LÍVIA MORELLI VIEIRA

**Prótese óculopalpebral com captação de movimento palpebral: proposta
de dispositivo mecânico**

São Paulo

2016

LÍVIA MORELLI VIEIRA

**Prótese óculopalpebral com captação de movimento palpebral: proposta
de dispositivo mecânico**

Versão Corrigida

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

Área de Concentração: Prótese
Bucomaxilofacial

Orientador: Prof. Dr. Reinaldo Brito e
Dias

São Paulo

2016

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

Vieira, Lívia Morelli

Prótese óculopalpebral com captação de movimento palpebral: proposta de dispositivo mecânico / Lívia Morelli Vieira ; orientador Reinaldo Brito e Dias. -- São Paulo, 2016.

68p. : Ilus.; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) -- Programa de Pós-Graduação em Ciências. Área de Concentração: Prótese Buco-Maxilo-Facial. -- Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

Versão corrigida

1. Prótese Maxilofacial. 2. Olho artificial. 3. Reabilitação. 4. Desenho de prótese. I. Dias, Reinaldo Brito e. II. Título.

Vieira LM. Prótese óculopalpebral com captação de movimento palpebral: proposta de dispositivo mecânico. Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Aprovado em: / /2016

Banca Examinadora

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Dedico este trabalho aos meus pais Mári Morelli e Antonio Vieira, à minha irmã Isabela Morelli Vieira e à minha afilhada Julia Haru Ferraresi Fujimoto. Vocês são os grandes responsáveis pela minha formação pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Reinaldo Brito e Dias pela atenção e apoio durante todo o curso de mestrado.

À Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo pela oportunidade de realizar o curso de mestrado e por ser minha segunda casa desde a graduação.

Ao Professor Marcos Ribeiro Pereira Barretto e Paulo Victor Oguro pela contribuição e pelo primeiro passo nesse trabalho tão grandioso.

Aos meus colegas de pós-graduação Marina Leite Pimentel, Valéria Tognato Costa, Paulo Eduardo Damiani, Ivan Onone Gialain pelo companheirismo e por estarem sempre presentes durante toda essa caminhada.

Aos Professores do Departamento de Cirurgia, Prótese e Traumatologia Maxilofaciais da Faculdade de Odontologia Profa. Dra. Márcia André, Prof. Dr. Dorival Pedroso da Silva, Profa. Dra. Beatriz Silva Câmara Matos e Prof. Dr. Antonio Carlos Lorenz Saboya.

Às queridas Profa. Dra. Neide Pena Coto e Profa. Dra. Cleusa Aparecida C. Geraldini que acompanham meus passos desde a graduação, estágios e todo o curso de mestrado contribuindo grandemente com a minha formação profissional e pessoal.

Aos funcionários do Departamento de Cirurgia, Prótese e Traumatologia Maxilofaciais pela ajuda e serviços prestados: Alzira Alvez, Édson Henrique Vicente, Genival José dos Santos, Paulo Sérgio Andermarchi, Ana Lúcia Martins Figueira, Belira de Carvalho Silva, Dequias Alves dos Santos Filho e Carlos de Falco.

A todos aqueles que contribuíram de alguma forma na realização deste trabalho.

“Todo grande progresso da ciência resultou de uma nova audácia da imaginação.”

John Dewey

RESUMO

Vieira LM. Prótese óculopalpebral com captação de movimento palpebral: proposta de dispositivo mecânico [dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2016. Versão Corrigida.

Introdução: A reconstrução de grandes defeitos da face nem sempre é passível de correção cirúrgica, podendo ser restaurados com as próteses faciais. Apesar da prótese óculopalpebral apresentar uma aparência natural, ela é facilmente notada, pois não apresenta os movimentos palpebrais de abertura e fechamento sincronizadas com o olho contralateral, tornando assim a reconstrução protética um grande desafio. **Objetivos:** Planejar, desenhar, viabilizar e construir um protótipo com recurso mecânico/elétrico possibilitando sincronia dos movimentos palpebrais com o olho sadio para utilização em prótese óculopalpebral. **Material e Métodos:** Confeção de uma prótese óculopalpebral com um dispositivo de pálpebra móvel em silicone médico capaz de conectar-se a um sistema mecânico-elétrico responsável por realizar movimentos de abertura e fechamento da pálpebra móvel da prótese. **Resultados e Discussão:** Foi confeccionada uma prótese óculo-palpebral em resina acrílica termicamente ativada, criando-se um nicho para a acomodação de um sistema elétrico e possibilitar a livre movimentação de uma fina pálpebra em silicone interligada ao dispositivo tornando possível a conexão desse sistema com um sensor que capta o movimento palpebral de um olho saudável. **Conclusão:** No presente estudo um protótipo mecânico - elétrico foi planejado, desenhado e desenvolvido acoplado a uma prótese óculopalpebral estabelecendo e sincronizando seus movimentos palpebrais com o olho sadio.

