação. O importante é que deve ser voltado para a educação. A utilização de objetos digitais de aprendizagem remete a um novo modo de aprendizado apoiada pelo computador, no qual o professor abandona o papel de transmissor da informação para desempenhar um papel de mediador. O objeto de aprendizagem, enquanto recurso pedagógico, propicia uma participação ativa do aprendente na construção do conhecimento e no seu próprio desenvolvimento cognitivo (BEHAR; GASPAR, 2007).

No uso de tecnologias na educação, a qualidade dos recursos de aprendizagem, das situações que se criam, dos ambientes que se desenvolvem, são essenciais para a ampliação do processo de aprendizagem, do envolvimento e da capacidade de interação dos alunos. Estes devem potencializar as habilidades de raciocínio lógico dos alunos, levando à aprendizagem significativa. Sendo vistos, por pesquisadores e professores, como um recurso dinâmico e interativo que proporciona um maior interesse dos alunos ao processo educacional (TAROUCO; CUNHA, 2006).

Diante do volume de informações, dos recursos de interação, animação, e sons e cores, os quais, muitas vezes fazem parte das soluções usadas na educação, torna-se importante um conhecimento mais amplo sobre o processo cognitivo humano e de como a teoria da carga cognitiva pode ajudar a potencializar a aprendizagem (SWELLER; MERRIËNBOER, 2005; TAROUCO; SANTOS, 2007).

A teoria da carga cognitiva, desenvolvida por John Sweller, tem por definição ser um conjunto universal de princípios que resultam em um

ambiente de aprendizagem eficiente e que conseqüentemente promovem um aumento na capacidade do processo de cognição humana. Esta teoria, apóia-se na impossibilidade natural do ser humano em processar muitas informações na memória a cada momento. A estrutura cognitiva humana inclui três sistemas de memória: a memória sensorial, a memória de curta duração e a memória de longa duração, as quais trabalham juntas. Em função disso, essa teoria minimiza recursos mentais desnecessários para maximizar a aprendizagem (SWELLER; MERRIËNBOER, 2005). A elaboração de conteúdos para materiais de ensino, deve levar em consideração os três tipos principais de carga cognitiva (CC): CC Intrínseca (inerente à complexidade do conteúdo), CC natural (imposto pelas atividades de ensino que beneficiam o objetivo da aprendizagem e a CC extrínseca (esforço requerido para processar o conteúdo em decorrência de sua estruturação e organização), sempre pensando em diminuir a sobrecarga cognitiva e potencializar o aprendizado (MAYER; HEISER; LONN, 2001).

Na educação em radiologia, o aluno deve ser exposto a uma grande quantidade de informações visuais e a assimilação dessas imagens é essencial na formação de sua capacidade diagnóstica. Arquivos de casos que incluam imagens radiográficas, informações sobre o quadro clínico, diagnóstico das doenças ou técnicas radiográficas constituem um importante auxílio no ensino da radiologia. Esse material está deixando de ser arquivo pessoal e integrando bibliotecas de hospitais ou instituições de ensino. Atualmente, os departamentos de radiologia estão sendo reestruturados e digitalizados e, a criação de uma biblioteca com arquivos eletrônicos de ensino é desejável (YANG; LIM, 2006) (KAHN JR, 2006) (SPARACIA *et al.*, 2007). Yang e Lim (2006) descrevem estes arquivos digitais como material para o ensino em radiologia e sugerem que não fiquem restritos às bibliotecas destas instituições. Acreditam que, quando implantados na *internet* com mecanismos que permitam acrescentar mais casos e imagens (repositórios) para o enriquecimento desta biblioteca, potencializará o *e-learning* e beneficiará uma maior comunidade de aprendizes. Os autores incentivam também o desenvolvimento de arquivos interativos multimídia de ensino e, assim, pode-se pensar em ensino à distância para educação continuada dos profissionais. Sparacia *et al.* (2007) implementaram,

juntamente ao Moodle (*Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment*), uma biblioteca digital de neuroradiologia e uma comunidade de aprendizagem (NeuroRAD). Através de análises quantitativas e qualitativas observaram que este ambiente virtual de aprendizagem recebeu quase 10.000 visitantes de vários países em um ano, sendo estes estudantes e residentes em medicina e profissionais da saúde como tecnólogos, técnicos, físicos, etc. Formalmente, neste período, 152 indivíduos se associaram à comunidade de aprendizagem e participaram de cursos e testes *online*. Os autores sugerem que as entidades de classe, tanto nacionais como internacionais, sejam as responsáveis pela organização dessas comunidades de aprendizagem na área da radiologia.

A multimídia no ensino odontológico tem sido utilizada para simulação de pacientes virtuais. Por meio de programas qualquer disciplina pode criar simulações de casos clínicos, ensinando na resolução de problemas e estimulando o pensamento crítico dos estudantes. A experiência de uma simulação interativa com um paciente situa o aluno desde cedo dentro do ambiente clínico, introduzindo os princípios e os processos da solução dos problemas e facilitando a sua entrada definitiva na prática clínica (BUCHANAN, 2001; ABBEY, 2002; SCHLEYER; JOHNSON, 2003; LEBLANC *et al.*, 2004, WIERINCK; PUTTEMANS; STEENBERGHE, 2006; SILVEIRA *et al.*, 2009a; SILVEIRA *et al.*, 2009b).

A disfunção temporomandibular é um conteúdo difícil de ser ensinado, não apenas pela complexa constituição da própria ATM, como também por uma vasta possibilidade de sinais e sintomas presentes e sua similaridade com demais problemas originados em outros sistemas. Com o objetivo de orientar o raciocínio dos estudantes e facilitar o ensino pelos professores, foi desenvolvido por Bagnal e Geissler (1998) um programa de computador pelo qual os sinais clínicos e sintomas da desordem são dispostos de forma lógica e ordenada pelo aluno. Cada tópico preenchido apresenta textos explicativos e novas dicas para o preenchimento do próximo item. Assim, ao final do último item tem-se o quadro clínico do paciente, sendo possível fechar o diagnóstico do caso. Este estudo demonstrou facilitar a formulação de diagnósticos das alterações na ATM pelos alunos. Entretanto, não houve preocupação por parte dos autores com o

entendimento e interpretação das imagens por ressonância magnética, estas de extrema importância quando se avalia alterações da ATM. A associação dos sinais clínicos, dos sintomas e da imagem permite um diagnóstico mais preciso e seguro.

Silveira *et al.* (2009a) desenvolveram e testaram um *software* para calibragem na identificação de pontos anatômicos, pois esta é necessária para a realização de trabalhos científicos que utilizam comparações cefalométricas. O modelo mostrou ser uma ferramenta útil e eficiente no processo de calibragem, já que uma considerável melhora na reprodutibilidade da identificação dos 28 pontos em 10 radiografias foi observada após o uso por ortodontistas e estudantes de pós-graduação. Posteriormente, Silveira *et al.* (2009b), avaliaram o processo de aprendizagem da cefalometria radiográfica com o uso de um objeto digital de aprendizagem com 40 estudantes de graduação do curso de Odontologia divididos em dois grupos. O grupo 01 foi submetido ao ensino tradicional e o grupo 02 utilizou o objeto digital de aprendizagem. Os alunos foram avaliados em dois momentos. Na primeira avaliação os grupos não apresentaram diferença significativa na aprendizagem. Já na segunda avaliação, que ocorreu com um intervalo de 15 dias, observou-se uma redução nas notas do grupo 01 resultando em diferença significativa entre os dois grupos. Os autores concluíram então que, a sedimentação e retenção do conteúdo estudado é maior quando se utiliza uma ferramenta da tecnologia de informação e comunicação no processo de ensino-aprendizagem.

Kavadella *et al.* (2012) após compararem o método convencional do ensino da radiologia em nível de graduação com o sistema *blended learning* (associação do digital com o presencial), sugerem que a formação mista seja introduzida no currículo dos cursos de Odontologia, já que os alunos deste método apresentaram desempenho significativamente melhor.

