IVÁN RICARDO GARCÍA MERINO

“Articulador virtual”

**Precisão dos contatos oclusais observados em modelos virtuais
em comparação com modelos reais**

São Paulo

2018

IVÁN RICARDO GARCÍA MERINO

**“Articulador virtual” Precisão dos contatos oclusais observados em modelos
virtuais em comparação com modelos reais**

Versão Original

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas para obter o título de Doutor em Ciências.

Área de concentração: Prótese Dentária

Orientador: Prof. Dr. Pedro Tortamano Neto

São Paulo

2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo-na-Publicação
Serviço de Documentação Odontológica
Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

García Merino, Iván Ricardo.

“Articulador virtual” Precisão dos contatos oclusais observados em modelos virtuais em comparação com modelos reais / Iván Ricardo García Merino; orientador Pedro Tortamano Neto -- São Paulo, 2018.

71 p. : fig., tab. ; 30 cm.

Tese (Doutorado) -- Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas. Área de Concentração: Prótese Dentária. -- Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

Versão original

1. Articulador virtual. 2. CAD/CAM. 3. Oclusão dentária. I. Tortamano Neto, Pedro. II. Título.

García Merino IR. "Articulador virtual" Precisão dos contatos oclusais observados em modelos virtuais em comparação com modelos reais. Tese apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Aprovado em: / /2018

Banca Examinadora

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Este trabalho está dedicado a meus pais Leopoldo e Leonor, á minha esposa Carol e aos meus filhos Nicolás e Carol. Pela paciência, compreensão e apoio incondicional nesta fase profissional que sem eles teria sido impossível concluir com sucesso.

AGRADECIMENTOS

A Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo pela oportunidade em realizar o convênio de Doutorado Interinstitucional - DINTER com a Universidade Central do Equador, dando todo suporte e aprendizado ao longo desta Pós-Graduação.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES do governo federal do Brasil, por aprovar este projeto DINTER, proporcionando oportunidade única na história da Odontologia do nosso país.

A nossa Faculdade de Odontologia da Universidade Central do Equador pelo apoio e incentivo a mim como docente e agora como aluno de pós-graduação da USP.

A meu orientador Prof. Dr. Pedro Tortamano Neto e sua equipe, Lauren, André, Diego e Roberta por ter me orientado com excelência a realização desta pesquisa, com dedicação, competência, amor e entrega na docência.

A quem se tornaram meus amigos, Michel, Gabriela e Claudio, que além de possibilitar a minha participação neste doutorado, me ajudaram quando eu precisei, obrigado por compartilhar comigo seus conhecimentos e ensinamentos.

Na professora Dalva Cruz Laganá por sua amizade e legal recebimento na estadia em São Paulo.

Ao Rogeiro de Oliveira por brindarem sua amizade desinteressada, convites e momentos legais com a sua família.

Ao Carlos Francci por compartilhar corridas e momentos inesquecíveis e abrir as portas da sua casa para mim.

Ao Paulo Francisco Cesar por permitir disfrutar do arte do seu Pai.

Aos professores do pós-graduação da Universidade Nacional Autônoma de México (UNAM) por seus ensinamentos e oportunidades dadas, as quais me fizeram aproveitar ao máximo o período em que estive na Universidade.

Ao Dr. Raul Velasteguí por seus ensinamentos e me passar o caminho a ser seguido no período de graduação na Universidade Central do Equador.

À todos os professores que fizeram parte da minha graduação na Universidade Central do Equador.

Assim como os funcionários da pós-graduação da Universidade de São Paulo Alessandra Moreira, Cátia Tiezzi e Carlos Augusto Bordignon,

As funcionárias do departamento de prótese dentária Coraça Aparecida de Moraes e Marcia Santos que estavam sempre prontas para me ajudar.

À funcionária Glauci Damasio Fidelis da biblioteca, pelo auxílio e paciência na formatação deste trabalho.

Ao funcionário da seção técnica de informática Alcimar Jorge Ambrosio, que sempre esteve pronto para me ajudar com a programação e tudo relacionado para o bom funcionamento da informática.

A tecnologia não é nada. O importante é que você tenha fé nas pessoas, que elas sejam basicamente boas e inteligentes e, se você lhes der ferramentas, elas farão coisas maravilhosas com elas.

Steve Jobs

RESUMO

García Merino IR. “Articulador virtual” Precisão dos contatos oclusais observados em modelos virtuais em comparação com modelos reais [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2018. Versão Original.

Objetivo: O objetivo do presente estudo foi avaliar *in vitro* a precisão dos contatos oclusais obtidos em pacientes dentados por meio do articulador virtual. **Materiais e Métodos:** Trinta e seis modelos foram obtidos de pacientes dentados e montados em articulador semi ajustavel (ASA) A7 Plus (Bio-art). O registo intermaxilar foi realizado utilizando silicone occlufast Rock (Zhermack). Após a montagem em articulador, os contatos oclusais foram demarcados nos modelos de gesso com carbono de 20 µm de espessura (AccuFilm), os quais foram utilizados como valores de referência. Com o intuito de obter modelos virtuais, os modelos de gesso foram então digitalizados por meio de um scanner laboratorial (Dental Wings 7, Straumann). Realizou-se a calibração do articulador virtual de acordo com as recomendações do fabricante e os contatos oclusais nos modelos digitais foram obtidos automaticamente por meio do respectivo software. A análise quantitativa dos contatos oclusais foi realizada independentemente por dois examinadores, de forma que cada examinador repetiu a contagem duas vezes com um intervalo de 48h entre as medições. A concordância intra e inter examinadores, assim como a correlação entre os contatos oclusais obtidos em modelos virtuais e modelos de gesso foram avaliados estatisticamente por meio do coeficiente Kappa com nível de significância $\alpha = 5\%$. A concordância intra-examinador foi de 0.93 a 0.98 ($p < 0,001$), enquanto que a concordância entre os examinadores variou entre 0.61 a 0.67 ($p < 0,001$) para ambos modelos virtuais e de gesso. Os contatos obtidos em modelos virtuais e modelos de gesso convencionais apresentaram uma concordância entre 0.52 a 0.55 ($p < 0,001$). **Conclusão:** Dentre as limitações apresentadas pelo presente estudo, foi possível concluir que o articulador virtual apresentou uma precisão moderada para a determinação dos contatos oclusais em pacientes dentados.

Palavras-chave: Articulador virtual. CAD-CAM.Oclusão.

ABSTRACT

García Merino IR. "Virtual articulator" Accuracy of occlusal contacts observed in virtual models compared to real models [thesis]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2018. Versão Original.

Objective: The objective of the study was to evaluate in vitro the accuracy of occlusal contacts obtained in patients through the virtual articulator. **Materials and Methods:** Thirty-six models were obtained from patients and mounted on a semi-adjustable articulator (ASA) A7 Plus (Bio-art). The intermaxillary registration was performed using silicone occlusal wax (Zhermack). After mounting in the articulator, the occlusal contacts were delimited in the 20 µm thick carbon film (AccuFilm), which were used as reference values. In order to obtain virtual models, the gypsum models were scanned with a laboratory scanner (Dental Wings 7, Straumann). The virtual articulator calibration was performed according to the manufacturer's recommendations and the occlusal contacts in the digital models were obtained automatically through the corresponding software. **Results:** The quantitative analysis of the occlusal contacts was performed independently by two examiners, so that each examiner repeated the count twice with a 48h interval between measurements. The intra and inter-examiner agreement, as well as the correlation between the occlusal contacts obtained in virtual models and gypsum models were statistically evaluated using the Kappa coefficient with significance level $\alpha=5\%$. The intra-examiner agreement was 0.93 to 0.98 ($p < 0.001$), whereas the agreement between the examiners ranged from 0.61 to 0.67 ($p < 0.001$) for both virtual and gypsum models. The contacts obtained in virtual models and conventional gypsum models showed an agreement between 0.52 and 0.55 ($p < 0.001$). **Conclusion:** Considering the limitations of the present study, it was possible to conclude that the virtual articulator showed a moderate precision for the determination of occlusal contacts in patients.

Keywords: Virtual Articulator. CAD-CAM. Occlusion.

