República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) **PI 1002258-9 A2**

* B R P I 1 0 0 2 2 5 8 A 2 *

(22) Data de Depósito: 12/07/2010
(43) Data da Publicação: 20/03/2012
(RPI 2150)

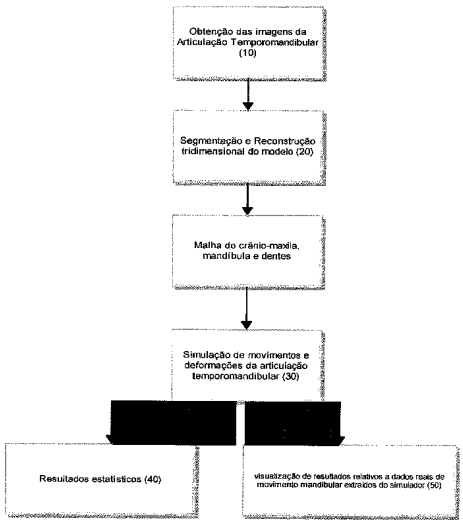
(51) Int.Cl.:
A61C 11/00
G06F 19/00
G05B 17/00

(54) Título: SISTEMA SIMULADOR DE AUXÍLIO AO DIAGNÓSTICO, PLANEJAMENTO PRÉ-CIRÚRGICO E ACOMPANHAMENTO DE TRATAMENTO BUCOMAXILOFACIAL

(73) Titular(es): Marta Becker Villamil

(72) Inventor(es): Marta Becker Villamil

(57) Resumo: SISTEMA SIMULADOR DE AUXÍLIO AO DIAGNÓSTICO, PLANEJAMENTO PRÉ-CIRÚRGICO E ACOMPANHAMENTO DE TRATAMENTO BUCOMAXILOFACIAL. É descrito um sistema simulador de auxílio ao diagnóstico, planejamento pré-cirúrgico e acompanhamento de tratamento bucomaxilofacial que compreende um módulo de aquisição e processamento das imagens médicas relacionadas à articulação temporomandibular (10) mediante ressonância magnética ou tomografia computadorizada em músculos, articulações e dentes; um módulo de reconstrução tridimensional do modelo (20) através de métodos de segmentação, modelagem geométrica e topológica de elementos básicos (ossos, músculos, dentes, etc); um módulo de simulação do movimento e deformação dos tecidos (30) da articulação temporomandibular mediante algoritmos convencionais para simulação de corpos humanos baseados em conceitos anatômicos; um módulo de resultados estatísticos (40) onde são extraídos dados do número de colisões e do número dos dentes onde ocorreram as colisões, a magnitude das forças musculares para a realização do movimento e a comparação de curvas de movimento antes e pós-tratamento; um módulo de visualização de resultados relativos a dados reais de movimento mandibular extraídos do simulador (50).



SISTEMA SIMULADOR DE AUXÍLIO AO DIAGNÓSTICO, PLANEJAMENTO PRÉ-CIRÚRGICO E ACOMPANHAMENTO DE TRATAMENTO BUCOMAXILOFACIAL

CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção diz respeito a um sistema simulador de auxílio ao diagnóstico, planejamento pré-cirúrgico e acompanhamento de tratamento bucomaxilofacial. Mais especificamente compreende um sistema de modelagem e simulação do sistema mastigatório de forma a prover um articulador virtual mandibular.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

A Articulação Temporomandibular, a ATM, é uma articulação dupla bilateral e é através dela que a mandíbula, único osso móvel do crânio, se conecta à base craniana.

Há um grande número de patologias relacionadas à ATM e isso se deve não só ao seu uso regular, mas também às grandes forças aplicadas pelos músculos e à grande variedade de movimentos que cada ATM é capaz de produzir. Dor de cabeça, dor na ATM durante a movimentação mandidular, sensação de travamento da mandíbula, estalos durante a mastigação, limitação de abertura da boca, dor em certas regiões da face e no ouvido e dificuldade na oclusão (fechamento) dos dentes, são alguns dos sintomas desta disfunção. Algumas das causas destas disfunções são os acidentes que envolvem a mandíbula, cabeça e pescoço ou doenças, como artrite.