Tendo em vista as colocações expostas acima, justifica-se a execução de um estudo com o intuito de desenvolver e testar um objeto digital de aprendizagem para a interpretação da articulação temporomandibular avaliada em imagens por ressonância magnética para ser utilizado tanto no ensino da graduação como na educação continuada dos profissionais da área da saúde.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Desenvolver e testar um objeto digital de aprendizagem para a interpretação da articulação temporomandibular avaliada em imagens por ressonância magnética.

2.2 Específicos

2.2.1 Desenvolver um objeto digital de aprendizagem para a interpretação da articulação temporomandibular avaliada em imagens por ressonância magnética;

2.2.2 Validar o conteúdo do objeto digital de aprendizagem para a interpretação da articulação temporomandibular avaliada em imagens por ressonância magnética;

2.2.3 Testar o objeto digital de aprendizagem por meio de comparação de resultados de interpretação da articulação temporomandibular avaliada em imagens por ressonância magnética entre um grupo de estudantes que utilize o objeto digital de aprendizagem com um que não o utilize.

REFERÊNCIAS

- ABBEY, L.M. Interactive multimedia patient simulations in dental and continuing dental education. **Dent Clin North Am**, Cambridge, MA, v. 46, n. 3, p. 575-587, jul. 2002.
- BAGNALL, R.D.; GEISSLER, P.R. Computerised teaching of temporomandibular joint dysfunction. **Br Dent J**, London, v. 164, n.2, p. 98, Jan. 1998.
- BEHAR, P. A.; GASPAR, M. I. Uma perspectiva curricular com base em objetos de aprendizagem. 2007. Disponível em: <http://ihm.ccadet.unam.mx/virtualeduca2007/pdf/37-PB.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2010.
- BUCHANAN, J. A. Use of simulation technology in dental education. **J Dent Educ**, Washington DC, v. 65, n. 11, p. 1225–1231, Nov. 2001.
- BUTZKE, K. W. et al. Evaluation of the reproducibility in the interpretation of magnetic resonance images of the temporomandibular joint. **Dentomaxillofac Radiol**, Londres, v. 39, n.3, p. 157-161, Mar. 2010. doi: 10.1259/dmfr/16076453
- CHOI, Y-S. et al. Analysis of magnetic resonance images of disc positions and deformities in 1265 patients with temporomandibular disorder. **Open Dent J**, Bethesda, MD, v. 3, p. 1-20, Mar. 2009. doi: 10.2174/1874210600903010001
- DIAS, M. I. et al. Evaluation of the correlation between disc displacements and degenerative bone changes of the temporomandibular joint by means of magnetic resonance images. **Int J Oral Maxillofac Surg**, Rosemont, IL, v. 41, n. 9, p.1051-1057, Sept. 2012.
- KAHN JR., C. E. A digital library of radiology images. In: AMIA Annual Symposium, 2006, Washington, DC. **Proceedings**. Bethesda, MD: AMIA, 2006. p. 972.
- KAVADELLA, A. et al. Evaluation of a blended learning course for teaching oral radiology to undergraduate dental students. **Eur J Dent Educ**, Copenhagen, v. 16, n. 1, p. e88-e95, Feb. 2012. doi: 10.1111/j.1600-0579.2011.00680.
- LEBLANC, V. et al. A preliminary study in using virtual reality to train dental students. **J Dent Educ**, Washington, DC, v. 68, n. 3, p. 378–383, Mar. 2004.
- MAYER, R; HEISER, J; LONN, S. Cognitive constraints on multimedia learning: when presenting more material results in less understanding. **J**

Educ Psychol, Washington, DC, v. 93, n. 1, p. 187-198, Mar. 2001. doi: [10.1037/0022-0663.93.1.187](https://doi.org/10.1037/0022-0663.93.1.187)

MAZZOLA, A. A. Ressonância magnética: princípios de formação da imagem e aplicações em imagem funcional. **Rev Bras Fis Med**, Curitiba, v. 3, n. 1, p. 117-129, out. 2009.

MILANO, V. et al. Magnetic resonance imaging of temporomandibular disorders: classification, prevalence and interpretation of disc displacement and deformation. **Dentomaxillofac Radiol**, Londres, v. 29, n. 6, p. 352-361, Nov. 2000.

NEBBE, B. et al. Interobserver reliability in quantitative MRI assessment of temporomandibular joint disk status. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, St. Louis, MO, v. 86, n. 6, p.746-750, Dec. 1998.

NEBBE, B. et al. Magnetic resonance imaging of the temporomandibular joint: interobserver agreement in subjective classification of disk status. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, St. Louis, MO, v. 90, n. 1, p.102-107, Jul. 2000.

NEVILLE, D. A. B. **Oral and Maxillofacial Pathology**. 3rd. ed. St. Louis, MO: SaundersElsevier, 2009.

OHKUBO, M. et al. Magnetic resonance signal intensity from retrodiscal tissue related to joint effusion status and disc displacement in elderly patients with temporomandibular joint disorders. **Bull Tokyo Dent Coll**, Chiba, v. 50, n. 2, p. 55-62, May 2009.

OLIVEIRA, M.; GERHARDT, D. E. **Manual de anatomia da cabeça e do pescoço**. 2. ed. Porto Alegre: Edipucrs, 1994.

ORSINI, M. G. et al. The influence of observer calibration in temporomandibular joint magnetic resonance imaging diagnosis. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, St. Louis, MO, v. 84, n. 1, p. 82-87, Jul. 1997.

POVEDA-RODA, R. et al. A review of temporomandibular joint disease (TMJD): part II: clinical and radiological semiology: morbidity processes. **Med Oral Patol Oral Cir Bucal**, Valencia, Spain, v. 13, n. 2, p. 1-13, Feb. 2008.

PROVENZANO, M. M.; CHILVARQUER, I.; FENYO-PEREIRA, M. How should the articular disk position be analyzed? **J Oral Maxillofac Surg**, Rosemont, IL, v. 70, n. 7, p. 1534-1539, Jul. 2012.

RAMOS, A. C. A. et al. Articulação temporomandibular: aspectos normais e deslocamentos de disco: imagem por ressonância magnética. **Radiol Bras**, São Paulo, v. 37, n. 6, p. 449-454, nov.-dez. 2004.

SARRAT, P. et al. Disorders of the temporomandibular joint: value of gradient-echo t1W sequences to evaluate bony changes. **J Radiol**, Paris, v. 80, n. 11, p. 1543-1555, oct. 1999.

SCHLEYER, T. K. L.; JOHNSON, L. A. Evaluation of educational software. **J Dent Educ**, Washington, DC, v. 67, n. 11, p. 1221-1228, Nov. 2003.

SCHMID-SCHWAP, M. et al. Diagnosis of temporomandibular dysfunction syndrome: image quality at 1.5 and 3.0 Tesla magnetic resonance imaging. **Eur Radiol**, Viena, v. 19, n. 5, p. 1239-1245, May 2009.

SCHMITTER, M. et al. The effect of quality of temporomandibular joint MR images on interrater agreement. **Dentomaxillofac Radiol**, Londres, v. 33, n. 4, p. 253-358, Jul. 2004.

SILVEIRA, H. L. et al. Software system for calibrating examiners in cephalometric point identification. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, St. Louis, MO, v. 135, n. 3, p. 400-405, Mar. 2009a.

SILVEIRA, H. L. et al. Evaluation of the radiographic cephalometry learning process by a learning virtual object. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, St. Louis, MO, v. 136, n. 1, p. 134-138, Jul. 2009b.

SPARACIA, G. et al. Informatics in Radiology: initial experiences in Radiology E-learning. **RadioGraphics**, Oak Brook, IL, v. 27, n. 2, p. 573-581, Mar.-Apr. 2007.

SWELLER, J; MERRIËNBOER, J. J. G. van. Cognitive load theory and complex learning: recent developments and future directions. **Educ Psychol Rev**, New York, NY, v. 17, n. 2, p. 147-178, Jun. 2005.

TAROUCO, L. M. R.; CUNHA, S. L. S. Aplicação de teorias cognitivas ao projeto de objetos de aprendizagem. **RENOTE: Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 4, n. 2, dez. 2006.

TAROUCO, L. M. R.; SANTOS, L. M. A. A importância do estudo da teoria da carga cognitiva em uma educação tecnológica. **RENOTE: Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, jul. 2007.