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 - A,B,C,D,E - Toma de registro com arco facial.....	40
Figura 4.2 - A, B ,C, D Montagem em articulador.....	41
Figura 4.3 - A, B - Toma de registro de mordida em MIC.....	41
Figura 4.4 - Marcando os pontos de contato com o carbono nos modelos reais	42
Figura 4.5 - Pontos de contato obtidos no modelo real	42
Figura 4.6 - Scanner de bancada	43
Figura 4.7 - Conjunto de placas e bolachas	43
Figura 4.8 - A, B - Bloco de gesso e bolachas prontas para se scanear	44
Figura 4.9 - Asa pronto para a calibração	44
Figura 4.10 - A, B, C Reposicionamento digital das placas de interface	45
Figura 4.11 - A, B, C Digitalização dos modelos montados no Articulador.....	46
Figura 4.12 - A, B, C, D, E, F Fixação virtual dos modelos e pontos de contato virtuais obtidos.....	46
Figura 4.13 - Áreas dos dentes para registro e nomenclatura das áreas dentais	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1- Concordância intra-examinador para contatos reais e virtuais.....49

Tabela 5.2- Concordância inter-examinador para contatos reais e virtuais.....51

Tabela 5.3- Concordância entre contatos reais e virtuais52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATM	articulação temporomandibular
CAD	<i>computer aided design</i> (desenho assistido por computador)
CAM	<i>computer aided manufacturing</i> (fabricação assistida por computador)
CEREC	ceramic reconstruction (reconstrução cerâmica)
MIC	máxima intercuspidação
MPa	mega Pascal
RRM	relação máximo mandibular
RPM	rotações por minuto
ASA	articulador semiajustável
µm	micrômetros

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	23
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	25
3	PROPOSIÇÃO	37
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	39
5	RESULTADOS.....	49
6	DISCUSSÃO	55
7	CONCLUSÕES	59
	REFERÊNCIAS.....	61
	ANEXOS	67

1 INTRODUÇÃO

A confecção de restaurações protéticas com o auxílio da tecnologia digital em ambiente clínico e laboratorial, estão embasadas em uma literatura especializada, que apresenta um número crescente de trabalhos voltados à avaliação dos reais benefícios de montagens dessas restaurações em articuladores virtuais, com destaque para a efetividade destes em relação aos seus contatos oclusais reais.

Sem dúvida, o uso dos sistemas CAD-CAM (CAD – desenho assistido por computador e CAM – fabricação assistida por computador) constitui o presente e o futuro na produção de restaurações protéticas. A complexidade e a versatilidade desses sistemas aumentam a cada dia, o que os torna mais completos e adaptáveis às necessidades clínicas e laboratoriais (1).

A tecnologia CAD-CAM evoluiu muito desde a década de 80 até o presente com o objetivo de produzir restaurações de maior qualidade utilizando materiais produzidos industrialmente e um processo de fabricação padronizado. (2), desde o sistema PROCERA em 1983, muitas funções e melhorias foram adicionadas aos diferentes sistemas CAD-CAM, começando com CEREC 1 (3), mas é até 2012 quando o articulador virtual é incorporado com base em valores médios (4).

Para a confecção de diferentes restaurações protéticas ideais são necessários estudos adicionais para avaliar a simulação de contatos oclusais reais por modelos virtuais, obtidos a partir de impressões digitais intra orais (5).

Na odontologia, a tecnologia de realidade virtual será útil para proporcionar uma melhor educação por meio de simulação e na melhora de procedimentos de trabalho que são limitados convencionalmente, por exemplo, o articulador mecânico que poderia ser substituído pelo articulador virtual (6).

Portanto, a identificação do número, da localização e do tamanho desses contatos oclusais bem como das forças aplicadas são essenciais no estudo da disfunção da mastigação, razão pela qual se faz necessário uma ferramenta que

identifique e quantifique os parâmetros oclusais sem a interferência causada pela técnica de análise (7).

O estabelecimento do contato oclusal adequado é um dos principais fatores para o sucesso da reabilitação oral. A fidedignidade do registro promove a integração das restaurações indiretas no sistema mastigatório do paciente, e o articulador virtual auxilia na precisão da oclusão estática e dinâmica, proporcionando a otimização do resultado final de próteses dentárias desenhadas virtualmente (8).

Este estudo tem como objetivo a avaliação da precisão dos pontos de contatos virtuais obtidos a partir de modelos de gesso escaneados e fixados em articulador virtual, tomando como referência os pontos de contato obtidos no modelo de gesso real previamente fixado em um articulador semiajustável (ASA).

2 REVISÃO DA LITERATURA

O articulador é instrumento mecânico que simula as articulações temporomandibulares (ATM) dos maxilares superior e inferior para a reprodução de alguns ou de todos os movimentos mandibulares (9):

- a) Articulador classe I, articulador não ajustável ou charneira - instrumento simples, capaz de aceitar um único registro estático e realiza apenas movimentos verticais.(9)
- b) Articulador classe II - instrumento que permite movimentos horizontais e verticais, porém não relacionados à ATM (9).
- c) Articulador classe III ou articulador semiajustável - instrumento que simula os movimentos condilares por meio de equivalentes mecânicos para o todo ou parte do movimento; permite a orientação dos modelos com relação às articulações; pode ser do tipo arcon ou não arcon(9).
- d) Articulador classe IV ou articulador totalmente ajustável - instrumento que aceita registros dinâmicos tridimensionais; permite o registro das relações intermaxilares e a reprodução de todas as características dos movimentos mandibulares (9).

Atualmente existe outro tipo de articulador, denominado articulador virtual, produzido por *softwares* específicos e desenvolvido para a obtenção de melhores resultados clínicos. O articulador virtual pode ser completamente ajustável ou matematicamente simulado (10).

A história do articulador como instrumento de reprodução dos movimentos mandibulares teve início há mais de 100 anos. No transcorrer desse período, foram propostos e desenvolvidos diferentes articuladores com objetivos de obtenção de registros interoclusais adequados e reprodução mais fidedigna dos movimentos mandibulares (11).

Nos tratamentos dentários protéticos, o articulador é utilizado para o diagnóstico, o planejamento e o tratamento reabilitador. Nesse contexto, o articulador semiajustável simplifica a rotina clínica diária e reduz o número de sessões, de intervenções no paciente durante a consulta, possibilitando procedimentos mais precisos e menos danosos ao sistema estomatognático (11).

O articulador semi-ajustável (ASA) desempenha um papel importante na odontologia, pois permite um diagnóstico e planejamento adequado do tratamento para promover a saúde bucal de nossos pacientes. O ASA reduz a intervenção dos protodontistas, simplifica a rotina clínica diária, reduzindo o número de sessões, o tempo da cadeira e a necessidade de intervenções na boca do paciente, além de permitir procedimentos mais precisos, sem danificar o sistema estomatognático (12).

Para a montagem dos modelos dentais em um ASA deve-se usar um arco facial para transferir a relação entre a maxila e o eixo horizontal e transversal (12). Este é um arco de precisão e orientação dos modelos maxilares, embora os pontos de referência anatômica variem entre indivíduos (13).

É possível obter a montagem adequada das arcadas quando duas relações são estabelecidas:

1. A distância do arco maxilar a partir do eixo intercondilar, registrada pelo posicionamento do eixo no articulador (14).
2. A relação tridimensional entre o plano oclusal maxilar e o crânio (15).

Por tanto pode-se estabelecer uma orientação correta do plano oclusal, fator mais importante que ajuda a desenvolver uma oclusão que é compatível com o movimento funcional do sistema estomatognático(16).

A maior parte dos cirurgiões-dentistas realiza apenas um exame clínico para o diagnóstico em prótese, sem levar em conta que o uso do ASA poderia ajudar muito no diagnóstico e no tratamento protéticos (11).

Ao longo do tempo, o ASA foi aprimorado e evoluiu, porém ainda apresenta limitações por não possuir os elementos anatômicos, como músculos e ligamentos, o

que pode promover erros. Mas pode ser uma boa ferramenta auxiliar na reabilitação bucal adequada, tanto estética quanto funcional, dos pacientes (17).

Como anteriormente mencionado, ao longo do tempo, diferentes articuladores foram propostos para registrar os movimentos complexos da mandíbula. Dentre tais instrumentos, destacam-se os articuladores totalmente ajustáveis e os ASAs. Os articuladores totalmente ajustáveis simulam com exatidão os movimentos mandibulares, com uso limitado ao ajuste (17).

Os ASA inicialmente foram criticados por não reproduzir a ATM do paciente como nos movimentos extrusivos feitos para a frente e em cêntrica. (18). O movimento de lateralidade se diferencia do que ocorre no paciente pelas distâncias do articulador e movimentos internos da cavidade glenóide (19).