Para diagnosticar as disfunções, uma das ferramentas essenciais são os articuladores. Os articuladores mecânicos para uso em odontologia têm como objetivo reproduzir as posições maxilo-mandibulares estáticas e dinâmicas com a finalidade de estudar a oclusão e suas patologias para auxílio ao diagnóstico e confecção de

aparelhos interoclusais e próteses. Seu uso é bastante complicado e trabalhoso pelo profissional da área médica.

Os articuladores mecânicos não são totalmente inter-cambiáveis, ou seja, um modelo de gesso montado em um articulador não terá a mesma acuidade nas posições se transferido a outro. Este fato ocorre devido aos erros de montagem e calibragem, além da variação dos materiais empregados e às diferentes marcas e modelos de articuladores (HATZI, P.; MILLSTEIN, P.; MAYA, A. Determining the accuracy of articulator interchangeability and hinge axis reproducibility. The Journal of prosthetic dentistry, [S.l.: s.n.]„ v.83, n.3, p.236–245, 2001).

Apesar dos modelos mais recentes já preverem um maior número de direção de movimento das ATMs, o modelo articular usado nestes dispositivos mecânicos ainda não é suficientemente realista, além de não contemplar a visualização de dados relativo às colisões entre as estruturas da articulação e entre as arcadas superior e inferior. Não é possível, também, simular os diversos padrões de mastigação que variam de pessoa para pessoa e os padrões que dependem do tipo de alimento (alimentos duros, moles, viscosos, etc). Existem dois fatores ainda mais problemáticos na simulação do movimento mandibular através de articuladores mecânicos: o primeiro é o de que todos eles simulam o movimento a partir da maxila e não da mandíbula, a parte inferior do molde que representa a mandíbula permanece estática enquanto a parte superior do molde que representa a maxila movimenta; o segundo fator diz respeito à impossibilidade de visualização do movimento no interior da junta, bastante útil para planejamento pré-cirúrgico desta articulação (as partes moldadas para serem colocadas no articulador são apenas as arcadas dentárias

inferior e superior, e não o conjunto dos ossos da mandíbula e crânio).

Os simuladores médicos têm auxiliado no ensino de procedimentos terapêuticos e de diagnóstico, assim como na representação de conceitos médicos e no processo de decisão de profissionais de saúde. Os simuladores têm sido desenvolvidos para procedimentos básicos desde a extração de sangue até cirurgia laparoscópica e de trauma. Também são importantes no auxílio à prototipagem de novos utensílios da engenharia biomédica. São aplicados à pesquisa e desenvolvimento de ferramentas úteis a novas terapias, tratamentos e diagnóstico precoce em medicina. O maior mérito do uso de simuladores está na diminuição da desnecessária alta frequência com que os pacientes sofrem com as adversidades clínicas advindas de mãos de médicos inexperientes.

Na maior parte dos simuladores médicos por computador, os componentes visuais do procedimento são reproduzidos por técnicas de computação gráfica, enquanto os componentes baseados em toque são reproduzidos por dispositivos de "*haptic feedback*" combinados com simulações físicas em resposta às ações do usuário. Simulações médicas desta natureza muitas vezes usam dados reais de Tomografia Computadorizada e Ressonância Magnética do paciente para aumentar o realismo.

Na modelagem de figuras humanas, o maior desafio tem sido a representação de suas características com o maior grau de realismo possível. As principais investigações nesta área situam-se na modelagem do movimento humano, deformações de músculos e pele, *rendering* realista da pele, olhos e cabelo e na modelagem das emoções e do comportamento humano. Através destas investigações se chega a simulações para posterior análise de muitas situações

envolvendo humanos, inclusive análises médicas. Estas simulações permitem que se derive informações dos modelos com o objetivo de predizer ou reproduzir comportamentos que seriam observados em situações reais.