TAROUCO, L. M. R. et al. **Objetos de aprendizagem para M-learning**. Disponível em: http://objectosaprendizagem.no.sapo.pt/pdf/objetosdeaprendizagem_sucesu.pdf. Acesso em: 20 jan. 2010.

TASAKI, M. M.; WESTESSON, P. L.; RAUBERTAS, R. F. Observer variation in interpretation of magnetic resonance images of the temporomandibular joint. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, Bethesda, MD, v. 76, n. 2, p. 231-234, Aug. 1993.

TASAKI, M. M. et al. Classification and prevalence of temporomandibular joint

disk displacement in patients and symptom-free volunteers. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, St. Louis, MO, v. 109, n. 3, p. 249-262, Mar. 1996.

TASKAYA-YILMAZ, N.; OGUTCEN-TOLLER, M. Magnetic resonance imaging evaluation of temporomandibular joint disc deformities in relation to type of disc displacement. **J Oral Maxillofac Surg**, Rosemont, IL, v. 58, n. 8, p. 860-865, Aug. 2001.

TVRDY, P. Methods of imaging in the diagnosis of temporomandibular joint disorders. **Biomed Pap Med Fac Univ Palacky**, Olomouc, Czech Repub, Bethesda, MD, v. 151, n. 1, p. 133–136, Jun. 2007.

VOGL, T. J. et al. **Differential diagnosis in head and neck imaging**. Stuttgart: Thieme, 1999.

WANG, P.; YANG, J.; YU, Q. MR imaging assessment of temporomandibular joint soft tissue injuries in dislocated and nondislocated mandibular condylar fractures. **AJNR Am J Neuroradiol**, Oak Brook, IL, v. 30, n. 1, p. 59-63, Jan. 2009.

WIDMALM, S. E. et al. Limitation of the diagnostic value of MR images for diagnosing temporomandibular joint disorders. **Dentomaxillofac Radiol**, Londres, v. 35, n. 5, p. 334-8, Sept. 2006.

WIERINCK, E.; PUTTEMANS, V.; STEENBERGHE, D. van. Effect of tutorial input in addition to augmented feedback on manual dexterity training and its retention. **Eur J Dent Educ**, Chichester, v. 10, n.1, p. 24–31, Feb. 2006.

YANG, G. L.; LIM, C. C. T. Singapore national medical image resource centre (SN.MIRC): a world wide web resource for radiology education. **Ann Acad Med Singapore**, Cingapura, v. 35, n. 8, p. 558-563, Aug. 2006.

Artigo 1

*Formatação para publicação
Magnetic Resonance Imaging*

Evaluation of hard and soft tissues of the temporomandibular joint by magnetic resonance imaging: a reproducibility analysis

Nádia Assein Arus*

Átila da Silva**

Rogério Duarte***

Heraldo Luis Dias da Silveira****

Heloisa Emilia Dias da Silveira*****

* Master in Clinical Dentistry Radiology. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil.

** Undergraduate student. School of Dentistry. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil.

*** Radiologist Medical Doctor. Serdil Serviço Especializado em Radiodiagnóstico Ltda., Porto Alegre, Brazil.

**** PhD, Professor, Department of Surgery and Orthopedics. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil.

***** PhD, Professor, Department of Surgery and Orthopedics. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil.

Abstract

Objectives: To evaluate reproducibility of magnetic resonance imaging (MRI) of the temporomandibular joint (TMJ) based on ten criteria: position, form and recapture of joint disk, joint mobility, degenerative changes, bone changes, condyle position, effusion, intramedullary edema, and avascular necrosis across professionals of different fields of work.

Methods: One dental surgeon specialized in radiology, one in TMJ dysfunction and orofacial pain and a radiologist medical doctor (MD) interpreted 152 MRI taken from the TMJ of 76 patients. A scenario simulating daily activities was devised, that is, with neither calibration nor discussion of criteria to be used. Interobserver reproducibility was assessed using the Kappa coefficient.

Results: No agreement was observed in avascular necrosis, slight agreement was recorded in form and position of joint disk, condyle position, effusion, fair agreement in TMJ mobility and disk recapture, moderate to almost perfect agreement in condylar changes, degenerative changes and intramedullary edema. The dental radiologist and the MD radiologist disagreed the most, while the dental surgeon specialized in TMJ dysfunction and orofacial pain and the radiologist MD agreed almost perfectly in degenerative change evaluations.

Conclusion: Professionals of distinct areas that interpret MRI of TMJ do not agree on classification of signs, especially the most complex, used to assess soft tissues.

Keywords: Magnetic resonance imaging. Temporomandibular joint disorders. Reproducibility of results.

Introduction

Due to its anatomical and physiological complexities, the temporomandibular joint (TMJ) poses challenges in therapeutics and diagnosis. TMJ pain and dysfunction are common occurrences and may result from a variety of etiological factors, both of traumatic and non-traumatic nature, categorized as muscle dysfunctions and arthrogenic dysfunctions. The syndrome comprising the symptoms produced by these factors bears some resemblance with muscle and arthrogenic conditions and is collectively called temporomandibular joint disorder (TMD) [1,2].

While clinical evaluation methods are loosely based on inspection, palpation and performance tests, imaging examinations afford more consistent details in the investigation process and make differential diagnosis of TMJ disorders easier. More specifically, due to its high resolution capabilities and efficiency, with no side effects, magnetic resonance imaging (MRI) widely employed for that end [3,4].

MRI is the complementary tool of choice in the diagnosis of abnormalities of TMJ soft tissues, and is taken as diagnostic gold standard in evaluation of articular disk position [5].

The current standard used to interpret MRI of TMJ involves a subjective evaluation and depends on the knowledge the observer has of the joint structures and on how far this observer is acquainted with their morphology, function and pathophysiology. In this sense, together with accuracy in diagnosis, the performance of the observed is an important variable in reliable imaging interpretation [6]. Diagnosis criteria for disk joint position [7,8], condyle position [9], and morphology of the joint disk [10,11] have been described in the specialized literature to bridge the gap of effective communication across professionals and to afford appropriate imaging.

Several approaches have addressed the issues around the reproducibility of MRI of TMJ, which include the adoption of pre-established criteria [6,12] observer calibration [13] the use of techniques to quantify joint disk position [14] and of digital tools [15]. These methods went no further than producing moderate reproducibility in interpretation. However, in a scenario in which radiology clinics is simulated, in which professionals come from different educational backgrounds and do not go through calibration procedures, together with the fact that they work with no pre-established interpretation criteria, low inter- and intra-observer reproducibility has been reported [16].

This study presents the results of an evaluation of reproducibility in interpretation of MRI of the TMJ across professionals of different backgrounds based on ten criteria: (i) position, (ii) form and (iii) recapture of the TMJ disk, (iv) joint mobility, (v) degenerative changes, (vi) bone changes, (vii) condyle position, (viii) effusion, (ix) intramedullary edema, and (x) avascular necrosis.

Materials and methods

This study was approved by the Committee for Ethics in Research, Federal University of Rio Grande do Sul, RS, Brazil (n. 36729). MRI of 76 adult patients of both genders were used. These exams generated 152 videos, accounting for imaging of both the right and left TMJ of each participant patient. These images were part of a two-year record of files kept by a specialized medical radiology service. Images were acquired over habitual occlusion and maximum mouth opening positions using a 0.5 T MRI unit (Intera, Philips Medical SystemTM). Both sides of the TMJ were recorded simultaneously using a specific coil for TMJ anatomy, for all patients. All T1- and T2-weighted parasagittal and coronal sections of joints of each patient were converted

in video files and individually inspected. Three professionals from different educational backgrounds: a dental surgeon specialized in radiology (observer 1); a radiologist MD (observer 2); a dental surgeon specialized in TMD and orofacial pain (observer 3) interpreted images and filled out a questionnaire that addressed the changes and classifications to be used:

- A. Presence or absence of condylar bone change;
- B. Changes in joint disk shape (normal, round, elongated, biconvex, thickening of the posterior disk attachment);
- C. Condylar position (centric, intruded, extruded, postero-inferior, antero-inferior),
- D. Joint mobility (normal, hypo- or hypermobility);
- E. Presence or absence of degenerative changes;
- F. Joint disk position (normal, complete anterior displacement, partial anterior displacement laterally, partial anterior displacement medially, complete lateral displacement, complete medial displacement, posterior displacement, undetermined displacement);
- G. Joint disk recapture (with recapture, without recapture, undetected TMJ disk anterior displacement);
- H. Effusion (absence, supra-disk, infra-disk, bicompartamental);
- I. Presence or absence of intramedullary edema;
- J. Presence or absence of avascular necrosis.