Palavras-chave: Prótese Maxilofacial. Olho artificial. Reabilitação. Desenho de prótese.

ABSTRACT

Vieira LM. Oculopalpebral prosthesis with eyelid motion capture: mechanical appliance proposition [dissertation]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2016. Versão Corrigida.

Introduction: Surgical reconstruction of large facial defects may not be always possible. Extraoral maxillofacial prosthesis are a good restorative option. Even though when the oculopalpebral prosthesis presents a natural appearance, it can be easily noticed because its eyelids do not move. It is desirable for the eyelids to open and close synchronously with contralateral eye. Thus, prosthetic reconstruction of oculopalpebral region is a great challenge. **Objectives:** To plan, design, enable and build a oculopalpebral prosthesis prototype with mechanical and electric features allowing eyelid motion with synchronization with the sound eye. **Material and method:** Fabrication of an oculopalpebral prosthesis with a medical grade silicone movable eyelid which has the capability to connect itself to an mechanical-electrical system responsible to make opening and closing movements on prosthesis movable eyelid. **Results and discussion:** An oculopalpebral prosthesis was made in thermoactivated acrylic resin. A gap was created to accommodate an electrical system and also allow free motion of a thin silicone eyelid attached to the dispositive. This system can be connected to a sensor which captured the eyelid motion of a sound eye. **Conclusion:** A mechanical-electrical prototype was planned, designed and developed attached to an oculopalpebral prosthesis establishing and synchronizing its eyelid movements with the sound eye.

Keywords: Maxillofacial prosthesis. Eye, artificial. Rehabilitation. Prosthesis Design.

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 – Eletrooculografia.....	26
Figura 4.2 – Sistema EyeSeeCam.....	27
Figura 4.3 – Oculografia por infravermelho.....	29
Figura 6.1 – Pálpebra em látex – posição aberta.....	31
Figura 6.2 – Pálpebra em látex – posição fechada.....	32
Figura 6.3 – Motor piezelétrico Squiggle.....	34
Figura 6.4 – Motor solenoide Robot Geek.....	35
Figura 6.5 – Micromotor DC 0615 S da MicroMo.....	35
Figura 6.6 – Micromotor Firgelli Automotion.....	36
Figura 7.1 – Manequim pré-fabricado.....	40
Figura 7.2 – Moldagem em alginato com reforço em gesso comum.....	41
Figura 7.3 – Moldagem.....	41
Figura 7.4 – Simulação de perda óculopalpebral.....	42
Figura 7.5 – Modelo final com perda óculopalpebral.....	42
Figura 7.6 – Detalhe do modelo em gesso.....	43
Figura 7.7 – Processo de escultura da prótese óculopalpebral.....	44
Figura 7.8 – Escultura da prótese óculopalpebral.....	44
Figura 7.9 – Detalhe da escultura da prótese óculopalpebral.....	45
Figura 7.10 – Escultura finalizada com pino de retenção para inclusão em mufla.....	45

Figura 7.11 – Detalhe da escultura finalizada com pino de retenção para	
Inclusão em mufla.....	46
Figura 7.12 Porção interna da prótese onde será incluído o motor.....	46
Figura 7.13 – Inclusão em mufla.....	46
Figura 7.14 – Abertura da mufla após acrilização da prótese.....	47
Figura 7.15 – Detalhe da escavação por onde irá passar a pálpebra móvel....	47
Figura 7.16 – Parte posterior da prótese.....	48
Figura 7.17 – Inclusão do papel cartão em mufla.....	49
Figura 7.18 – Mufla após retirada do papel cartão.....	49
Figura 7.19 – Contra-mufla após a retirada do papel cartão.....	49
Figura 7.20 – Proporção de silicone base e catalisador Silastic® MDX4 – 4210	
Dow Corning®	50
Figura 7.21 – Manipulação do silicone Silastic® MDX4 – 4210 Dow	
Corning®	50
Figura 7.22 – Inclusão do silicone Silastic® MDX4 – 4210 Dow Corning®	
em mufla.....	50
Figura 7.23 – Mufla após a prensagem e abertura.....	51
Figura 7.24 – Dispositivo em fio de aço da pálpebra móvel.....	51
Figura 7.25 – Parte posterior do dispositivo em fio de aço da pálpebra	
móvel.....	52
Figura 7.26 – Dispositivo de pálpebra móvel.....	52
Figura 8.1 – Sistema de oculografia por infravermelho acoplado aos óculos..	53
Figura 8.2 – Vista posterior do dispositivo de pálpebra móvel inserido na	