Neste sentido, o sistema mastigatório propicia muitos aspectos para investigação, pois os eventos físicos que ocorrem neste sistema, durante a função e eventual disfunção são de difícil conceituação. A simulação dos elementos estruturais e funcionais que trabalham em conjunto é especialmente útil quando relaciona causa e efeito. As contrações de vários músculos de diferentes formas e tamanhos guiados por duas juntas torna, ainda, a cinemática e física do sistema não totalmente conhecido (LEMOINE, J. J.; XIA, J. J.; GATENO, J.; LIEBSCHNER, M. A. K. Radiographic Analysis for Jaw Motion Normalization. Journal of Oral Maxillofacial Surgery, [S.l.], v.63, p.961–967, 2005).

O uso de simuladores de movimento da mandíbula na educação em odontologia, no ajuste ortodôntico de oclusões, ou no planejamento pré-operatório de cirurgias craniofaciais pode ser extremamente útil, melhorando o diagnóstico e o tratamento pós-operatório.

A relação entre as ações musculares e o movimento mandibular é provavelmente o aspecto menos compreendido da biomecânica mandibular, apesar de seu significado importante. A mandíbula é um objeto que se move de acordo com leis dinâmicas. Possui atributos como massa, centro de massa e propriedades inerciais que não são geralmente descritos.

A oclusão é definida como qualquer contato entre as superfícies de incisão e/ou mastigação dos dentes superiores e inferiores

(ZWEMER, T. J. Boucher's Clinical Dental Terminology, ed 3 St Louis: Mosby, 1993). Contudo a oclusão tem sido mais bem definida como a relação dinâmica e morfológica e funcional entre todos os componentes do sistema mastigatório (McNEILL C. Ciência e Prática da Oclusão. 1 ed, Ed. Quintessence, São Paulo, 2000).

Não existe ainda um estudo matemático que analise a frequência e força das colisões e possibilite a modelagem deste complexo sistema. Um modelo completo do sistema mastigatório engloba, ainda, algumas investigações no que concerne a forças musculares, deformação de tecidos, formas de tratar colisões entre dentes e alimentos e uso de dispositivos de retorno de força para ajuste de oclusal.

Dessa forma, prover uma ferramenta que simule e reproduza os movimentos da articulação temporomandibular de forma realística, permitindo uma análise completa do caso em tratamento, incrementando o trabalho realizado pelos articuladores mecânicos, irá permitir aos profissionais entender a biomecânica mandibular, tal sistema simulador de auxílio ao diagnóstico, planejamento pré-cirúrgico e acompanhamento de tratamento bucomaxilofacial sendo descrito e reivindicado no presente pedido.

SUMÁRIO

De um modo geral, a presente invenção diz respeito a um sistema simulador de auxílio ao diagnóstico, planejamento pré-cirúrgico e acompanhamento de tratamento bucomaxilofacial.

É característica da invenção um sistema simulador de auxílio ao diagnóstico, planejamento pré-cirúrgico e acompanhamento de tratamento bucomaxilofacial que provê uma ferramenta para simulação e reprodução de movimentos da articulação e músculos e

colisões entre alimentos e dentes.

É característica da invenção um sistema simulador de auxílio ao diagnóstico, planejamento pré-cirúrgico e acompanhamento de tratamento bucomaxilofacial que permite uma análise completa do caso numa fase de diagnóstico ou permite antever o resultado de procedimentos, inclusive cirúrgicos.

É característica da invenção um sistema simulador de auxílio ao diagnóstico, planejamento pré-cirúrgico e acompanhamento de tratamento bucomaxilofacial que vem a substituir e incrementar de maneira inovadora o trabalho que é realizado pelos articuladores mecânicos.

É característica da invenção um sistema simulador de auxílio ao diagnóstico, planejamento pré-cirúrgico e acompanhamento de tratamento bucomaxilofacial que provê visualização realística (com total liberdade) da forma da estrutura e também dos movimentos da articulação através de animação computacional, possibilitando obter ângulos estratégicos para a avaliação da oclusão dentária, por exemplo.

É característica da invenção um sistema simulador de auxílio ao diagnóstico, planejamento pré-cirúrgico e acompanhamento de tratamento bucomaxilofacial que permite a modificação de parâmetros para incluir diferentes padrões de mastigação conforme o tipo de alimento, por exemplo.