Reproducibility of interpretation across professionals was assessed using the Kappa coefficient. Data were analyzed in the SPSS software version 15.0 for Windows (SPSS, Chicago, IL, USA). Kappa values were interpreted based on previously described criteria [17]: 0.00, no agreement; 0.01-0.20, slight; 0.21-0.40,

fair; 0.41-0.60 moderate; 0.61-0.80, substantial; and 0.81-1.00, almost perfect agreement.

Results

Interobserver reproducibility was assessed across the three professionals, two by two, generating four Kappa values for each criterion assessed (Table 1).

The Kappa coefficients obtained indicate:

1. No agreement when examiners evaluated the presence or absence of avascular necrosis. This result was also obtained between observers 1 and 2 (the dental surgeon specialized in radiology and the radiologist MD) and 1 and 3 (dental surgeon specialized in radiology and dental surgeon specialized in TMD and orofacial pain).

2. Slight agreement between the three examiners in the assessment of joint disk shape, condylar position in the articular cavity, joint disk position and presence or absence of effusion. Observers 1 and 2 (dental surgeon specialized in radiology and radiologist MD) were the professionals sharing the poorest agreement. Apart from the dysfunctions cited above, these professionals also had slight agreement in joint disk recapture.

3. Fair agreement between the three observers on TMJ mobility and recapture. Disk recapture was the criterion on which all three observers generated the same evaluation.

4. Moderate agreement between all three observers concerning the presence or absence of condylar bone change. The same level of agreement was observed between observers 1 and 2 and 1 and 3 on the presence or absence of degenerative changes and presence or absence of intramedullary bone edema.

5. Substantial agreement between observers 1 and 3 for presence or absence of condylar bone change.

Discussion

MRI is the technique of choice in the assessment of soft tissues of the TMJ [5], and has gradually replaced computer tomography and arthrography in the diagnosis of disorders of TMJ hard tissues [18]. In view of this, MRI is considered a safe diagnostic technique. The results of the present study reveal slight to fair inter-observer agreement on joint disk shape and position as well as on presence of effusion, which are changes that affect soft tissues or liquid. As for the investigation on hard tissues, as condylar shape, degenerative changes and intramedullary edema, observers reached moderate to almost perfect agreement, except for the comparison between diagnoses carried out by observers 2 and 3 for intramedullary edema.

It may be hypothesized that quality of images, which were acquired in a 0.5T device, affected interpretation. However, other studies [16,19], carried out based on images obtained in 1.5 T magnetic resonance equipment, also reported substandard reproducibility of diagnoses of some changes in TMJ disorders.

Similarly to previously published research [16,19] in its experimental design the present study was an effort to simulate everyday situations in the practice of diagnosis of TMJ disorders, relying on the particularized interpretation of findings by the respective professionals, who did not use diagnosis tools. Taking into account that the image acquisition method has been proven acceptable and is widely used in clinical practice, we went further and attempted to establish a link between the difficulty in reaching diagnostic reproducibility and the distinctions in the educational background of each observer. These dissimilar education histories may explain the

variations in diagnoses of TMJ disorders reported. Nevertheless, a previous study that evaluated nine observers, of whom three were radiologist dental surgeons, three were radiologist MD and three were dental surgeons specialized in TMD and orofacial pain also reported Kappa values below 0.6 for most changes, even within observed from the same background [16]. In this sense, it is possible to infer that individual interpretations of image suffer from lack of accuracy. In other words, irrespectively of specialty, observers adopt diverse criteria of normality and pathology of the TMJ, when images assessed were obtained by magnetic resonance.

The selection of experienced professionals in the design of such studies gives no pledge that good inter-observer will be obtained. Additionally, these studies may adopt different categories of TMD, a variable that adds to the confusion and affects final research results [13,16,19].

Studies that adopted clear criteria and that promoted a previous discussion of TMJ disorders by participant observers [6,7,12] that included calibration of raters [13] used methods free of subjectiveness [14] and employed adjuvant interpretation tools [15] reported more appropriate results of diagnosis reproducibility.

Generally speaking, communication across professionals that interpret these images is deficient. As a result, the information exchange between these professionals and clinicians who will define the therapeutic procedures for the patients analyzed may also suffer. The present study informed observers of diagnosis criteria using an electronic questionnaire, in which each professional should identify the change revealed by the image. Yet, no previous discussion was held as to these changes, since the very objective of the present study was to analyze the issues faced in everyday practice. In this sense, each observer evaluated images according to his/her own experience only. It became clear that, apart from the need to define criteria to assess

TMD by MRI, educational practices also require adaptations aiming to standardize terminologies and classifications that afford more congruent, reproducible diagnosis findings across observers.

The results obtained allow concluding that professionals of distinct educational backgrounds who interpret MRI of the TMJ do not share common knowledge concerning these images, especially the more complex, prescribed to assess soft tissues — though MRI is considered the best choice for that end.

References

1. Neville DAB. Oral and Maxillfacial Pathology. *Philadelphia*: Saunders/Elsevier, 2009.
2. Isberg A. Temporomandibular Joint Dysfunction: a practitioner's guide. Oxford: Isis Medical Media, 2001.
3. Vogl TJ, Balzer J, Mack M, Steger W. Differential diagnosis in head and neck imaging. Stuttgart: Thieme, 1999.
4. Tvrdy P. Methods of imaging in the diagnosis of temporomandibular joint disorders. Biomedical Papers of The Medical Faculty of The University Palacky, Olomouc, Czech Republic 2007;151(1):133–136.
5. Poveda-Roda R, Díaz Fernández JM, Hernández Bazán S, Jiménez Soriano Y, Margaix M, Sarrión G. A review of temporomandibular joint disease (TMJD). Part II: Clinical and radiological semiology. Morbidity processes. Medicina Oral Patologia Oral y Cirurgia Bucal 2008;13(2):1-13.
6. Tasaki MM, Westesson PL, Raubertas RF. Observer variation in interpretation of magnetic resonance images of the temporomandibular joint. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1993;76(2):231-4.
7. Tasaki MM, Westesson PL, Isberg AM, Ren YF, Tallents RH. Classification and prevalence of temporomandibular joint disk displacement in patients and symptom-free volunteers. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1996;109(3):249-62.
8. Whyte AM, McNamara D, Rosenberg I. Magnetic resonance imaging in the evaluation of temporomandibular joint disc displacement - a review of 144 cases. Int J Oral Maxillofac Surg 2006;35:696-703.
9. Kurita H, Ohtsuka A, Kobayashi H, Kurashina K. A study of the relationship

- between the position of the condylar head and displacement of the temporomandibular joint disk. *Dentomaxillofacial Radiology* [serial online]. May 2001;30(3):162.
10. Milano V, Desiate A, Garofalo T. Magnetic resonance imaging of temporomandibular disorders: classification, prevalence and interpretation of disc displacement and deformation. *Dentomaxillofacial Radiology* 2000;29(6):352-61.
 11. Taskaya-Yilmaz, Ogutcen-Toller. Magnetic resonance imaging evaluation of temporomandibular joint disc deformities in relation to type of disc displacement. *J Oral Maxillofac Surg* 2001;59:860-865.
 12. Nebbe B, Brooks SL, Hatcher D, Hollender LG, Prasad NGN, Major PW. Magnetic resonance imaging of the temporomandibular joint: interobserver agreement in subjective classification of disk status. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2000;90(1):102-7.
 13. Orsini MG, Terada S, Kuboki T, Matsuka Y, Yamashita A. The influence of observer calibration in temporomandibular joint magnetic resonance imaging diagnosis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1997;84(1) 82-7.
 14. Nebbe B, Brooks SL, Hatcher D, Hollender LG, Prasad NGN, Major PW. Interobserver reliability in quantitative MRI assessment of temporomandibular joint disk status. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1998;86(6):746-50.
 15. Provenzano MM, Chilvarquer I, Fenyó-Pereira M. How should the articular disk position be analyzed? *Int J Oral Maxillofacial Surg* 2012;70:1534-1539.
 16. Butzke KW, Batista Chaves KD, Dias da Silveira HE, Dias da Silveira HL. Evaluation of the reproducibility in the interpretation of magnetic resonance

- images of the temporomandibular joint. *Dentomaxillofac Radiol* 2010;39(3):157-61.
17. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 1997;33:159-174.
 18. Ohkubo M, Sano T, Otonari-Yamamoto M, Hayakawa Y, Sakurai K, et al. Magnetic resonance signal intensity from retrodiscal tissue related to joint effusion status and disc displacement in elderly patients with temporomandibular joint disorders. *The Bulletin of Tokyo Dental College* 2009;50(2):55-62.
 19. Widmalm SE, Brooks SL, Sano T, Upton LG, McKay DC. Limitation of the diagnostic value of MR images for diagnosing temporomandibular joint disorders. *Dentomaxillofac Radiol* 2006;35(5):334-8.