prótese.....	54
Figura 8.3 – Vista anterior do dispositivo de pálpebra móvel em posição fechada.....	55
Figura 8.4 – Vista anterior do dispositivo de pálpebra móvel em posição aberta.....	55
Figura 8.5 – Pálpebra móvel com cílios artificiais.....	56
Figura 8.6 – Detalhe da pálpebra móvel caracterizada com cílios postiços.....	56
Figura 8.7 – Pálpebra em silicone caracterizada com cílios postiços em posição semi-aberta.....	57
Figura 8.8 – Detalhe pálpebra em silicone vista ínfero-anterior.....	57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SUS	Sistema Único de Saúde
EOG	eletrooculography
LED	light emitting diode
CAD/CAM	computer aided design/computer aided manufacturing
LME	Laboratório de Microeletrônica

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1 Etiologia das perdas faciais.....	17
2.1.1 Traumas Físicos	17
2.1.2 Infecções	18
2.1.3 Neoplasias Malignas e Benignas.....	18
2.2 Cirurgia.....	19
2.3 Prótese.....	19
2.3.1 Meios de Retenção	20
2.4 Movimento palpebral	20
2.5 Primeira prótese com movimento palpebral	21
2.6 Segunda prótese com movimento palpebral	21
3. PROPOSIÇÃO	23
4. MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1 Seleção do componente elétrico	24
4.2 Seleção dos possíveis casos.....	24
4.3 Seleção da identificação do movimento	25
4.3.1 Identificação do movimento palpebral	25
5. CONFECÇÃO DO DISPOSITIVO ELÉTRICO	30
6. CONFECÇÃO DA PRÓTESE	31
6.1 Pálpebra de látex	31
6.2 Limitações	32
6.3 Pálpebra fina de silicone.....	33
6.4 Andamento da parte mecânica	33
6.4.1 Atuador.....	33
6.4.2 Critérios para escolha do atuador.....	36

6.4.3 Restrições.....	37
6.5 Confeção da prótese	37
6.6 Design mecânico.....	38
6.7 Design elétrico/eletrônico	38
6.8 Projeto da Pálpebra Móvel.....	39
7. DESENVOLVIMENTO.....	40
7.1 Pálpebra em silicone:	48
8. RESULTADOS	53
9. DISCUSSÃO	58
10. CONCLUSÃO.....	59
REFERÊNCIAS.....	60
ANEXOS	65

1 INTRODUÇÃO

A perda na região óculopalpebral é ampla, ou seja, além da perda do globo ocular, também acomete os tecidos adjacentes: pálpebras, músculos, pele e osso, gerando assim grande impacto estético, funcional, social e psíquico aos pacientes acometidos (1). Pode ser de origem traumática, patológica ou até mesmo congênita (2).

Como esse tipo de perda se dá em região facial, os portadores da mesma estão sujeitos a um grande constrangimento por ter sua estética afetada, devido ao comprometimento da simetria facial decorrente dessa deformação, sendo de extrema importância a sua reabilitação (3, 4).

A reconstrução de grandes defeitos da face nem sempre é passível de correção cirúrgica, podendo ser restaurados com as próteses faciais (5, 6).

Uma prótese óculopalpebral consiste em um olho artificial que tem como princípio mimetizar o mais próximo possível o olho natural de um indivíduo acometido por essa perda (7).

Apesar da prótese óculopalpebral apresentar uma aparência natural, ela é facilmente notada, pois a mesma não apresenta os movimentos de pálpebras com abertura e fechamento sincronizadas com o olho contralateral, tornando assim a reconstrução protética um grande desafio (7).