É característica da invenção um sistema simulador de auxílio ao diagnóstico, planejamento pré-cirúrgico e acompanhamento de tratamento bucomaxilofacial que permite a extração de dados estatísticos relativos ao movimento.

É característica da invenção um sistema simulador de auxílio ao

diagnóstico, planejamento pré-cirúrgico e acompanhamento de tratamento bucomaxilofacial que permite a comparação gráfica dos caminhos de movimento para verificação do andamento do tratamento.

É característica da invenção um sistema simulador de auxílio ao diagnóstico, planejamento pré-cirúrgico e acompanhamento de tratamento bucomaxilofacial que provê a simplificação da parametrização do modelo através de dados numéricos extraídos de cefalometria, e não de ajustes mecânicos ou a partir da confecção de moldes de gesso como nos articuladores tradicionais, reduzindo substancialmente os erros e o trabalho médico.

É característica da invenção um sistema simulador de auxílio ao diagnóstico, planejamento pré-cirúrgico e acompanhamento de tratamento bucomaxilofacial que provê uma ferramenta didática para treinamento do ajuste oclusal (correto ajuste da dinâmica de todos os componentes do sistema mastigatório) e melhor compreensão dos detalhes da ATM.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A figura 1 apresenta diagrama representativo dos módulos do sistema.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

O simulador de auxílio ao diagnóstico, planejamento pré-cirúrgico e acompanhamento de tratamento bucomaxilofacial, objeto da presente invenção, objetiva simular o movimento da articulação temporomandibular de forma a representar as características individuais de movimento e a inter-relação de movimento entre as ATMs esquerda e direita, provendo um simulador de movimento mandibular baseado em imagens médicas que visa reduzir

significativamente as várias limitações do articulador mecânico.

Os dados extraídos do modelo aliados à visualização e análise dos caminhos de movimento que a mandíbula descreve no interior de suas articulações, permitem que estudantes da área médica e odontológica possam ter uma maior compreensão de como forma e função interagem neste sistema, com a descrição do movimento de forma clara em termos de rotações em cada ATM e translações da mandíbula.

O simulador de auxílio ao diagnóstico, planejamento pré-cirúrgico e acompanhamento de tratamento bucomaxilofacial, objeto da presente invenção, compreende a construção de um modelo do sistema mastigatório em módulos básicos definidos como: obtenção das imagens médicas (10); reconstrução tridimensional do modelo (20) e simulação de movimento e deformações (30), resultados estatísticos (40) e visualização de resultados relativos a dados reais de movimento mandibular extraídos do simulador (50).

O módulo de aquisição e processamento das imagens médicas relacionadas à articulação temporomandibular (10) prevê exames de ressonância magnética ou tomografia computadorizada em músculos, articulações e dentes a fim de obter ditas imagens para a reconstrução tridimensional das partes que compõem o corpo humano.

A representação tridimensional pode ser feita na forma de fatias bidimensionais baseadas em pixels ou por matrizes tridimensionais, ambos fornecidos por um captador de imagens ou através do uso de um scanner 3D em um molde de gesso de uma arcada real.

Em um segundo módulo, é realizada a reconstrução tridimensional do modelo (20) através de métodos de segmentação,

modelagem geométrica e topológica de elementos básicos (ossos, músculos, dentes, etc.). Neste módulo, o usuário pode reconstruir a parte dos ossos e dentes ou os músculos ou escolher uma prótese e ajustá-la no modelo.

O terceiro módulo consiste na simulação do movimento e na deformação dos tecidos (30) da articulação temporomandibular mediante algoritmos convencionais para simulação de corpos humanos baseados em conceitos anatômicos.

Neste terceiro módulo é possível simular o tipo de movimento desejado, tal como abertura da mandíbula, fechamento da mandíbula ou mastigação. Quanto à mastigação, é possível definir a quantidade de alimento e a consistência, com variação entre 0 e 1.

No módulo de resultados estatísticos (40) são extraídos dados do número de colisões e do número dos dentes onde ocorreram as colisões, a magnitude das forças musculares para a realização do movimento e a comparação de curvas de movimento antes e pós-tratamento.