Table 1 Inter-observer reproducibility in the interpretation of MRI of TMJ, assessed using the Kappa coefficient.

Kappa coefficient for observers	Criteria used*									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
All three	0.5671	0.1244	0.0265	0.2554	0.6007	0.0370	0.2136	0.0658	0.5584	0.0178(-)
Observers 1 and 2	0.5088	0.1477	0.0293	0.2195	0.5077	0.0436	0.1674	0.0071	0.5973	0.0000
Observers 1 and 3	0.6646	0.1553	0.0669	0.2916	0.5176	0.0197	0.2137	0.2632	0.5487	0.0000
Observers 3 and 2	0.5167	0.2298	0.3290	0.5057	0.8007	0.3308	0.4917	0.0865	0.3700	0.1112

*Criteria were defined in Materials and Methods section

*Formatação para publicação
Dentomaxillofacial Radiology*

Development and test of a digital learning object to interpret magnetic resonance imaging of the temporomandibular joint

Nádia Assein Arus*

Átila Mendes da Silva**

Rogério Duarte***

Heraldo Luis Dias da Silveira****

Heloisa Emilia Dias da Silveira*****

* Master in Clinical Dentistry Radiology. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil.

** Undergraduate student. School of Dentistry. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil.

*** Radiologist Medical Doctor. Serdil Serviço Especializado em Radiodiagnóstico Ltda., Porto Alegre, Brazil.

**** PhD, Professor, Department of Surgery and Orthopedics. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil.

***** PhD, Professor, Department of Surgery and Orthopedics. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil.

Development and test of a digital learning object to interpret magnetic resonance imaging of the temporomandibular joint

ABSTRACT

Objectives: Though magnetic resonance imaging (MRI) is the first choice as complementary tool in the diagnosis of abnormalities in soft tissues of the temporomandibular joint (TMJ), current literature reports poor reproducibility in the interpretation of results this tool generates. This study develops and tests a digital learning object (DLO) as a system to improve magnetic resonance imaging (MRI) interpretation capabilities concerning TMJ dysfunctions, applicable both in the teaching of undergraduate students and in extension education of health professionals.

Methods: The DLO developed is divided in sections where the user studies the content, interacts with the application, and interprets digital MRI of the TMJ. The diagnoses made by users were automatically checked against previous diagnoses established in agreement by three specialist professionals. After validation of the content, the DLO was tested by undergraduate dentistry students of the Federal University of Rio Grande do Sul, Brazil, divided in two groups, test group (interactive learning), and control group (conventional learning).

Results: The evaluation of the DLO was assessed by an objective test and the System Usability Scale (SUS). A significant difference between groups was observed, with the control group performing better. Yet, when results are compared with baseline evaluations (before application of the DLO), it was observed that the two groups improved performance significantly.

Conclusions: Considering the results and the complexity of the subject, the DLO should be applied considering the interaction between professor and student, called *blended learning*, improving user performance.

Keywords: Teaching. Learning. Magnetic resonance imaging.
Temporomandibular joint disorders.

Introduction

Due to its anatomic and physiological complexities, the temporomandibular joint (TMJ) poses a considerable challenge in therapeutic and diagnosis procedures. In this sense, magnetic resonance imaging (MRI) is the method of choice in the diagnosis of dysfunctions in this structure.¹ Additionally, MRI affords the same quality, if not better, than computerized tomography (CT) scans in the assessment of cortical bone components. Therefore, being a non-invasive technique and that generates accurate images, MRI today gains preference over CT and arthrography.² Also, MRI is considered the gold standard in the assessment of articular disc position.³

The current standard used in the interpretation of TMJ imaging has been developed on subjective assessment, which depends on the knowledge the examiner has of the structure and on how far he or she is familiarized with the morphology, function and pathophysiology of the articular structures. In this sense, apart from diagnosis accuracy, performance of the examiner is an important factor in reliable, reproducible image interpretation.^{4,5} However, studies simulating routine assessments in radiology clinics and comparing diagnoses made by professionals from different educational backgrounds in terms of their own individual conceptions have reported poor reproducibility in diagnosis.^{6,7} In turn, performance of examiners was satisfactory when classification systems were discussed prior to the study procedures and based on objective assessment criteria.^{4,5,8} Improved performance was also reported when these professionals were calibrated or resorted to non-subjective methods assisted by other interpretation tools.⁹⁻¹¹

In training on radiology, the student needs to be exposed to a large amount of visual information. In the process, the assimilation of such images is essential in the

establishment of diagnosis capabilities.^{12,13} More specifically in dentistry education, multimedia resources have been widely used to simulate virtual patients, introducing principles and processes of problem solving and paving the way to the student's definitive professional clinical practice.¹⁴⁻²⁰

As a tool to improve reasoning and facilitate teaching practices, a previous study reports the development of a digital learning object (DLO) in which clinical signs and symptoms of TMJ dysfunctions are logically and ordered by the student.²¹ In this DLO, explanatory texts and tips are given to help users construct a clinical picture of a patient, allowing a precise and fast diagnosis. The study also showed that it is possible to a digital resource may be helpful in the diagnosis of TMJ dysfunctions, but it did not address the interpretation of MRI, today considered extremely important in the assessment of changes in that articular structure.

In this scenario, the present study describes a DLO developed and tested for use in the interpretation of TMJ dysfunctions based on MRI and its applicability in the teaching of health professionals.

Materials and methods

This study was approved by the ethics and research committee of the Federal University of Rio Grande do Sul, Brazil (n. 36729). The DLO was developed, initially, using the software CmapTools™. A flowchart was prepared indicating the menus and the material to be shown in each page. Texts, figures, images, animations and videos were grouped according to topic and the page they were to be shown in. Texts were written in Microsoft Word (Microsoft Office™), while images used were MRI captured using the Snipping Tool (Microsoft Office™) and saved as JPEG files. Figures and animations were developed in the Adobe Flash Professional 5.1 (Adobe

Systems™), which allows the development of applications with the importation of images and the creation of interactive tools. Videos of each TMJ were created with the help of the software e-Film lite™. Also, the HTML object was developed using the software Adobe Dreamweaver™.

This DLO is composed by a tutorial about MRI, describing the aspects of image acquisition by magnetic resonance like magnetic field, radiofrequency waves, magnetic properties of hydrogen, precession and relaxation, indications and contraindications of MRI, the protocols most used to assess the TMJ. Texts were and/or animations were always used (Figure 1).

Another tutorial presents the anatomic and functional aspects of the TMJ, starting from the frontal and lateral aspects of the craniofacial region to the TMJ as such and the articular disc (Figure 2). This tutorial session introduces MRI of the schemes developed.

The TMJ dysfunction tutorial includes texts, animations, figures, images and videos demonstrating the changes in disc shape, articular disc displacement, articular mobility, effusion, condyle position, articular degenerations and medullary changes in the mandibular condyle (Figure 3).