A confecção de uma prótese reabilitadora facial tem como princípio compensar a perda tecidual, melhorando a qualidade de vida dos pacientes acometidos (6). Importantes fatores psicológicos estão envolvidos, influenciando assim nas interações sociais e qualidade de vida desses pacientes (8).

Apesar das dificuldades na reabilitação, principalmente pelo grande impacto estético ocasionado por esse tipo de perda, a mesma se faz extremamente necessária para que os indivíduos acometidos por essa deformidade possam ser reinseridos na sociedade, devolvendo assim sua autoestima e qualidade de vida (4, 7).

Embora a prótese apresente grande melhora na estética facial, ela não devolve a função do órgão perdido (7), sendo utilizada unicamente como forma

de chamar menos atenção para a grande perda facial, garantindo um maior conforto ao paciente em sua reinserção social.

O sucesso de um tratamento reabilitador exige dos profissionais envolvidos pleno conhecimento dos princípios que fundamentam a harmonia facial, correspondência de cores, ancoragem, retenção, peso da prótese, durabilidade e resistência dos materiais utilizados, compressão e tolerância dos tecidos (9).

Fatores que podem atrapalhar no processo reabilitador, envolvem as relações interpessoais e expectativas do paciente (9).

Os resultados da prótese são limitados pelos materiais escolhidos na sua confecção e propriedades físicas e mecânicas adequadas a cada caso (5).

Dentre as limitações para a confecção de uma prótese óculopalpebral há tamanho e profundidade da cavidade, meios de retenção a serem utilizados, dissimulação do lado contralateral, estética, movimentos de abertura e fechamento. Algumas dessas limitações dependem exclusivamente da perda e como foi conduzida a cirurgia e se necessitou de radioterapia. Já o movimento de abertura e fechamento palpebral, depende de um estudo multiprofissional.

Pesquisas na área da Prótese Bucomaxilofacial sempre buscam superar as limitações de uma reabilitação. Seguindo esta linha de estudo, procurou-se por meio de uma interação multiprofissional com o Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, propor um dispositivo mecânico que auxilie na dissimulação da falta de movimentação palpebral da prótese óculo-palpebral.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Desde a antiguidade já havia uma preocupação em reabilitar indivíduos acometidos por perdas de estruturas corporais e faciais (9-11).

Antigas civilizações têm fundamentadas em sua história a grande preocupação com a beleza e a estética, sendo encontradas evidências de próteses que foram utilizadas na reabilitação de perdas faciais (9-11).

Há indícios históricos de que antigos Etruscos já se preocupavam com reabilitações maxilofaciais (9).

No Egito, múmias foram encontradas com olhos artificiais utilizando-se pedras preciosas (9).

Na China e Índia, há relatos de olhos e narizes artificiais (9).

Na Índia, cortar o nariz era uma forma de punição, sendo necessária a utilização de recursos reabilitadores (9).

2.1 Etiologia das perdas faciais

Uma das principais causas das perdas faciais é ocasionada pelo tratamento cirúrgico de neoplasias, sejam elas benignas ou malignas, porém esses defeitos podem ser ocasionados por diversos outros fatores, como infecções e traumas (12).

2.1.1 Traumas Físicos (4, 13-15)

- Acidentes diversos
- Ferimentos por arma de fogo

2.1.2 Infecções (16-27)

- Lepra
- Actinomicose
- Noma
- Mucormicose
- Coccidioidomicose
- Blastomicose
- Rinosporidiose
- Zigomicose
- Aspergilose
- Leshmaniose Americana
- Leishmaniose Brasileira
- Miíase

2.1.3 Neoplasias Malignas e Benignas (27-30)

- Carcinoma Epidermóide
- Melanoma
- Retinoblastoma
- Tumores Malignos de cavidades sinonasais

2.2 Cirurgia (4, 27)

A cirurgia que leva à perda de estruturas óculopalpebrais é denominada exenteração e envolve as seguintes estruturas:

- Globo ocular
- Pálpebra superior
- Pálpebra inferior
- Músculos
- Pele
- Osso
- Nervos e vasos adjacentes

2.3 Prótese

A prótese de eleição para a perda em questão é a óculopalpebral que compreende restituir os tecidos perdidos, devolvendo estética ao paciente acometido por essa perda (31).

O objetivo desta prótese é a melhora na estética facial, não sendo possível devolver a função do órgão perdido (7).