O último módulo compreende a visualização de resultados relativos a dados reais de movimento mandibular extraídos do simulador (50) a partir do conjunto das imagens obtidas na etapa de aquisição e processamento de imagens médicas (10), sob a forma tridimensional, com o movimento mandibular em tempo real durante a simulação, além das curvas de movimento e colisões entre ossos e entre dentes. O sistema permite a aproximação em pontos específicos e a rotação da imagem.

REIVINDICAÇÕES:

1. SISTEMA SIMULADOR DE AUXÍLIO AO DIAGNÓSTICO, PLANEJAMENTO PRÉ-CIRÚRGICO E ACOMPANHAMENTO DE TRATAMENTO BUCOMAXILOFACIAL caracterizado por compreender:

um módulo de aquisição e processamento das imagens médicas relacionadas à articulação temporomandibular (10) mediante ressonância magnética ou tomografia computadorizada em músculos, articulações e dentes;

um módulo de reconstrução tridimensional do modelo (20) através de métodos de segmentação, modelagem geométrica e topológica de elementos básicos (ossos, músculos, dentes, etc);

um módulo de simulação do movimento e deformação dos tecidos (30) da articulação temporomandibular mediante algoritmos convencionais para simulação de corpos humanos baseados em conceitos anatômicos;

um módulo de resultados estatísticos (40) onde são extraídos dados do número de colisões e do número dos dentes onde ocorreram as colisões, a magnitude das forças musculares para a realização do movimento e a comparação de curvas de movimento antes e pós-tratamento;

um módulo de visualização de resultados relativos a dados reais de movimento mandibular extraídos do simulador (50) a partir do conjunto das imagens obtidas na etapa de aquisição e processamento de imagens médicas (10), sob a forma tridimensional, com o movimento mandibular em tempo real durante a simulação, além das curvas de movimento e colisões entre ossos e entre dentes.

2. SISTEMA SIMULADOR DE AUXÍLIO AO DIAGNÓSTICO, PLANEJAMENTO PRÉ-CIRÚRGICO E ACOMPANHAMENTO DE TRATAMENTO BUCOMAXILOFACIAL, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato da representação tridimensional do módulo de aquisição e processamento das imagens médicas relacionadas à articulação temporomandibular (10) ser baseada em pixels ou em matrizes tridimensionais.

3. SISTEMA SIMULADOR DE AUXÍLIO AO DIAGNÓSTICO, PLANEJAMENTO PRÉ-CIRÚRGICO E ACOMPANHAMENTO DE TRATAMENTO BUCOMAXILOFACIAL, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato do módulo de simulação do movimento e deformação dos tecidos (30) permitir a simulação da abertura da mandíbula, fechamento da mandíbula ou mastigação.