Assim sendo, e depois de muita pesquisa, foi proposto o ASA modificado, instrumento mecânico que representa a ATM e as arcadas superior e inferior no qual podem ser fixados modelos maxilares e mandibulares, para simular alguns ou todos os movimentos mastigatórios (19). A técnica de programação de um ASA é manual, e utiliza o registro interoclusal protrusivo (16).

O ARTICULADOR VIRTUAL

O articulador virtual pode ser definido como uma ferramenta de software para um melhor resultado clínico baseado na tecnologia da realidade virtual. Existem dois tipos de articuladores virtuais, o completamente ajustável e o matematicamente simulado (10).

Articulador virtual totalmente ajustável:

- Reproduz caminhos de movimento exatos da mandíbula usando um sistema eletrônico de registro de mandíbula (10).
- Os arcos dentários digitalizados movem-se ao longo desses caminhos de movimento que podem ser visualizados na tela do computador, consistindo

de três janelas principais que mostram o mesmo movimento dos arcos de diferentes planos (10).

- Um articulador virtual 3D totalmente ajustável é capaz de reproduzir todos os movimentos do articulador (10).
- Esses articuladores virtuais permitem configurações adicionais, como movimentos curvos ou outros movimentos para ajustes nas configurações ideais.

Articulador virtual matematicamente simulado:

- Reproduz movimentos do articulador com base na simulação matemática de movimentos articulatorios (10).
- A principal desvantagem é que ele se comporta como um articulador de valor médio e não é possível obter caminhos de movimento individualizados de cada paciente (10).

O articulador virtual se destina a ser utilizado como ferramenta para a análise das complexas relações oclusais estáticas e dinâmicas simulando o movimento mandibular e proporcionando uma visualização dinâmica dos contatos oclusais (20).

Na odontologia, o fluxo de trabalho CAD/CAM compreende uma restauração indireta desenhada por computador e fresada por um torno/imprensa 3D. O primeiro sistema CAD/CAM foi desenvolvido por Duret et al. (1971) mas não foi amplamente utilizado em virtude da falta de precisão da digitalização, entre outros fatores. Na década seguinte, Mormann e Brandestini desenvolveram o sistema denominado *ceramic reconstruction* (CEREC) em Zurique (Suíça). O CEREC foi responsável pelo aumento exponencial do emprego da tecnologia CAD/CAM em todo o mundo (21).

As reabilitações orais protéticas podem ser realizadas com ou sem o auxílio das tecnologias e são denominadas de acordo com a sua utilização. O método convencional é quando se não utiliza tecnologias, através de moldagem e o trabalho realizado em laboratório; já o método CAD/CAM utiliza um fluxo de trabalho digital através de escaneamento e confecção do trabalho com máquinas. Devido a

desenvolvimentos mais recentes, o método do fluxo de trabalho digital prospectivo vem sendo constantemente aperfeiçoado. Com respeito a isso, a questão chave é se seria possível transferir os dados do paciente, as arcadas digitalizadas e sua posição no crânio, diretamente ao computador usando o articulador virtual (1).

Além disso, a variabilidade inerente dos materiais e métodos para registro interoclusal também podem causar distorções da oclusão do paciente. Dessa forma, fazer uma impressão digital é mais seguro com o auxílio de um instrumento de escaneamento intraoral, mais prático, rápido e possivelmente de qualidade superior, os moldes dentários físicos neste caso são gerados software e são montados em MIC (17).

O advento da tecnologia digital revolucionou o fluxo de trabalho protético. Imagens dentais digitais obtidas por varredura intraoral podem ser mescladas com imagens faciais tridimensionais (3D), como tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) ou estereofotogrametria (SP), para gerar um modelo de paciente virtual (VPM). Para simular movimentos da mandíbula, foram desenvolvidos articuladores virtuais. Ao identificar um número de pontos de referência faciais no VPM, a relação entre a maxila e o THA pode ser transferida para o articulador virtual. No entanto, os autores desconhecem um protocolo estabelecido para o registro do plano horizontal do paciente no NHP para articuladores virtuais, descrito neste artigo.(17).

Vantagens do articulador virtual:

Proporciona melhor qualidade de comunicação entre o dentista e o técnico em prótese dentária, dando uma simulação de dados específicos do paciente de forma real e um análise tanto da oclusão estática quanto dinâmica, além de fornecer um análise estomatognática e condições articulares, funcionando como um navegador 3D (22).

Limitações do articulador virtual

Custo elevado, pois requer escâneres digitais, sensores digitais, software e diferentes tipos de modelos de articulador virtual que imitam a mecânica de acordo com a necessidade de cada paciente (22). Conhecimento sobre a tecnologia CAD / CAM, e habilidades técnicas em relação à interpretação de dados gravados a partir de escâneres, sensores, pequenos ajustes, incorporação de parâmetros de movimento, etc. (22)

As relações funcionais entre os erros oclusais e os ajustes nos articuladores têm sido objeto de numerosas investigações, porém, não se sabe com que frequência ocorrem erros de tal magnitude na prática (23).

O número, localização e tamanho dos contatos oclusais, as forças aplicadas e as medidas quantitativas são de vital importância no estudo das disfunções mastigatórias, sendo necessário uma ferramenta que identifique e quantifique esses parâmetros oclusais (7).

Dada a importância de identificar os pontos oclusais, D'Long, em 2002, realizou um estudo laboratorial dos contatos oclusais construídos a partir de imagens tridimensionais de modelos dentários e registros interoclusais com contatos obtidos por meio do uso de métodos convencionais (7).

A criação de um paciente virtual a partir dos registros clínicos pode fornecer informações quantitativas que ajudarão o dentista a avaliar a função mastigatória e no planejamento de tratamentos mais adequados. As comparações computadorizadas sequenciais ao longo do tempo de um mesmo paciente identificariam e mediriam o desgaste oclusal e as mudanças nos tecidos duros e moles (7).

O dentista analisaria os resultados por meio de representações gráficas dos arcos visualizadas em 3D, as relações entre os parâmetros de contato e as forças oclusais estimadas a partir do desgaste oclusal poderiam proporcionar tomadas de medidas quantitativas e não invasivas da função oclusal auxiliando no processo restaurador (7) O que é crucial para a técnica proposta é a capacidade de alinhar com

precisão as imagens computadorizadas das arcadas dentárias para que elas reproduzam a oclusão do paciente (7).

Tendo em conta os parâmetros articulares específicos para cada paciente, um "articulador virtual" integrado a um software permitiria simular a oclusão dinâmica, portanto, uma posição dos pontos de contato guiada por computador que interferem no momento da preparação de uma restauração protética (24).

Os ASA comumente utilizados têm limitações importantes: o movimento da mandíbula não é exatamente reproduzido e o tempo do movimento das relações intermaxilares também não são fornecidos. Em 2004 Böröcz afirma que os problemas podem ser resolvidos substituindo o articulador mecânico por uma simulação digital, "articulador virtual", baseado em modelos de gesso digitalizados. Posteriormente, os novos softwares poderiam realizar a geração de pontos de contato funcionais e contatos proximais baseados em um modelo tridimensional virtual (25).

O surgimento dos sistemas CAD odontológicos nos permite projetar superfícies oclusais dentárias funcionais que se harmonizam com a função estomatognática do paciente. Os sistemas atualmente disponíveis usam tipicamente moldagens oclusais funcionais do paciente para o desenho de pontos de contato oclusais. Estas regiões podem ser determinadas a partir de dados das superfícies oclusais opostas, e seus movimentos relativos podem ser simulados usando um articulador virtual. Para confirmar a aplicabilidade clínica dos sistemas CAD, seriam necessários estudos adicionais abrangendo uma ampla gama de superfícies oclusais e excursões dentárias em estudos subsequentes (26).

Para entender a função da mandíbula e seus efeitos nos tecidos biológicos, materiais dentários e reconstruções dentárias, é necessário conhecer como as forças mastigatórias são distribuídas, o primeiro passo é a identificação quantitativa dos contatos oclusais o que ajudaria a obter dados para o bom funcionamento dos sistemas CAD (27).

Os articuladores virtuais podem ser úteis para complementar os articuladores mecânicos, eles podem mostrar a relação medidas e perspectivas, como apresentando imagens seccionadas, movimentos intrabordejantes e extrabordejantes

e pontos de contato, incluindo a visualização da força dos pontos de contato e das superfícies segundo a cor obtida. (28).

O futuro da odontologia está basicamente relacionado ao uso da informática e os estudos devem demonstrar sua eficácia até que um articulador mecânico possa ser substituído por um virtual (29), melhorando o atendimento ao paciente (30).