2.3.1 Meios de Retenção (32, 33)

Os principais meios de retenção dessas próteses são:

- Adesivos
- Rebaixados anatômicos
- Óculos
- Imãs
- Implantes osseointegráveis
- Combinação de um ou mais dos itens anteriores

Utilizam-se também alguns recursos para dissimular a linha de término dessa prótese, como óculos com a armação pré-definida de acordo com a extensão dessa prótese (33).

2.4 Movimento palpebral

O movimento palpebral varia de acordo com sexo e idade, sendo que em um indivíduo saudável, tem em média a duração entre 150 ms e 250 ms (34, 35).

A frequência e a duração do movimento palpebral são dois parâmetros importantes para o direcionamento deste projeto.

2.5 Primeira prótese com movimento palpebral (7)

A primeira prótese com movimento palpebral relatada na literatura foi confeccionada na Universidade de Wiscosin-Madison como um trabalho de conclusão de curso, porém essa prótese não apresentava sincronia com o olho normal do paciente, pois o intuito do trabalho era o mecanismo do movimento palpebral e não a sua sincronia.

Inicialmente foi selecionado o acionamento eletromagnético da prótese, levando-se em consideração que este sistema teria um rendimento superior ao acionamento por motor de corrente contínua, porém ao fabricarem o protótipo, os resultados não foram satisfatórios.

Como o acionamento eletromagnético não obteve os resultados esperados para o acionamento da prótese, utilizou-se um motor de corrente contínua em sua substituição.

O custo total (cerca de \$500 a \$1000) para a confecção dessa prótese e os problemas com relação ao volume total do sistema inviabiliza a sua utilização.

2.6 Segunda prótese com movimento palpebral (36)

Na mesma Universidade foi desenvolvida uma prótese sincronizada com o olho normal do paciente, optando-se pela oculografia por radiação infravermelha para a captação do movimento.

Esse sistema de captação mostrou-se inócuo ao paciente, bem como a simplicidade de técnica e por ser discreto, tornou-se o método de eleição para a captação do movimento palpebral do olho são.

O mecanismo é acionado por um servomotor e controlado por uma placa do tipo Arduino.

Apesar do custo ser mais baixo que o estudo anterior (cerca de \$500), ainda apresenta um valor alto para implementação clínica, principalmente pelo sistema público.

O volume do motor utilizado limita o uso dessa técnica, não sendo possível a sua utilização em pacientes com perdas pequenas, pois o mesmo ficaria visível.

Além do volume final e do custo ainda elevados, o motor produz um ruído ao ser acionado, sendo necessária a busca por um sistema mais silencioso e economicamente viável para sua reprodução clínica.

3 PROPOSIÇÃO

Planejar, desenhar, viabilizar e construir um protótipo com recurso mecânico/elétrico possibilitando sincronia dos movimentos palpebrais com o olho sadio para utilização em prótese óculopalpebral.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Seleção do componente elétrico

O componente elétrico deve ser pequeno o suficiente para que seja possível ser introduzido no interior da prótese, não apresentar ruído, ser facilmente dissimulado pela prótese e ter um custo acessível ao Sistema Único de Saúde (SUS).

Cada indivíduo acometido por uma perda óculopalpebral possui características únicas, sendo complexo mensurar um volume ideal para uma prótese óculopalpebral automatizada.

Para contemplar o maior número possível de pacientes a se beneficiarem pelo sistema, o mesmo deve possuir o menor volume e peso possíveis, garantindo assim o seu uso em diversas situações em que o tamanho e profundidade das cavidades diferem de acordo com a perda de cada caso.

O fator peso deve ser considerado levando-se em conta que na maioria dos casos, o sistema de retenção principal é o adesivo, portanto a prótese deve ser compatível com a capacidade de fixação desse meio, não interferindo na posição dessa prótese ao longo do dia. Além de interferir na fixação, o peso final do sistema não deve interferir no conforto do paciente, sendo uma prótese o mais leve possível, garantindo uma melhor adaptação.

4.2 Seleção dos possíveis casos

Uma cavidade orbital é limitada a aproximadamente 16,4 cm³ e além do espaço limitado, a prótese deve ser confeccionada em materiais resistentes às condições de temperatura de pressão, considerando uma temperatura de 37°C

da pele humana que estará diretamente em contato com o material da prótese e o mais importante: ser segura para o uso no dia a dia do paciente (7).