After going through each tutorial, the user may answer a quiz for the specific topic addressed. A separate quiz was developed for each tutorial. At the end, a quiz covering all tutorials of the DLO is presented. Therefore, the student does not need to follow a sequence, and is able to decide and determine the ways navigation proceeds, always testing how much was learned. A feedback is given at the end of each quiz, and another tutorial may be started.

DLO contents were validated prior to use by students. This validation was carried out by three experienced professionals in the diagnoses of TMJ changes by MRI.

Initially, 76 MRI of TMJ filed in a radiology clinic in the city of Porto Alegre, state of Rio Grande do Sul, Brazil were selected. These MRI were acquired using a 0.5-T MRI unit (Intera, Philips Medical System™). Each MRI was divided in two videos, showing the left and right sides of a TMJ, totaling 152 files. These files were assessed by the specialists who daily interpret this type of image: a dental surgeon specialized in radiology, a radiologist MD, and a dental surgeon specialized in TMD and orofacial pain. Examiners answered a questionnaire with 10 questions for each video, covering: position, shape and recapture of the articular disc; articular mobility; degenerative changes; bone changes and condyle position, effusion, intramedullary edema; and intravascular necrosis. After, 100 images of the corresponding videos were selected, in which the three professionals agreed on the diagnosis and that had good visual quality. These images were in turn used to build a question databank about the topics discussed.

Thirty-seven undergraduates dentistry students of the Federal University of Rio Grande do Sul, agreed to participate in this study. All participants signed an informed consent form. Students were divided in the test group, to assess the interactive learning model developed (18 students) and the control group, who studied the subject and examined images according to the standard method (19 students). Initially, a pre-test was applied to confirm the degree of homogeneity of each group and the level of knowledge of the subject. After this evaluation, one participant left the control group, since this student marked too high in comparison to the other

participants. In the end, the control group included 15 students and the test group had 14, since participants that failed to attend all classes were excluded.

The conventional learning method included theoretical and practical classes where students assessed, interpreted and discussed the same MRI of TMJ used in the test group. Discussions were conducted between students and with a professor as moderator. The DLO was applied in the Laboratory of Computer Sciences, Dentistry College. Test group students only interacted with the DLO; interactions with a professor were not allowed.

For one same group, efficacy of the DLO and conventional learning system was assessed by an objective test comparing results with the pre-test. Inter-group results were compared using the Student's t test for independent samples. The usability (effectiveness, efficiency and satisfaction) of the DLO was evaluated by students, using the System Usability Scale (SUS).

Results

Means results obtained by test and control groups in the pre-test were 3.93 and 3.47, respectively, with no statistically significant difference. Oppositely, evaluations after training, the control group performed better than group trained with the DLO, with means of 8.11 and 9.20, and statistically significant difference (Table 1).

When pre-test means were compared to means obtained after the training period, statistically significant difference was observed for each group (Table 2), indicating that both groups performed better TMJ MRI evaluations after training, independently of the teaching method used.

The SUS score obtained for usability of the DLO was 89.

Discussion

Studies carried out to investigate the reproducibility of diagnoses of TMJ disorders by MRI simulating everyday activities of a professional examiner reveal the lack of standardized interpretation criteria and poor agreement on the ways images are comprehended.^{6,7} In this sense, it is believed that previous discussion^{4,5,8} and calibration of professionals⁹ adopted in some investigation designs may lead to more satisfactory performance by examiners. Yet, calibration is not a process commonly adopted in clinical practice by radiologists. These professionals make diagnosis based on individual conceptions developed along their career, starting from the radiology courses taken at university, to post-graduation courses, congresses, distance learning programs, scientific journals, books, and even internet resources. In this process, the professional examiner updates and builds knowledge based on a variety of classification systems and concept of the subject, making diagnosis a matter of subjective interpretation.⁴

Intra-examiner reproducibility is not synonym to correct diagnosis; a wrong individual concept may be reproduced.⁶ Due to this fact, the images used in the present study, both in the tutorial sessions and in the quizzes, were chosen after total agreement between examiners around the different TMJ conditions depicted. With this, individual interpretation gives way to common interpretation and understanding across the different fields in which radiology is used in dentistry, medicine and, more specifically, the assessment of TMJ dysfunctions and of orofacial pain.

The contents addressed in the DLO developed in the present study were validated by experienced professionals in TMJ changes and MRI. The scientific strictness and the clear language used, together with practical exercises, were commented by these professionals, who also provided useful additional suggestions.

All adaptations indicated were carried out before the DLO was used by students. The participants were students of the final stages of the dentistry course, intentionally so due to the complexity of the subject. Students of these terms have already taken the courses of radiology and anatomy. In this sense, these students already have elementary knowledge of the TMJ, an important factor in effective learning, necessarily constructed over the interaction between previous and new information.²²

Digital objects used as teaching resources represent a new computer-based learning approach in which the professor leaves behind the role of transmitter of knowledge, adopting the function of mediator. As teaching resources, these learning objects afford a more active participation of the learner in the construction of his or her own knowledge and cognitive development in general.²³ Nevertheless, the effectiveness of the DLO in the present study was assessed with no interference of a mediator, in an attempt to reveal that the object alone may be a helpful tool in the construction of knowledge, as long as the user is familiarized with computer-based learning systems. The usefulness of the DLO developed is made evident in the comparison between means obtained before and after training by the test group, whose participants clearly performed better with the knowledge the object afforded to acquire. The objective evaluation and the comparison between groups were intentionally adopted to assess the efficient applicability of a digital resource, not discover which method is best.¹⁶ If that were the case, an in-depth analysis of the learning process would be required, a more complex and subjective effort.

One of the important roles of the moderator is to direct discussions and interactions in a group. Although the DLO developed is a dynamical, interactive resource that increase students' interest in the subject addressed,²⁴ the absence of a moderator and the construction of collective knowledge may have posed a difficulty

to the test-group participants in performing better than the control group. The conventional learning method used promoted the cooperation between students and between these and the professor, since the practical activities were considerably intense. These collaborative activities, whether presential or virtual, represent a facilitating potential for learning, since they promote the interchange of opinion, the discussion of meanings, in which the professor becomes a mediator, with a prominent function.²² This may be one of the reasons behind the better performance of students trained under the conventional approach, since collaboration between parts is an essential aspect in the learning process.²⁴ It should also be hypothesized that the inherent complexities around TMJ dysfunction require a more proactive role of the professor, who clarifies points of doubt and directs discussions, as suggested in a previous study comparing the conventional method used to teach radiology to undergraduates and the blended learning approach (the association of digital and traditional presential learning techniques).²⁵ In that study, the authors suggest that blended learning should be introduced in dentistry, since students who were exposed to this system performed significantly better. This combined approach is believed to promote a more concrete interaction between students and professors and instructors, stimulating learning and making up for any possible shortcoming of systems developed only over a DLO.

The usability (effectiveness, efficiency and satisfaction) of the DLO was evaluated by students, using the System Usability Scale (SUS), which covers several aspects, like support and training requirements, complexity and consistency of the object, simplicity of use in learning environments, and the user's opinion of the system.²⁶ The score obtained was 89, considered to indicate high acceptance of the DLO by students, in spite of the significant difference between the two groups.

The DLO developed in the present study proved to be an efficient tool in the teaching of TMJ changes diagnosed by MRI, with high degree of satisfaction and usability by students. This digital resource, side by side with the presence of a professor or instructor, should be promoted as a means to improve the teaching-learning process, leading to a better understanding of the normal and altered aspects of the TMJ assessed by MRI.