Os articuladores virtuais tornam possível superar as limitações dos articuladores mecânicos. As técnicas de visualização têm grandes vantagens, o articulador virtual foi projetado para exibir as relações da mandíbula durante a mastigação, para análise da intercuspidação. Desse modo, o sistema gera imagens dinâmicas dos movimentos de fechamento e abertura na oclusão dinâmica e, assim, as áreas de contato são destacadas (31).

O articulador virtual foi desenvolvido para a análise exaustiva da oclusão estática e dinâmica, a fim de substituir os articuladores mecânicos e evitar erros. O articulador virtual pode simular o movimento mastigatório específico do paciente (22).

Durante o movimento mandibular, o programa calcula os locais onde os dentes antagonistas entram em contato, os estudos realizados para avaliar a confiabilidade do articulador virtual mostram uma boa correspondência entre a visualização quantitativa e a posição dos contatos dinâmicos (22).

Entre outros autores, um dos primeiros a criar métodos de programação e ajuste do articulador virtual foi descrito por Kordass e Gärtner, em 1999 para o qual se utiliza um escâner a laser tridimensional. Também existem outros sistemas para detecção de movimentos mandibulares com base em outras tecnologias, como dispositivos optoeletrônicos que usam câmeras CCD para registrar emissões de diodos emissores de luz (LED) localizadas sobre a cabeça do paciente e gerar uma imagem a partir desses sinais. Fang e Kuo, usaram este sistema, apresentaram um modelo para avaliar a dinâmica mandibular e começaram a utilizar outros métodos, como o escaneamento de modelos (22).

Por isso, é importante detectar pontos de contato, para identificar limitações de movimento. Nestes casos, pode ser interessante deixar uma distância correspondente à espessura do carbono usado nos articuladores mecânicos, para calcular os pontos de oclusão com base nessa distância (22).

Por exemplo, o software do articulador virtual Dent-CAM® (Comp. KaVoDLeutkirch) usa três janelas principais, sendo uma delas denominada janela de oclusão: exibe os pontos de contato que aparecem nas superfícies oclusais dos dentes superiores e inferiores em função do tempo (22).

A tendência atual em odontologia estética é reduzir o uso de ferramentas manuais e aumentar o uso de sistemas com tecnologia CAD/CAM, tomando-se como importantes complementos digitais ferramentas como as impressões digitais, torna-se de fundamental importância a simulação dos pontos de contato das superfícies oclusais tanto das restaurações definitivas como do antagonista. O que dá maior relevância à precisão e metodologia de tomada do registro de detalhes e sua posterior transferência ao articulador virtual em MIC sugerindo estudos futuros que avaliem imagens orais com contatos reais (32).

Mas a literatura atual dispõe de informações limitadas sobre a precisão dos contatos oclusais calculados pelo software CAD em modelos virtuais ou restaurações CAD / CAM (5).

O conforto do paciente também foi aumentado com métodos de transferência de articuladores virtuais. No entanto, estão sendo realizadas pesquisas sobre articuladores virtuais e alguns sistemas CAD / CAM não possuem um software de articulador virtual para simular os movimentos da mandíbula. Por outro lado, ainda é questionável se o uso de um articulador virtual é necessário para pequenas restaurações (5).

Apesar de todos os avanços no campo virtual, ainda são necessários mais estudos para avaliar a simulação de contatos reais através de modelos virtuais obtidos a partir de impressões digitais intraorais para diferentes exigências restauradoras da dentição (5).

Apesar da maior precisão e economia de tempo na produção de registros digitalizados, a fabricação de peças fundidas e as técnicas de montagem, muitos

laboratórios dentários ainda trabalham com dispositivos mecânicos, tais como modelos convencionais, registros oclusais e articuladores mecânicos, embora algumas empresas já tenham incorporado o articulador virtual (CAD / CAM).sendo substituídos também nos consultórios pela tecnologia virtual para posicionar os modelos no articulador virtual (33).

O estabelecimento de um contato oclusal adequado é um critério para uma reabilitação oral bem-sucedida porque a sua localização e intensidade são determinantes da estabilidade das próteses dentárias e o registro é essencial para determinar a integração das restaurações indiretas no sistema mastigatório do paciente (34).

As vantagens da tecnologia CAD / CAM estão dentro de três protocolos principais, incluindo impressões digitais, modelos digitais, articuladores virtuais e arco facial. Os sistemas CAD / CAM são compostos por três partes principais:

1) uma unidade de aquisição dados que recolhe os dados da área de preparo, estruturas adjacentes e estruturas opostas e, em seguida, converte-os em impressões virtuais através de escâneres intraorais CAD / CAM nos sistemas de consultório ou CAD nos laboratórios. O sistema de aquisição de ou imagem ou indiretamente através um modelo de gesso gerado através de uma moldagem convencional.

2) software para projetar restaurações virtuais em um modelo de trabalho virtual e em seguida, calcular parâmetros de fresagem

3) um aparelho fresador computadorizado para o fabrico de restaurações a partir de um bloco sólido de material restaurador ou da fabricação de partes. (35). As próteses digitais só podem ser realizadas com impressões digitais e montagem virtual, é mais preciso digitalizar diretamente da boca do que de uma impressão ou modelo laboratorial (34).

A história da evolução dos articuladores dentais é um relato das complexidades do sistema crânio mandibular, no entanto, os movimentos mandibulares em diferentes tipos de articuladores muitas vezes mostram resultados inconsistentes e a metodologia tem sido questionada, e até os dispositivos mais sofisticados (mecânicos ou virtuais) para reproduzir o movimento mandibular tem deficiências. No entanto, o

articulador virtual pode ser mais vantajoso, porque eles podem obter maior exatidão e precisão. Os articuladores virtuais também permitem o estudo do movimento mandibular em momentos específicos, conseguindo melhorar o diagnóstico, tratamento e confiança no resultado do tratamento. (34)

Também é possível combinar o articulador físico, no qual se insere modelos maxilares e mandibulares montados nos escâneres laboratoriais ou modelos maxilares e mandibulares transferidos a partir do articulador físico através de uma placa ou kit de transferência o qual é inserido no escâner de laboratório. Os modelos maxilares e mandibulares são inseridos no escâner laboratorial sem um registro interoclusal e são então escaneados com a montagem virtual dos modelos no articulador virtual. Este método é o mais utilizado e está indicado para restaurações monolíticas. (35).

Atualmente, é possível adotar um fluxo de trabalho completamente digital utilizando um escâner intraoral para escanear preparos dentários, registrar a relação maxilomandibular (RMM) para articular os modelos virtuais em um articulador virtual e conceber a prótese definitiva digitalmente, além disso, os fabricantes permitem ao usuário articular os modelos virtualmente com o uso de um registro interoclusal ou digitalizando modelos montados em articulador ou sistema de transferência específico. Várias empresas também desenvolveram um articulador virtual personalizado para seu sistema CAD / CAM de modo a facilitar esse fluxo de trabalho (36).

A precisão de um escâner de modelo é determinada por dois fatores: fidedignidade e precisão. A fidedignidade é definida como o grau de concordância do objeto digitalizado com a referência real, enquanto precisão refere-se ao grau de concordância entre leituras repetitivas até a finalização. Muitos autores mencionam que faltam estudos que investiguem a precisão tridimensional da articulação virtual de modelos de gesso parcialmente dentados por meio de diferentes sistemas de escâner CAD (37).

Ao minimizar os ajustes oclusais, o tempo gasto na cadeira para adaptação das restaurações protéticas é reduzido. Além disso, a morfologia dentária restaurada com precisão assegura movimentos mandibulares funcionais sem interferência durante a mastigação, o que é essencial para evitar forças de cisalhamento potencialmente

prejudiciais. O software de desenho auxiliado por computador (CAD) usado com articuladores virtuais permite o controle dos contornos dimensionais dessas restaurações(38). Tal como acontece com os articuladores mecânicos, os parâmetros intra-articulares para os quais o ajuste oclusal é feito, são obtidos a partir de registros de mordida ou usando valores predeterminados (médias) para os determinantes do movimento mandibular (39).

Portanto, o presente estudo com tais limitações existentes, focou em validar a precisão dos pontos de contato obtidos em modelos de gesso fixados em articulador virtual, tomando como referência os pontos de contato obtidos no modelo de gesso previamente determinados em um articulador semi-ajustável, uma vez que estes dentes ajudam a parar o fechamento da mandíbula evitando movimentos excêntricos dos dentes posteriores e estão localizados nas superfícies oclusais dos dentes superiores e inferiores das próteses no momento do fechamento mandibular.