Devido à utilização de um motor que deve ser ocultado pela própria prótese, os possíveis casos selecionados para a implementação desse sistema fica limitado à amplitude da cavidade a ser reabilitada, não sendo possível a contemplação de todos os casos de reabilitação de região óculo-palpebral.

O uso de qualquer componente externo deve ser o menor possível, possibilitando assim que futuros pesquisadores possam usufruir deste trabalho para aprimoramento de técnica (7).

4.3 Seleção da identificação do movimento

4.3.1 Identificação do movimento palpebral

O grande desafio na detecção do movimento palpebral é o atraso gerado entre o olho normal e a prótese. Esse atraso compromete a dissimulação da prótese e o mesmo deve ser minimizado de modo que o motor seja acionado e a movimentação da prótese ocorra de maneira natural em sincronia com o olho são (37).

O sistema de eleição para a detecção do movimento palpebral por ser obrigatoriamente localizado no exterior da prótese, deve ser passivo de dissimulação para que o mesmo não chame atenção pela sua dimensão e não deve ser invasivo ao paciente (37).

Para a identificação do movimento palpebral, algumas técnicas já foram desenvolvidas e aperfeiçoadas. As mais utilizadas são: eletrooculografia (34, 38-40), vídeo-oculografia (36, 41-43) e oculografia por infravermelho (44-47).

- **EOG(eletrooculografia)**

Esse método é uma variação da eletroencefalografia. A eletrooculografia mede através de eletrodos, a atividade elétrica na região próxima aos olhos. É possível estimar a direção do olhar e o movimento palpebral à partir do potencial de repouso da retina (Figura 4.1).

Para fazer a medição, pares de eletrodos são colocados acima e abaixo ou nas laterais do olho. O movimento do olho provoca uma variação da diferença de potencial medida pelos eletrodos e assumindo que o potencial de repouso é constante, pode-se estimar a posição do olho.

Por ser pouco discreto e considerado invasivo pelo uso de eletrodos, a eleição desse método acaba sendo inviabilizada, pois o objetivo deste trabalho é propor um dispositivo que seja o mais discreto e dissimulado possível, além de não ser invasivo ao usuário.

Figura 4.1 - Eletrooculografia (37)

- **Vídeo-oculografia**

O movimento palpebral também pode ser detectado por meio de uma câmera digital simples. As câmeras atuais capturam imagens numa taxa de 30 frames/s e o movimento palpebral tem em média uma duração de 150 ms e 250 ms, implicando num período de 33,33 ms entre frames. Para que o sinal possa ser reconstruído, segundo o teorema de Nyquist- Shannon, a frequência de amostragem tem que ser no mínimo duas vezes mais rápida, sendo que as câmeras digitais, as imagens são capturadas numa frequência no mínimo de quatro vezes a frequência do movimento palpebral.

Para a realização deste método, é necessária uma câmera que esteja apontada para o olho do paciente e condições de luz adequadas para uma detecção do movimento palpebral. Esse sistema requer um processamento de imagens em tempo real, tornando a sua escolha custosa e altamente técnica, pois necessita de operações e técnicas da morfologia matemática na imagem tratada (Figura 4.2).

Por se tratar de um sistema de grande dimensão, a sua dissimulação torna-se praticamente impossível, inviabilizando o seu uso para este trabalho.

Figura 4.2 - Sistema EyeSeeCam (37)

- **Oculografia por infravermelho**

Esse método de detecção de movimento palpebral consiste em dirigir uma fonte emissora de raios infravermelhos ao olho do usuário e medir a quantidade de radiação refletida para um fotodetector.

É invisível ao olho humano, não interferindo na visão do paciente e as radiações são sensíveis apenas a radiações do comprimento de onda do infravermelho, não sendo assim afetados por outras fontes de luz.

Apesar de suas vantagens, os raios infravermelhos devem ter a sua intensidade devidamente calibrada para que essa radiação não seja nociva ao olho humano.

Existe na literatura artigos que descrevem como devem ser a utilização de diodos LED (light emitting diode) infravermelhos por longos períodos de exposição à radiação infravermelha com segurança para o usuário.

Este dispositivo é composto por um sensor de LED emissor e um fotodetector de ondas infravermelhas apontados para o olho do paciente. Os dados obtidos através do sensor sofrem um tratamento simples, pois a saída do fotodetector pode ser convertida em tensão e convertida com um conversor digital para a identificação do movimento palpebral.