References

1. Neville DAB. Oral and Maxillofacial Pathology. 3rd. ed. St. Louis, MO: Saunders Elsevier, 2009.
2. Ohkubo M, Sano T, Otonari-Yamamoto M, Hauakawa Y, Okano T, Sakurai K et al. Magnetic resonance signal intensity from retrodiscal tissue related to joint effusion status and disc displacement in elderly patients with temporomandibular joint disorders. *Bull Tokyo Dent Coll* 2009; 50(2): 55-62.
3. Poveda-Roda, P, Díaz Fernández JM, Hernández Bazán S, Jiménez Soriano Y, Margaix M, Sarrión G. A review of temporomandibular joint disease (TMJD): part II: clinical and radiological semiology: morbidity processes. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2008; 13(2): 1-13.
4. Tasaki MM, Westesson PL, Raubertas RF. Observer variation in interpretation of magnetic resonance images of the temporomandibular joint. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1993; 76(2): 231-4.
5. Nebbe B, Brooks SL, Hatcher D, Hollender LG, Prasad NGN, Major PW. Magnetic resonance imaging of the temporomandibular joint: interobserver agreement in subjective classification of disk status. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2000; 90(1): 102-7.
6. Butzke KW, Batista Chaves KD, Dias da Silveira HE, Dias da Silveira HL. Evaluation of the reproducibility in the interpretation of magnetic resonance images of the temporomandibular joint. *Dentomaxillofac Radiol* 2010; 39(3): 157-61.
7. Widmalm SE, Brooks SL, Sano T, Upton LG, McKay DC. Limitation of the diagnostic value of MR images for diagnosing temporomandibular joint disorders. *Dentomaxillofac Radiol* 2006; 35(5): 334-8.
8. Tasaki MM, Westesson PL, Isberg AM, Ren YF, Tallents RH. Classification and prevalence of temporomandibular joint disk displacement in patients and symptom-free volunteers. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996; 109(3): 249-62.
9. Orsini MG, Terada S, Kuboki T, Matsuka Y, Yamashita A. The influence of observer calibration in temporomandibular joint magnetic resonance imaging diagnosis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1997; 84(1): 82-7.
10. Nebbe B, Brooks SL, Hatcher D, Hollender LG, Prasad NGN, Major PW. Interobserver reliability in quantitative MRI assessment of temporomandibular joint disk status. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1998; 86(6): 746-50.
11. Provenzano MM, Chilvarquer I, Fenyo-Pereira M. How should the articular disk position be analyzed? *J Oral Maxillofac Surg* 2012; 70(7): 1534-1539.
12. Yang GL, Lim CCT. Singapore national medical image resource centre (SN.MIRC): a world wide web resource for radiology education. *Ann Acad Med Singapore* 2006; 35(8): 558-563.

13. Sparacia G, Cannizzaro F, D'Alessandro D, D'Alessandro M, Caruso G, Lagalla R. Informatics in Radiology: initial experiences in Radiology e-Learning. *RadioGraphics* 2007; 27(2): 573-581.
14. Buchanan JA. Use of simulation technology in dental education. *J Dent Educ* 2001; 65(11): 1225-1231.
15. Abbey LM. Interactive multimedia patient simulations in dental and continuing dental education. *Dent Clin North Am* 2002; 46(3): 575-587.
16. Schleyer TKL, Johnson LA. Evaluation of educational software. *J Dent Educ* 2003; 67(11): 1221-1228.
17. Leblanc V, Urbankova A, Hadavi F, Lichtenthal R. A preliminary study in using virtual reality to train dental students. *J Dent Educ* 2004; 68(3): 378-383.
18. Wierinck E, Puttemans V, Steenberghe D van. Effect of tutorial input in addition to augmented feedback on manual dexterity training and its retention. *Eur J Dent Educ* 2006; 10(1): 24-31.
19. Silveira HL, Silveira HE, Dalla-Bona RR, Abdala DD, Bertoldi RF, Wangenheim A von. Software system for calibrating examiners in cephalometric point identification. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009a; 135(3): 400-405.
20. Silveira HL, Gomes MJ, Silveira HE, Dalla-Bona RR. Evaluation of the radiographic cephalometry learning process by a learning virtual object. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009b; 136(1): 134-138.
21. Bagnall RD, Geissler PR. Computerised teaching of temporomandibular joint dysfunction. *Br Dent J* 1998; 164(2):98.
22. Moreira MA, Masini EAFS. *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Centauro, 2006.
23. Behar PA, Gaspar MI. Uma perspectiva curricular com base em objetos de aprendizagem, 2007. *Virtualeduca* [serial on the Internet]. 2010 Jan. Available from: <http://ihm.ccadet.unam.mx/virtualeduca2007/pdf/37-PB.pdf>.
24. Tarouco LMR, Cunha SLS. Aplicação de teorias cognitivas ao projeto de objetos de aprendizagem. *RENTE: Revista Novas Tecnologias na Educação* 2006; 4(2): 1-8.
25. Kavadella A, Tsiklakis K, Vougiouklakis G, Lionarakis A. Evaluation of a blended learning course for teaching oral radiology to undergraduate dental students. *Eur J Dent Educ* 2012; 16(1): e88-e95.
26. Brooke J. SUS: a quick and dirty usability scale. 1986. [homepage on the Internet].

Cited 2010 April 28 Available from:
<http://www.usabilitynet.org/trump/documents/Suschapt.doc>.

Table 1: Independent Samples Test comparing DLO and conventional pre-training results and DLO and conventional post-training evaluations.

	Means	Std. Error Difference	95% Confidence Interval		p Value
DLO Pre-training	3.93	0.666	-0.904	1.828	0.494
Conventional Pre-training	3.47				
DLO Post-training	8.11	0.354	-1.819	-0.367	0.005*
Conventional Post-training	9.20				

Asterisks indicate statistically significant difference in the Independent Samples Test (5% significance level).

Table 2: Paired Sample Test comparing DLO and conventional pre-training results and DLO and conventional post-training evaluations.

	Means	Std. Deviation	95% Confidence Interval		p Value
DLO Pre-training	3.93	1.489	-5.038	-3.319	0.000
DLO Post- training	8.11				
Conventional Pre- training	3.47	1.807	-6.634	-4.632	0.000
Conventional Post- training	9.20				

Figure 1: Logon of the DLO TMJ Learning screen.

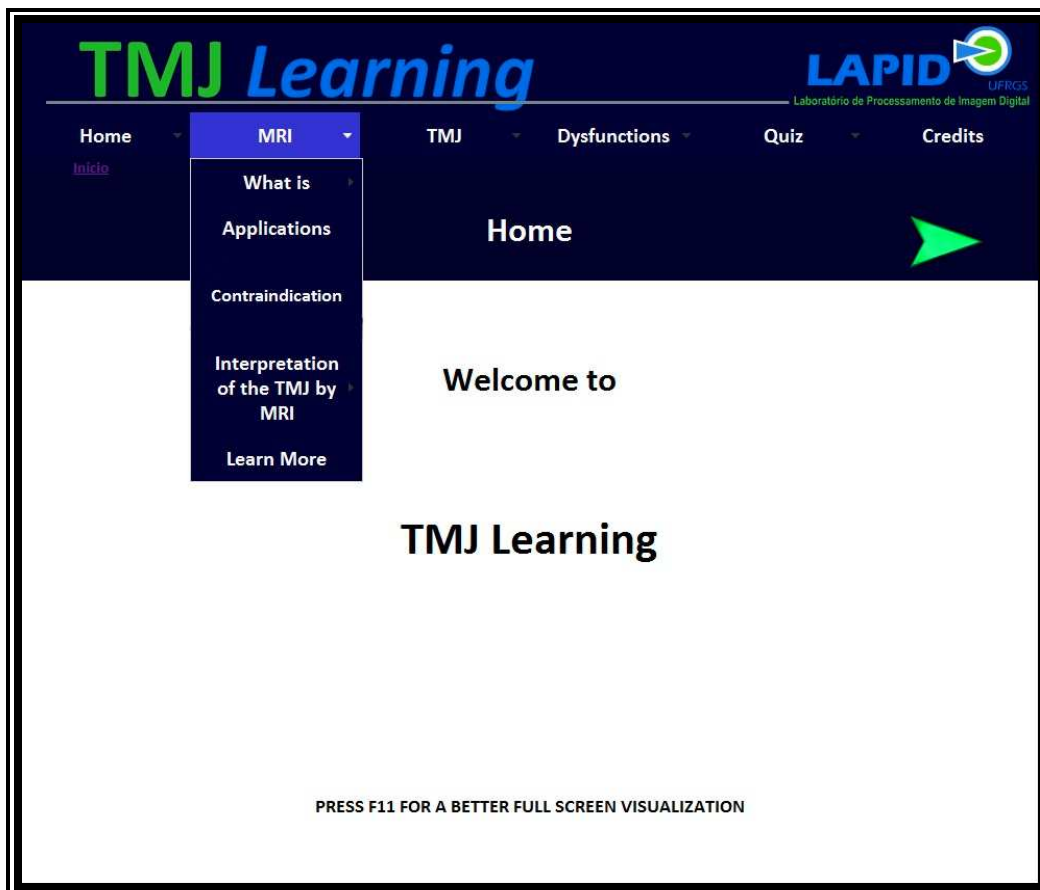


Figure 2: Screen of the DLO TMJ Learning showing an interactive tutorial of anatomic and functional aspects of the TMJ.