3 PROPOSIÇÃO

Medir a acurácia dos contatos oclusais observados em modelos virtuais em comparação com modelos reais.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais:

Materiais:

- Gesso, tipo IV Ultirock (Whip Mix)
- Alginato, Tropicalgin (Zhermack).
- Silicona para registro de mordida, oclufast Rock (Zhermack).
- Carbono Accu Film 20µm.

Instrumental:

- Grau de borracha para gesso.
- Grau de borracha para alginato.
- Espátula para mixturar gesso.
- Espátula para mixturar alginato.

Equipamento:

- Espatulador a vácuo da Whip Mix – modelo Vacuum Power Mixer Plus 425 RPM.
- Arco facial Elite (Bio-Art)
- Articulador A7 Plus (Bio-Art)
- Bolachas (Bio-Art).
- Scanner de Bancada (Dental Wings, 7 Series, Strauman)

Foram obtidos 36 modelos de pacientes entre 20 e 25 anos de idade, com boa saúde bucal, sem espaços edêntulos e que não possuíam hábitos para-funcionais, (anexo A, B). Para obtenção dos modelos foram utilizados uma moldeira tipo Venner e as moldagens foram executadas com alginato Tropicalgin (Zhermack). A manipulação foi realizada segundo a recomendação do fabricante.

Os modelos foram vazados em gesso tipo IV Ultirock (Whip Mix) utilizando espatulador a vácuo da Whip Mix – modelo Vacuum Power Mixer Plus 425 RPM. Esse tipo de gesso, por ter uma superfície não reflexiva, facilita a digitalização pelo scanner utilizado neste trabalho.

Critérios de inclusão.

Para este estudo, foram utilizados modelos que não apresentavam perda de dentes, que não apresentavam bolhas ou defeitos de esvaziamento, os pacientes não apresentavam facetas de desgaste ou atrição dental.

Posteriormente, usando o arco facial Elite (Bio-Art) (Figura 4.1 A,B,C,D,E) os modelos foram fixados em articulador A7 Plus (Bio-Art) para todos os pacientes, seguindo o manual do fabricante (Figura 4.2) Após isso, o modelo inferior foi fixado, na posição em (MIC), por meio de um registro de mordida tomado com oclufast Rock (Zhermack) (Figura 4.3) tendo o pino incisal em zero.

Figura 4.1 - A,B,C,D,E – Tomada de registro com arco facial

Fonte: O autor

Figura 4.2 - A, B ,C, D Montagem em articulador

Fonte: O autor

Figura 4.3 - A, B - Toma de registro de mordida em MIC

Fonte: O autor

Para o registro dos contatos oclusais, o articulador semiajustável foi ocluído com carbono Accu Film 20 μ m sem realizar pressão, até que os modelos superiores entrassem em contato com os inferiores (Figura 4.4). Esses pontos de contatos foram usados como referências para comparação com os pontos oclusais obtidos nos modelos virtuais (Figura 4.5).

Figura 4.4 - Marcando os pontos de contato com o carbono nos modelos reais

Fonte: O autor

Figura 4.5 - Pontos de contato obtidos no modelo real

Fonte: O autor

A calibração do articulador virtual, é um processo necessário para coincidir as suas dimensões com as do articulador real (Figura 4.6). Para este processo, o fabricante fornece um conjunto de 2 placas metálicas e 2 plásticas conforme ilustra a (Figura 4.7).

Figura 4.6 - Scanner de bancada

Fonte: O autor

Figura 4.7 - Conjunto de placas e bolachas

Fonte: O autor

Para calibrar o articulador virtual, os quatro dispositivos fornecidos pelo fabricante do scanner foram inicialmente fixados ao articulador físico (Figura 4.8), da seguinte forma: A guia condilar do articulador físico foi regulada em 30° e o pino incisal em zero, as placas plásticas foram fixas com gesso ao ramo superior e inferior do articulador, em uma posição aleatória, tendo a placa metálica interposta entre elas (Figura 4.9).

Figura 4.8 - A, B - Bloco de gesso e bolachas prontas para se scanear

Fonte: O autor

Figura 4.9 - Asa pronto para a calibração

Fonte: O autor

A placa de montagem inferior posicionada na placa de interface do escâner. Na parte superior do conjunto, foi colocada a placa de calibração, tomando o cuidado de posicionar o lado com os entalhes voltados para cima. Em seguida foi realizada a digitalização da posição.

Uma vez concluída a digitalização, a imagem digital adquirida do escaneamento da placa de calibração física foi relacionada com a imagem virtual da placa de calibração presente no programa. Para tal foi selecionado três pontos semelhantes da imagem digitalizada e a imagem virtual (Figura 4.10A). O mesmo foi realizado com a placa de montagem superior. Baseando-se na relação entre a placa de montagem superior versus placa de calibração e a placa de calibração versus a montagem inferior o programa identifica a relação tridimensional entre as placas de montagem, sendo assim o programa finaliza o calibração (Figura 4.10B,C).

Figura 4.10 - A, B, C Reposicionamento digital das placas de interface

Fonte: O autor

Foi realizada a importação do articulador real, em seguida o mesmo foi utilizado para escanear um caso (Figura 4.11 A,B;C).

Figura 4.11 - A, B, C Digitalização dos modelos montados no Articulador

Os contatos oclusais detectados pelo articulador virtual, eram apresentados graficamente sobre a imagem de cada modelo, automaticamente após o término do escaneamento (Figura 4.12 A,B,C,D,E,F).

Figura 4.12 - A, B, C, D, E, F Fixação virtual dos modelos e pontos de contato virtuais obtidos

Fonte: O autor

Análise Estatística

Os pontos de contato foram registrados em uma planilha fazendo duas observações com uma diferença de 48 horas entre a primeira e a segunda observação, onde 0, não há ponto de contato e 1 caso haja contato oclusal. Além disso, os contatos foram tabulados segundo a área em que ocorreram em cada dente, conforme o gráfico apresentado (Figura 4.13), proposto por DeLong em 2002.

Figura 4.13 - Áreas dos dentes para registro e nomenclatura das áreas dentais

Fonte: O autor

Dois examinadores (DS e PG) participaram do estudo, e o coeficiente Kappa foi calculado para verificar a concordância entre as duas observações de cada examinador, e também a concordância inter-examinador. Foi adotado um nível de significância $\alpha = 5\%$ para os testes utilizados.

No caso de rejeição da hipótese ($Kappa=0$) temos a indicação de que a medida de concordância é significativamente maior do que zero, o que indicaria que existe alguma concordância. Isto não significa necessariamente que a concordância seja alta, cabe ao pesquisador avaliar se a medida obtida é satisfatória ou não, isto baseado, por exemplo, em dados de literatura ou pesquisas anteriores. Landis e Koch (40) sugerem a seguinte interpretação:

Quadro 4.1 – Valores do coeficiente Kappa

Values of Kappa	Interpretação
<0	Nenhuma concordância
0-0.19	Concordância pobre
0.20-0.39	Concordância justa
0.40-0.59	Concordância moderada
0.60-0.79	Concordância considerável
0.80-1.00	Concordância quase perfeita

Fonte: Landis e Koch (40)

5 RESULTADOS

Foi realizada a concordância intra-examinador, inter-examinador e concordância entre contatos reais e virtuais para o qual foi usado o coeficiente de Kappa como mostrado nas tabelas 5.1, 5.2 e 5.3.

Tabela 5.1 - Concordância intra-examinador para contatos reais e virtuais

		PV contatos virtuais – 2o exame		Total
		Ausente	Presente	
PV Contatos virtuais 1º exame	Ausente	1449	4	1453
	Presente	11	467	478
		1460	471	1931
p-valor (Kappa)		< 0,001*		
Kappa		0.98		
		PV contatos reais – 2o exame		Total
		Ausente	Presente	
PV Contatos reais 1º exame	Ausente	1616	04	1620
	Presente	2	318	320
		1618	322	1940
p-valor (Kappa)		< 0,001*		
Kappa		0.97		
		PV contatos virtuais – 2o exame		Total
		Ausente	Presente	
DS Contatos virtuais 1º exame	Ausente	1664	1	1665
	Presente	28	237	265
		1692	238	1930

p-valor (Kappa)		< 0,001*		
Kappa		0.93		
		PV contatos reais – 2o exame		Total
		Ausente	Presente	
DS Contatos reais 1º exame	Ausente	1466	1	1467
	Presente	30	450	480
		1496	451	1947
p-valor (Kappa)		< 0,001*		
Kappa		0.95		

* significativa ao nível alfa de 5%

Fonte: O autor

A concordância intra-examinador foi quase perfeita em todas as medidas (0,93 a 0,98) ($p < 0,001$).