O tratamento de dados é feito pela comparação da quantidade de radiação infravermelha captada pelo fotodetector com um limite de radiação pré-definido.

O sensor possui dimensões muito pequenas quando comparadas com os outros métodos citados e pode ser facilmente dissimulado por uma armação de óculos, facilitando o seu uso de acordo com o objetivo deste trabalho (Figura 4.3).

Figura 4.3 - Oculografia por infravermelho (44)

5 CONFEÇÃO DO DISPOSITIVO ELÉTRICO

O dispositivo elétrico é composto pela pálpebra móvel, ligada ao captador de movimento palpebral e ao atuador, formando assim um circuito elétrico que possibilita a movimentação dessa pálpebra de acordo com os movimentos de abertura e fechamento sincronizados com o olho contralateral sadio (Anexo A – D).

É importante atentar para o volume final da prótese que é limitado ao tamanho da cavidade do paciente. O peso final também é de extrema importância para garantir o conforto do usuário (37).

As limitações devem ser avaliadas minuciosamente, para que o desempenho final do sistema e estética da prótese não seja comprometido.

6 CONFEÇÃO DA PRÓTESE

O foco deste trabalho é confeccionar uma prótese viável para o uso clínico, enfatizando o projeto de pálpebra móvel possível de ser reproduzida em laboratório, respeitando a individualidade de cada caso e tornando hábil a sua utilização em seres humanos.

A parte elétrica-mecânica está relacionada com estudos prévios juntamente com o Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, não sendo o objetivo principal deste trabalho.

6.1 Pálpebra de látex

Foi realizado um projeto piloto no qual a pálpebra móvel foi confeccionada em látex e a mesma ligada ao sistema, necessitando de aprimoramento de técnica e material na elaboração de uma pálpebra mais resistente e estética para possibilitar o seu uso clínico (Figuras 6.1 e 6.2)

Figura 6.1 - Pálpebra em látex – posição aberta (37)

Figura 6.2 - Pálpebra em látex – posição fechada (37)

6.2 Limitações

Dentre as limitações temos:

- o tamanho da lesão a ser reparada, que deve ser suficiente para abrigar o motor no interior da prótese
- escolha do sistema de captação de movimento palpebral
- atraso gerado entre o movimento da prótese e do olho sadio
- dissimulação do sistema e da prótese
- peso final da prótese
- custo final
- material da prótese
- possíveis ruídos decorrentes do acionamento do motor
- resistência do material para a confecção da pálpebra móvel

6.3 Pálpebra fina de silicone

A confecção de uma pálpebra móvel utilizando-se uma fina camada de silicone de uso médico (Silastic® MDX4 – 4210 Dow Corning®) foi selecionada devido às suas propriedades mecânicas e fácil mimetização com o restante da prótese, bem como da pele do paciente.

6.4 Andamento da parte mecânica

6.4.1 Atuador

O atuador é o principal componente do mecanismo da prótese, o seu volume e peso são fatores que restringem a sua escolha.

Os atuadores podem ser divididos em: pneumáticos, elétricos e hidráulicos.

Como os sistemas pneumáticos e hidráulicos requerem mecanismos de compressão de fluidos ou gases para o seu funcionamento e sua dinâmica ser mais lenta que os atuadores elétricos, são então inviáveis para esse projeto de dispositivo móvel com volume e fonte de energia limitada.

O atuador de eleição, portanto, deverá ser o elétrico e o mesmo é passivo de compartilhar a bateria do microcontrolador.

Os atuadores ainda podem ser classificados quanto ao movimento produzido como rotativos e lineares, sendo que para a prótese, os dois movimentos podem ser convertidos em movimento palpebral. A restrição de cada um é com relação aos pontos já citados em 4.1, diminuindo bastante a seleção dos atuadores disponíveis no mercado.

Dentre os atuadores lineares possíveis de serem aplicados na prótese, os mais indicados foram:

6.4.1.1 *Motor Squiggle*

O motor Squiggle é um motor piezelétrico, com dimensões de no mínimo 1,8 X 1,8 X 6,0 mm, até 5N de força e velocidade de no máximo 10mm/s (Figura 6.3).

O princípio de seu funcionamento é ultrassônico, excitando os atuadores piezelétricos com comandos elétricos, de forma que as vibrações ultrassônicas gerem um movimento orbital do fuso e crie um movimento linear.