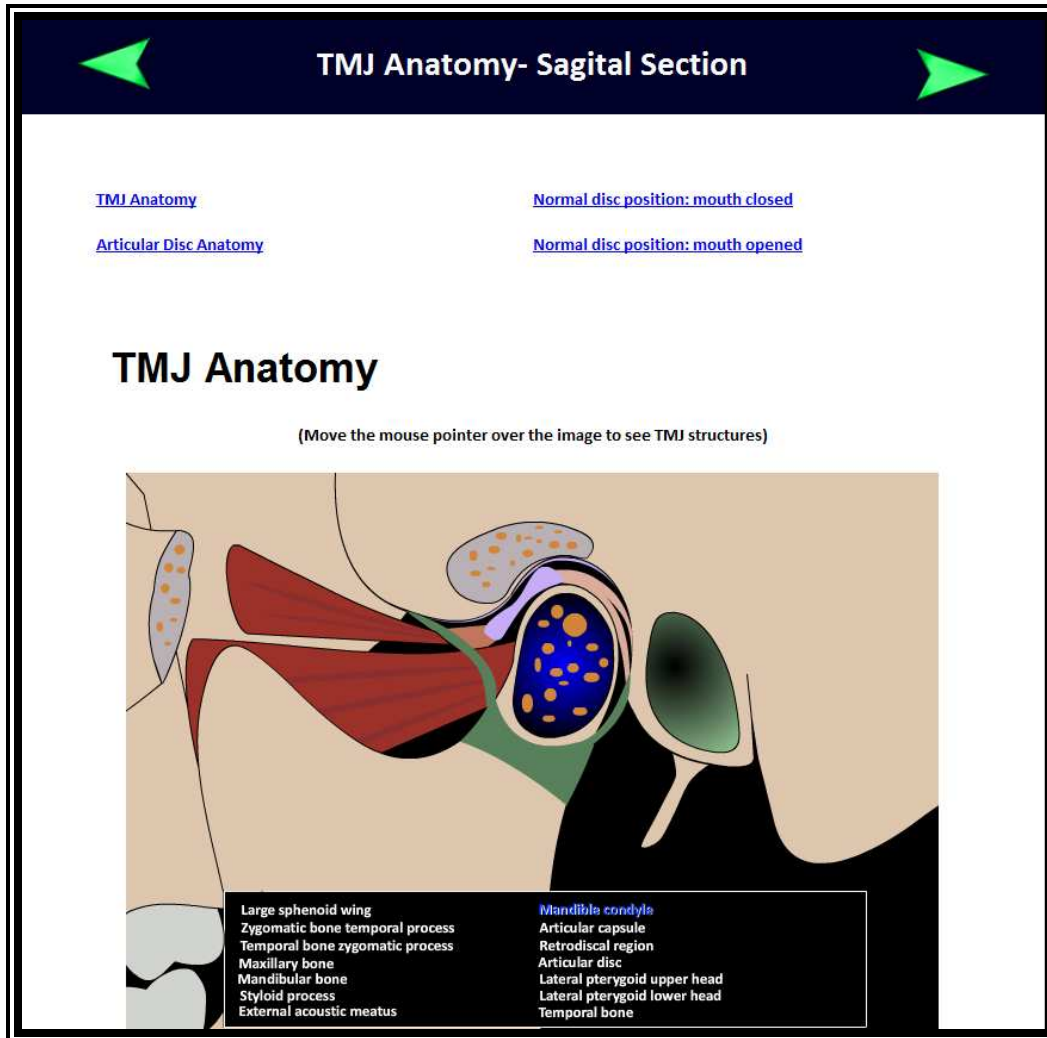


Figure 3: TMJ dysfunction tutorial of the DLO, showing anterior displacement of the articular disc.

TMJ Learning

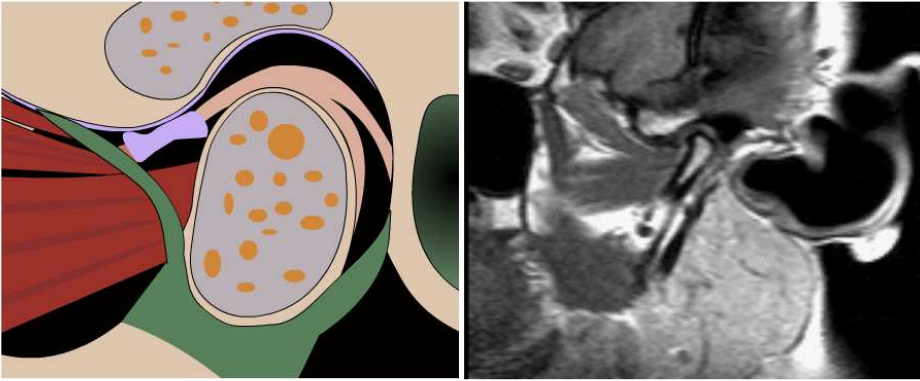
LAPID UFRGS
Laboratório de Processamento de Imagem Digital

Home MRI TMJ Dysfunctions Quiz Credits

Dysfunctions - Displacement of the disc - Anterior displacement

Anterior Displacement

The posterior band of the articular disc is ahead of the mandibular condyle.



The figure consists of two side-by-side images. The left image is a color anatomical diagram of a cross-section of the temporomandibular joint (TMJ). It shows the mandibular condyle (a rounded bone) and the articular disc (a wedge-shaped structure with a purple posterior band and a red anterior band). The posterior band of the disc is displaced forward, resting in front of the condyle. The right image is a grayscale MRI scan of the same joint, showing the condyle and the articular disc in a similar cross-section, demonstrating the anterior displacement of the disc's posterior band.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora o exame por ressonância magnética seja considerado o padrão-ouro em termos de investigação por imagem da ATM, a sua interpretação não tem apresentado reprodutibilidade pelos examinadores, de acordo com vários estudos.

Desta forma, esforços devem ser empreendidos no sentido de melhorar esta situação, gerando melhor equilíbrio entre excelência de imagem e excelência de interpretação.

O ODA desenvolvido neste estudo representa uma iniciativa nesta direção buscando facilitar o processo ensino-aprendizagem deste complexo conteúdo. Este será disponibilizado na *internet* nas línguas portuguesa e inglesa visando o acesso a um maior número de interessados.

O conhecimento e compreensão do diagnóstico e tratamento das disfunções temporomandibulares devem ser exaustivamente explorados já que um número elevado de pacientes sofre com estas alterações.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, apresentados e discutidos no presente trabalho, pode-se concluir em relação à amostra estudada que o *TMJ Learning* é uma ferramenta útil e eficiente no processo de aprendizagem da interpretação da articulação temporomandibular em imagem por ressonância magnética.

ANEXO

Escala SUS

	Concordo Fortemente	Discordo Fortemente
1. Eu acho que gostaria de usar este sistema com frequência	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	1 2 3 4 5	
2. Eu achei o sistema desnecessariamente complexo	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	1 2 3 4 5	
3. Eu achei que o sistema foi fácil de usar	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	1 2 3 4 5	
4. Eu acho que seria necessário o apoio de um técnico para ser capaz de usar este sistema	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	1 2 3 4 5	
5. Encontrei as várias funções bem integradas neste sistema	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	1 2 3 4 5	
6. Eu achei que havia muita inconscistência neste sistema	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	1 2 3 4 5	
7. Imagino que a maioria das pessoas iria aprender a usar este sistema muito rapidamente	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	1 2 3 4 5	
8. Achei o sistema muito desconfortável para uso	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	1 2 3 4 5	
9. Eu me senti muito confiante com o sistema	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	1 2 3 4 5	
10. Eu precisaria aprender muitas coisas antes de usufruir do sistema	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	1 2 3 4 5	