Tabela 5.2 - Concordância inter-examinador para contatos reais e virtuais

		DS contatos virtuais – 1o exame		Total
		Ausente	Presente	
PV Contatos virtuais 1º exame	Ausente	1557	55	1612
	Presente	108	210	318
		1665	265	1930
p-valor (Kappa)		< 0,001*		
Kappa		0.67		
		DS contatos virtuais – 2o exame		Total
		Ausente	Presente	
PV Contatos virtuais 2º exame	Ausente	1563	50	1613
	Presente	132	186	318
		1695	236	1931
p-valor (Kappa)		< 0,001*		
Kappa		0.61		
		DS contatos reais – 1o exame		Total
		Ausente	Presente	
PV Contatos reais 1º exame	Ausente	1323	134	1457
	Presente	140	339	479
		1463	473	1936
p-valor (Kappa)		< 0,001*		
Kappa		0.61		
		DS contatos reais – 2o exame		Total
		Ausente	Presente	
PV Contatos reais 2º exame	Ausente	1325	134	1459
	Presente	161	309	470
		1486	443	1929
p-valor (Kappa)		< 0,001*		
Kappa		0.57		

* significante ao nível alfa de 5%

A concordância entre os examinadores variou de moderada (0.57) a considerável (0.61 a 0.67) ($p < 0,001$).

Tabela 5.3 – Concordância entre contatos reais e virtuais

		PV contatos reais – 1o exame		Total
		Ausente	Presente	
PV Contatos virtuais 1º exame	Ausente	1388	228	1616
	Presente	65	250	315
		1453	478	1931
Kappa (p-valor)		0.54 ($p < 0,001$)*		
Concordância (%)		84%		
Sensibilidade (95% IC)		0,52 (0,47-0,56)		
Especificidade (95% IC)		0,95 (0,94-0,96)		
		PV contatos reais – 2o exame		Total
		Ausente	Presente	
PV Contatos virtuais 2º exame	Ausente	1393	217	1610
	Presente	67	249	316
		1460	466	1926
Kappa (p-valor)		0.54 ($p < 0,001$)*		
Concordância (%)		82,5%		
Sensibilidade		0,53 (0,48-0,58)		
Especificidade		0,95 (0,94-0,96)		
		DS contatos reais – 1o exame		Total
		Ausente	Presente	
DS Contatos virtuais 1º exame	Ausente	1432	236	1668
	Presente	33	233	266
		1465	469	1934
Kappa (p-valor)		0.55 ($p < 0,001$)*		
Concordância (%)		86,1%		
Sensibilidade		0,49 (0,45-0,54)		
Especificidade		0,97 (0,96-0,98)		

		DS contatos reais – 2o exame		Total
		Ausente	Presente	
DS Contatos virtuais 2º exame	Ausente	1457	237	1694
	Presente	33	205	238
		1490	442	1932
Kappa (p-valor)		0,52 (p < 0,001)*		
Concordância (%)		86%		
Sensibilidade		0,46 (0,41-0,51)		
Especificidade		0,97 (0,96-0,98)		

* significativo ao nível alfa de 5%

Fonte: O autor

A concordância entre os contatos reais e virtuais foi moderada, e variou de 0,52 a 0,55 (p < 0,001).

6 DISCUSSÃO

Neste trabalho elimina-se as variáveis relacionadas a moldagem e expansão do gesso de modelos já que as medidas de referências foram tomadas dos modelos de gesso. Dessa forma, qualquer diferença de medidas encontradas foi em decorrência do processo exclusivamente.

Os resultados desse trabalho são válidos apenas para o escâner de bancada (dental wings 7 series), não devendo ser estendidos para outros tipos de escâner.

De 2033 superfícies observadas a concordância intra-examinadores foi praticamente perfeita em todas as medidas, já a inter-examinadores foi considerada entre moderada e considerável, mostrando a grande precisão da metodologia das análises feitas nesse estudo.

Bohner et al. (8) realizou uma revisão bibliográfica, concluindo que as evidências científicas indicam que os métodos digitais são precisos para registrar os contatos oclusais de próteses dentárias; que obtem até 78% de precisão na localização dos pontos de contato concordando com os resultados obtidos na presente pesquisa. No entanto, o autor conclui que são necessários mais estudos clínicos em relação à precisão do tratamento reabilitador, feito a partir dos articuladores digitais, para estabelecer uma oclusão precisa, fato este que justifica a realização deste trabalho.

DeLong et al. (7) mencionou que número, localização e tamanho dos contatos oclusais e a intensidade destes contatos são de vital importância na análise oclusal e confecção das próteses.

A análise de medidas quantitativas de contatos oclusais é de suma importância para diagnosticar disfunções mastigatórias, como interferência e pontos de contato prematuros, sendo necessária uma ferramenta que possa identificar e quantificar pontos de contato sem interferir, independentemente da técnica.

Em seu estudo, fez comparações dos pontos de contato obtidos virtualmente, utilizando uma metodologia semelhante ao utilizado no presente estudo. Houveram diferenças estatisticamente significativas enquanto no presente estudo a concordância foi moderada entre pontos reais e pontos virtuais, a sensibilidade e a especificidade dos contatos virtuais atenderam ou excederam os requisitos clínicos para aceitação como teste de diagnóstico (sensibilidade 0,7 e especificidade 0,95). Contatos virtuais calculados diretamente de modelos virtuais dos registros interoclusais não foram tão bons tendo em nosso estudo uma sensibilidade de 0,46 e uma especificidade de 0,97 resultados muito parecido aos obtidos em nosso trabalho.

A sensibilidade é a proporção de verdadeiros positivos. Em outras palavras, a sensibilidade de um método reflete o quanto este é eficaz em identificar corretamente, dentre todos os indivíduos avaliados, aqueles que realmente apresentam a característica de interesse. Neste trabalho, seria a capacidade do método virtual de reproduzir os contatos que de fato existem no modelo real, na mesma posição.

A especificidade é a proporção de verdadeiros negativos. A especificidade de um método reflete o quanto ele é eficaz em identificar corretamente os indivíduos que não apresentam a condição de interesse. Neste trabalho seria a capacidade de revelar o que não pertence a característica original observada nos modelos reais.

Alghazzawi (35) menciona em sua revisão sistemática que recentemente, vários aspectos dos sistemas de CAD / CAM tem avanços tecnológicos significativos, tais como o desenvolvimento e aplicação de novos materiais, a introdução dos softwares de articulador virtual e desenvolvimento de escâneres, a disponibilidade de máquinas de usinagem e máquinas de impressão 3D mais eficientes e a transferência de modelos digitalizados para o articulador virtual, sugerindo, em caso de utilização de um escâner de bancada de 5 eixos, o que dá validade ao nosso estudo no qual utilizou-se um escâner de bancada Dental Wings series 7 (Straumann) de 5 eixos e um software (DOWS software) com articulador virtual.

Nemli et al (38) em sua pesquisa, compara a precisão de dois softwares In Lab (versão 3.83) e Cerec (versão 3.83) Connect na reprodução de pontos de contato oclusais, mostrando que o software pode dar uma precisão entre 31,9% a 41,6% no que diz respeito aos modelos de gesso físicos fixados no articulador semi-ajustável, contrariamente aos nossos resultados, onde obtivemos uma correlação de 84% na comparação de pontos de contato dos modelos de referência e os modelos virtuais. Uma possível explicação para esta diferença de resultados, pode ser que neste trabalho foi realizado o escaneamento de hemiarcadas, enquanto no nosso trabalho fez-se o escaneamento de arco completo

Arslam et al (5), compara sobrepondo as imagens os pontos de contato virtuais com os pontos de contato reais dos modelos de gesso montados em ASA, obtendo uma média e um desvio padrão com uma alta porcentagem de coincidências entre os pontos de contato virtuais e os pontos de contato reais, o objetivo de comparar a precisão do registro dos pontos de contato virtual é semelhante ao do nosso trabalho, mas a diferença é que ao obter os resultados eles viram o número de pontos de contatos que coincidiu entre os modelos reais e os modelos virtuais de cada dente, em nosso estudo, vimos cada superfície das peças dentárias e foi comparada, usando um coeficiente Kappa para encontrar coincidências, apresentando em nossos resultados sensibilidade, especificidade pelo que não foi possível fazer uma comparação dos resultados.