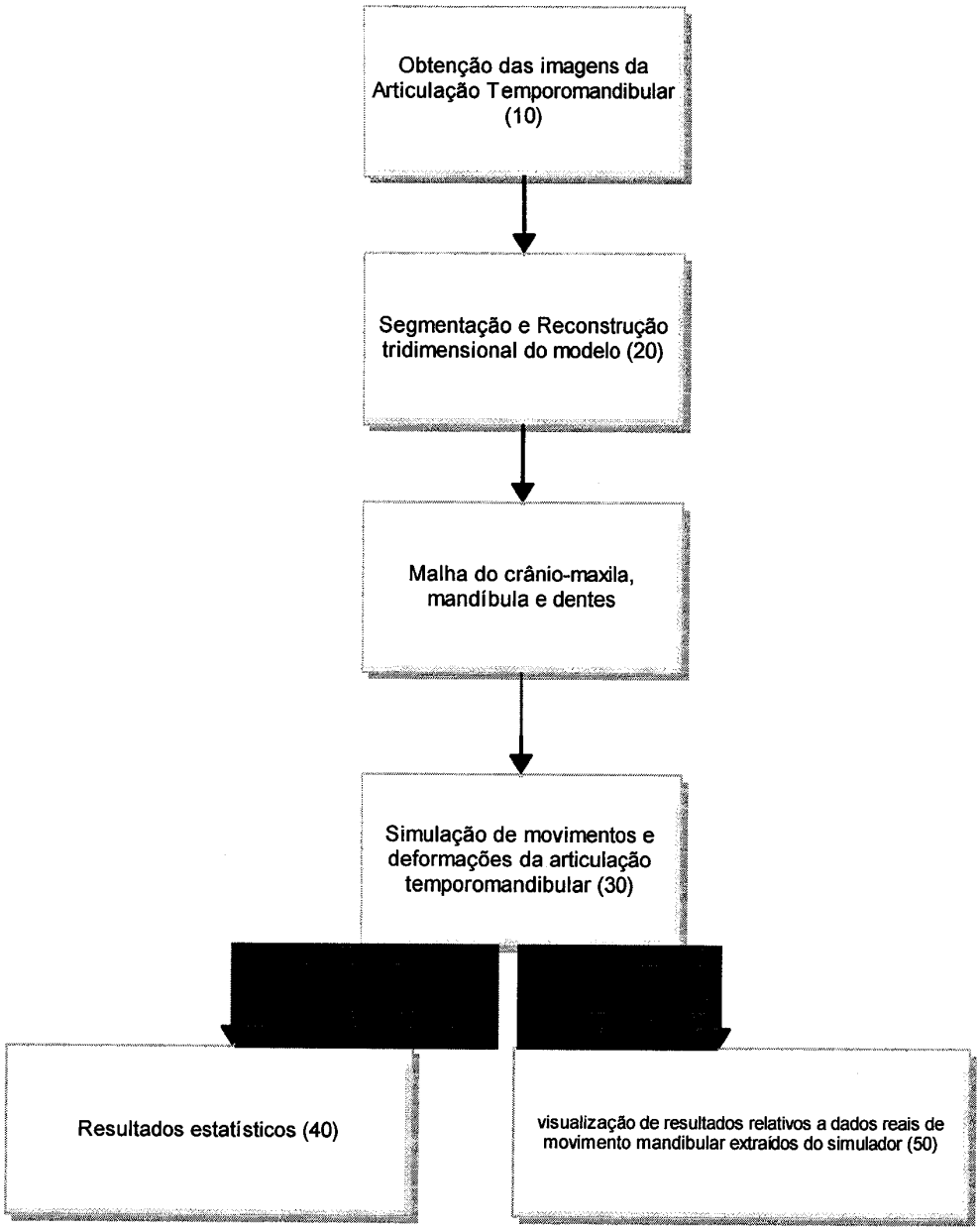

Obtenção das imagens da Articulação Temporomandibular (10)
Segmentação e Reconstrução tridimensional do modelo (20)
Malha do crânio-maxila, mandíbula e dentes
Simulação de movimentos e deformações da articulação temporomandibular (30)
Resultados estatísticos (40)
visualização de resultados relativos a dados reais de movimento mandibular extraídos do simulador (50)

Fig. 1

RESUMO

SISTEMA SIMULADOR DE AUXÍLIO AO DIAGNÓSTICO, PLANEJAMENTO PRÉ-CIRÚRGICO E ACOMPANHAMENTO DE TRATAMENTO BUCOMAXILOFACIAL

É descrito um sistema simulador de auxílio ao diagnóstico, planejamento pré-cirúrgico e acompanhamento de tratamento bucomaxilofacial que compreende um módulo de aquisição e processamento das imagens médicas relacionadas à articulação temporomandibular (10) mediante ressonância magnética ou tomografia computadorizada em músculos, articulações e dentes; um módulo de reconstrução tridimensional do modelo (20) através de métodos de segmentação, modelagem geométrica e topológica de elementos básicos (ossos, músculos, dentes, etc); um módulo de simulação do movimento e deformação dos tecidos (30) da articulação temporomandibular mediante algoritmos convencionais para simulação de corpos humanos baseados em conceitos anatômicos; um módulo de resultados estatísticos (40) onde são extraídos dados do número de colisões e do número dos dentes onde ocorreram as colisões, a magnitude das forças musculares para a realização do movimento e a comparação de curvas de movimento antes e pós-tratamento; um módulo de visualização de resultados relativos a dados reais de movimento mandibular extraídos do simulador (50).