Os articuladores virtuais são um dos vários aspectos da tecnologia digital odontológica que recentemente tem demonstrado uma melhora significativa. Em relação ao trabalho em um ambiente virtual, melhora-se o diagnóstico, já em relação ao tratamento clínico, também diminui-se o tempo necessário para o procedimento. Estudos comparando a mudança dos métodos convencionais para os virtuais revelaram resultados promissores sobre a precisão dos articuladores virtuais para colocar os modelos virtuais na posição exata como a real.

Além disso, estão sendo conduzidas pesquisas sobre os articuladores virtuais e alguns sistemas CAD / CAM. Desse modo, apesar da comparação dos contatos virtuais com os dos modelos de gesso, a equivalência dos modelos é moderada e deveriam ser realizadas mais pesquisas para verificar se os modelos virtuais são tão precisos quanto os modelos de gesso montados em articulador semi-ajustável.

Para obter mais dados sobre a precisão dos pontos de contato dos modelos digitais obtidos a partir de modelos de gesso montados no articulador semi-ajustável, seria aconselhável conduzir mais pesquisas que também considerem os movimentos mandibulares, uma vez que, atualmente, cada vez mais são lançados no mercado, softwares que permitem reproduzir os diferentes movimentos mandibulares.

7 CONCLUSÃO

Dentre as limitações apresentadas pelo presente estudo, foi possível concluir que o articulador virtual apresentou uma precisão moderada para a determinação dos contatos oclusais em pacientes dentados. Desta forma, o articulador virtual ainda não pode substituir o articulador mecânico no que se refere a localização dos contatos oclusais.

REFERÊNCIAS¹

1. Solaberrieta E, Mínguez R, Barrenetxea L, Etxaniz O. Direct transfer of the position of digitized casts to a virtual articulator. *J Prosthet Dent*. 2013 Jun;109(6):411-4. doi: 10.1016/S0022-3913(13)60330-3.
2. González de Villaumbrosia P, Martínez-Rus F, García-Orejas A, Salido MP, Pradíes G. In vitro comparison of the accuracy (trueness and precision) of six extraoral dental scanners with different scanning technologies. *J Prosthet Dent*. 2016 Oct;116(4):543-550.e1. doi: 10.1016/j.prosdent.2016.01.025. Epub 2016 Apr 23. PubMed PMID: 27112413.
3. Goodacre CJ, Garbacea A, Naylor WP, Daher T, Marchack CB, Lowry J. CAD / CAM Prótesis completas fabricadas: conceptos y métodos clínicos de obtención requeridos. Datos morfológicos. *J Prosthet Dent*. 2012 Ene; 107 (1): 34-46. doi 10.1016 / S0022-3913 (12) 60015-8. PubMed PMID: 22230914.
4. Fritzsche G, Schenk O. New Cerec software version 4.3 for Omnicam and Bluecam. *Int J Comput Dent*. 2014;17(3):253-8. English, German. PubMed PMID: 25558763.
5. Arslan Y, Bankoğlu Güngör M, Karakoca Nemli S, Kökdoğan Boyacı B, Aydın C. Comparison of Maximum Intercuspal Contacts of Articulated Casts and Virtual Casts Requiring Posterior Fixed Partial Dentures. *J Prosthodont*. 2017 Oct;26(7):594-8. doi: 10.1111/jopr.12439.
6. Pröschel PA, Maul T, Morneburg T. Predicted incidence of excursive occlusal errors in common modes of articulator adjustment. *Int J Prosthodont*. 2000 Jul-Aug;13(4):303-10.
7. Delong R, Ko CC, Anderson GC, Hodges JS, Douglas WH. Comparing maximum intercuspal contacts of virtual dental patients and mounted dental casts. *J Prosthet Dent*. 2002 Dec;88(6):622-30.
8. Bohner LO, Neto PT, Ahmed AS, Mori M, Laganá DC, Sesma N. CEREC Chairside System to Register and Design the Occlusion in Restorative Dentistry: A Systematic Literature Review. *J Esthet Restor Dent*. 2016 Jul;28(4):208-20. doi: 10.1111/jerd.12226.

¹De acordo com o Estilo Vancouver.

9. The Glossary of Prosthodontic Terms: Ninth Edition. *J Prosthet Dent.* 2017 May;117(5S):e1-e105. doi: 10.1016/j.prosdent.2016.12.001..
10. Koralakunte PR, Aljanakh M. The role of virtual articulator in prosthetic and restorative dentistry. *J Clin Diagn Res.* 2014 Jul;8(7):ZE25-8. doi: 10.7860/JCDR/2014/8929.4648.
11. Starcke EN, Engelmeier RL, Belles DM. The history of articulators: the "Articulator Wars" phenomenon with some circumstances leading up to it. *J Prosthodont.* 2010 Jun;19(4):321-33. doi: 10.1111/j.1532-849X.2009.00539.x.
12. Nesi F, Nishimori LEMI, Silva CDEOE, Carlos F, Sábio S, Corrêa GDEO. Semi-Adjustable Articulators. 2014;1(1952):14–21.
13. Nazir N, Sujesh M, Kumar R, Sreenivas P. Accuracy of two face-bow/semi-adjustable articulator systems in transferring the maxillary occlusal cant. *Indian J Dent Res.* 2012 Jul-Aug;23(4):437-42. doi: 10.4103/0970-9290.104945.
14. Prasad KD, Shetty M, Chandy BK. Evaluation of condylar inclination of dentulous subjects determined by axiograph and to compare with manual programming of articulators using protrusive interocclusal record. *Contemp Clin Dent.* 2015 Jul-Sep;6(3):371-4. doi: 10.4103/0976-237X.161892.
15. Galeković NH, Fugošić V, Braut V, Čelić R. Utjecaj načina prijenosa šarnirske osi na trodimenzionalni pomak kondila između položaja centrične relacije i maksimalne interkuspidacije. *Acta Stomatol Croat.* 2015;49(1):36–44.
16. Bansal D, Venkateshwaran S, Khandelwal N, Marwaha RK. Quantitative computed tomography is unreliable for measurement of bone mineral density in inadequately chelated adolescent patients with β -thalassemia major: a case-control study. *Pediatr Blood Cancer.* 2011 Mar;56(3):409-12. doi: 10.1002/pbc.22912.
17. Lam WYH, Hsung RTC, Choi WWS, Luk HWK, Cheng LYY, Pow EHN. A clinical technique for virtual articulator mounting with natural head position by using calibrated stereophotogrammetry. *J Prosthet Dent.* 2018 Jun;119(6):902-908. doi: 10.1016/j.prosdent.2017.07.026.

18. Krahenbuhl JT, Cho SH, Irelan J, Bansal NK. Accuracy and precision of occlusal contacts of stereolithographic casts mounted by digital interocclusal registrations. *J Prosthet Dent.* 2016 Aug;116(2):231-6. doi: 10.1016/j.prosdent.2016.01.029.
19. Maveli TC, Suprono MS, Kattadiyil MT, Goodacre CJ, Bahjri K. In vitro comparison of the maxillary occlusal plane orientation obtained with five facebow systems. *J Prosthet Dent.* 2015 Oct;114(4):566-73. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.02.030.
20. Kordass B, Gärtner C, Söhnel A, Bisler A, Voss G, Bockholt U, Seipel S. The virtual articulator in dentistry: concept and development. *Dent Clin North Am.* 2002 Jul;46(3):493-506, vi.
21. Adriana Postiglione Bühner Samraa, Eduardo Moraisb, Rui Fernando Mazurc, Sergio Roberto Vieirac, Rodrigo Nunes Rachedc. CAD/CAM in dentistry – a critical review. *Rev Odonto Cienc.* 2016;31(3):140-4.
22. Solaberrieta E, Garmendia A, Minguez R, Brizuela A, Pradies G. Virtual facebow technique. *J Prosthet Dent.* 2015 Dec;114(6):751-5. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.06.012.
23. Maestre-Ferrín L, Romero-Millán J, Peñarrocha-Oltra D, Peñarrocha-Diago M. Virtual articulator for the analysis of dental occlusion: an update. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2012 Jan 1;17(1):e160-3.
24. Bisler A, Bockholt U, Kordass B, Suchan M, Voss G. The virtual articulator. *Int J Comput Dent.* 2002 Apr-Jul;5(2-3):101-6.
25. Cramer von Clausbruch S, Faust A. Advanced crown and bridge design. *Int J Comput Dent.* 2003 Jul;6(3):293-302..
26. Reich S, Troeltzsch M, Denekas T, Wichmann M. Generation of functional Cerec 3D occlusal surfaces: a comparison of two production methods relevant in practice. *Int J Comput Dent.* 2004 Jul;7(3):229-38.
27. Maruyama T, Nakamura Y, Hayashi T, Kato K. Computer-aided determination of occlusal contact points for dental 3-D CAD. *Med Biol Eng Comput.* 2006 May;44(5):445-50.

28. Chen X, Lu E, Chen J, Wang C. [A mathematical model of 3-dimensional excursive movement of the mandible on Hanau articulator]. *Sheng Wu Yi Xue Gong Cheng Xue Za Zhi*. 2007 Jun;24(3):568-73.
29. Kiss G, Kiss P, Pácz M. [Determination and practical application of articulator related individual functional parameters. New method of measurement: virtual articulator and face-bow]. *Fogorv Sz*. 2007 Jun;100(3):121-7.
30. Ruge S, Kordass B. 3D-VAS--initial results from computerized visualization of dynamic occlusion. *Int J Comput Dent*. 2008;11(1):9-16.
31. Ogawa T, Ikawa T, Shigeta Y, Kasama S, Ando E, Fukushima S, Hattori A, Suzuki N. Virtual reality image applications for treatment planning in prosthodontic dentistry. *Stud Health Technol Inform*. 2011;163:422-4.
32. Ruge S, Quooss A, Kordass B. Variability of closing movements, dynamic occlusion, and occlusal contact patterns during mastication. *Int J Comput Dent*. 2011;14(2):119-27.
33. Shetty S, Shenoy KK, Sabu A. Evaluation of accuracy of transfer of the maxillary occlusal cant of two articulators using two facebow/semi-adjustable articulator systems: An in vivo study. *J Indian Prosthodont Soc*. 2016 Jul-Sep;16(3):248-52. doi: 10.4103/0972-4052.176525.
34. Romanos GE, Gaertner K, Nentwig GH. Long-term evaluation of immediately loaded implants in the edentulous mandible using fixed bridges and platform shifting. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2014 Aug;16(4):601-8. doi: 10.1111/cid.12032..
35. Alghazzawi TF. Advancements in CAD/CAM technology: Options for practical implementation. *J Prosthodont Res*. 2016 Apr;60(2):72-84. doi: 10.1016/j.jpor.2016.01.003.
36. Castro-Garcia M, Moreno-Cabello PÁ, Rubio-Paramio MÁ, Carranza-Cañadas P, Thompson GA. A hemispherical contact model for simplifying 3D occlusal surfaces. *J Prosthet Dent*. 2018 May;119(5):804-811. doi: 10.1016/j.prosdent.2017.06.023.
37. Yee SHX, Esguerra RJ, Chew AAQ, Wong KM, Tan KBC. Three-Dimensional Static Articulation Accuracy of Virtual Models-Part II: Effect of Model Scanner-CAD Systems and Articulation Method. *J Prosthodont*. 2018 Feb;27(2):137-144. doi: 10.1111/jopr.12725.

38. Nemli SK, Wolfart S, Reich S. InLab and Cerec Connect: virtual contacts in maximum intercuspation compared with original contacts--an in vitro study. *Int J Comput Dent*. 2012;15(1):23-31.
39. Yee SHX, Esguerra RJ, Chew AAQ, Wong KM, Tan KBC. Three-Dimensional Static Articulation Accuracy of Virtual Models - Part I: System Trueness and Precision. *J Prosthodont*. 2018 Feb;27(2):129-136. doi: 10.1111/jopr.12723.
40. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 1977 Mar;33(1):159-74.

ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: Articulador virtual - Precisão dos contatos oclusais observados em modelos virtuais em comparação com modelos reais.

Pesquisador: Iván Ricardo García Merino

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 78339917.2.0000.0075

Instituição Proponente: Universidade de São Paulo - Faculdade de Odontologia

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.523.013

Apresentação do Projeto:

Os autores mencionam que há uma tendência de se realizar restaurações com suporte em ciência da computação em ambiente virtual, tanto clínico como laboratorial, de modo que muitos estudos procuram avaliar a acurácia do articulador virtual, avaliando quais são seus benefícios reais com um foco especial nos contatos oclusais.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo da proposta é Medir in vitro a precisão dos contatos oclusais observados em modelos virtuais e comparar seus resultados aos obtidos em modelos reais montados em articuladores convencionais.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os autores descrevem os riscos e benefícios seguindo normativas da CONEP:

De acordo com os pesquisadores "o procedimento apresenta os mesmos riscos que são típicos dos procedimentos clínicos convencionais de moldagem com alginato, onde o material é preparado de acordo com as instruções do fabricante. Ou seja, espera-se leve desconforto em alguns pacientes durante a moldagem, porém os riscos são baixos, considerando-se a baixa complexidade do procedimento.

Os autores acrescentam que os benefícios desse estudo devem incluir: "O paciente terá como benefício a realização de uma análise da articulação temporomandibular (ATM) e da oclusão

Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 05.508-900
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)3091-7960 **Fax:** (11)3091-7814 **E-mail:** cepfo@usp.br

USP - FACULDADE DE ODONTOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE SÃO

Continuação do Parecer: 2.523.013

dentária, podendo detectar-se patologias oclusais e distúrbios temporomandibulares. Os resultados da avaliação serão apresentados e discutidos individualmente com cada paciente.

Metodologia

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa tem com objeto de estudo aspectos inovadores na área de reabilitação que necessitam ser observados e investigados pela academia. Os resultados dessa pesquisa podem contribuir sobremaneira com a área do conhecimento da Odontologia, especialmente da reabilitação oral.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos foram apresentados e seguem recomendações da CONEP: projeto completo, cronograma, TCLE, autorização da clínica na qual os participantes de pesquisa serão atendidos, informações básicas do projeto.

Recomendações:

Os autores realizaram as modificações sugeridas no último parecer, enviaram carta descrevendo tais alterações o que facilitou sobremaneira a elaboração deste parecer. O projeto não necessita de novas alterações.

Tendo em vista a legislação vigente, devem ser encaminhados ao CEP-FOUSP relatórios parciais anuais referentes ao andamento da pesquisa e relatório final, utilizando-se da opção "Enviar Notificação" (descrita no Manual "Submeter Notificação", disponível na Central de Suporte - canto superior direito do site www.saude.gov.br/plataformabrasil).

Qualquer alteração no projeto original deve ser apresentada "emenda" a este CEP, de forma objetiva e com justificativas para nova apreciação.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não há pendências.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_821421.pdf	18/02/2018 08:45:02		Aceito
Outros	MapeamentoDasAlteracoes.docx	18/02/2018 08:43:01	Iván Ricardo García Merino	Aceito
Projeto Detalhado	Projeto7.docx	18/02/2018	Iván Ricardo García	Aceito

Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 05.508-900

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3091-7960

Fax: (11)3091-7814

E-mail: cepfo@usp.br

USP - FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO

Continuação do Parecer: 2.523.013

/ Brochura Investigador	Projeto7.docx	08:39:42	Merino	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE6.docx	18/02/2018 08:39:17	Iván Ricardo García Merino	Aceito
Outros	autorizacion.pdf	03/10/2017 21:37:34	Iván Ricardo García Merino	Aceito
Folha de Rosto	arquivo_1401_0001.pdf	03/10/2017 21:20:55	Iván Ricardo García Merino	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO PAULO, 02 de Março de 2018

Assinado por:
Maria Gabriela Haye Biazevic
(Coordenador)

Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 05.508-900
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)3091-7960 **Fax:** (11)3091-7814 **E-mail:** cepfo@usp.br

ANEXO B– Autorização do Faculdade de Odontologia do Universidade Cental do Equador

UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
DECANATO

Oficio No. 0655 DFO-17
Quito, 30 de mayo de 2017

Doctor
Iván García
DOCENTE
FACULTAD DE ODONTOLOGIA
Presente

Señor Docente:

En atención a su oficio s/n de 29 de mayo de 2017, en el que solicita se le autorice tomar las impresiones a los alumnos que dicta clases en las materias de Prótesis Parcial Removable y Laboratorio Odontológico en la Facultad de Odontología de la Universidad Central del Ecuador con fines de desarrollar su trabajo de investigación en Sao Paulo - Brasil, al respecto me permito indicar que lo requerido, está autorizado.

Lo que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,

Dra. Blanca Real López
DECANA