Este motor preenche as restrições quanto o volume e peso do sistema, porém sua baixa velocidade de atuação com relação ao movimento de abertura e fechamento palpebral de aproximadamente 100 ms, dificultando a utilização desse sistema para o completo fechamento da pálpebra em tempo hábil para a sincronização com o olho são, pois em 100 ms o deslocamento seria de apenas 1mm.

Figura 6.3 - Motor piezelétrico squiggle (37)

6.4.1.2 *Solenoide da Robot Geek*

O motor linear solenoide possui em sua composição uma bobina indutiva ao redor de um núcleo móvel de ferro ou aço.

Possui como dimensões 26 X 15 X 14 mm e seu custo é relativamente baixo quando comparado com outros atuadores (Figura 6.4).

O fator limitante desse sistema é a tensão mínima de 6V necessária para a sua operação. Seu peso de 113 g representa outra limitação, tornando o seu uso inviável no acionamento do mecanismo.

Figura 6.4 - Motor solenoide Robot Geek (37)

Dentre os atuadores rotativos possíveis de serem aplicados na prótese, os mais indicados foram:

6.4.1.3 *MicroMo 0615 S*

O micromotor DC 0615 S da MicroMo preenche os requisitos de volume estabelecidos para este projeto, pois possui dimensões de 6mm de diâmetro e 23 mm de comprimento e seu peso é de 2 g, porém o seu torque máximo é muito pequeno, sendo de 0,24 mNm (Figura 6.5).

Figura 6.5 - Micromotor DC 0615 S da MicroMo (37)

6.4.1.4 *Micromotor Firgelli Automation*

O micromotor DC da Firgelli Automation é o que melhor apresenta os requisitos necessários para esse projeto.

Possui 6 mm de diâmetro e 19,2 mm de comprimento, pesa 1,2 g e seu torque máximo é de 7,4 mNm (Figura 6.6).

Além dos requisitos dimensionais, foi o micromotor com preço mais acessível em comparação com os outros atuadores citados.

Figura 6.6 - Micromotor Firgelli Automation (37)

6.4.2 Critérios para escolha do atuador

Os critérios para a escolha do atuador envolvem volume, peso, custo e velocidade da atuação.

Dentre os motores citados, chegamos à conclusão de que o micromotor que preenche melhor os pré-requisitos definidos para o projeto é o micromotor da Firgelli Automation.

6.4.3 Restrições

O circuito elétrico-eletrônico da prótese ainda precisa de aprimoramentos para que seja possível a sua utilização em pacientes da clínica odontológica.

Embora o seu tamanho já tenha sido reduzido, é necessária uma diminuição ainda maior da sua dimensão para que mais pacientes possam ser contemplados com essa técnica e seu uso não fique limitado apenas a grandes cavidades.

Problemas encontrados no estudo anterior ainda persistem, como o barulho do motor durante a sua movimentação e falta de suavidade no movimento, caracterizando um movimento robótico que deve ser suavizado para que seja possível uma naturalidade maior de movimento. Tais problemas deverão ser solucionados em estudos futuros.

6.5 Confeção da prótese

A Prótese óculopalpebral é confeccionada a partir de um modelo obtido por meio de moldagem do terço superior da face com alginato, incluindo a região afetada e o lado contralateral sadio para que este sirva de referência por meio de espelhamento no momento de escultura da prótese.

Após realizada a moldagem e o modelo em gesso, é confeccionada uma base de cera ou material termoplástico, e a modelagem artística dos tecidos. É necessária a confecção de uma prótese ocular que será posicionada respeitando-se as particularidades do lado são.

Uma alternativa à modelagem é a utilização do sistema CAD/CAM (computer aided design/computer aided manufacturing), um programa de imagem que a partir de imagens de tomografia computadorizada cria imagens tridimensionais e pela técnica de prototipagem, permite a confecção de protótipos e modelos (48).

A prótese óculopalpebral pode ser confeccionada em resina acrílica ou silicone médico, é possível pigmentá-la e caracterizá-la de acordo com o tom e textura da pele do paciente (48).

Um dispositivo para a detecção do movimento palpebral do olho contralateral deverá ser concebido e implementado para que a prótese possa sincronizar com o olho normal. Esse dispositivo de detecção não deverá ser invasivo e deverá ser discreto, pois é a única parte que deve obrigatoriamente ficar fora da prótese.

6.6 Design mecânico

Um grande desafio enfrentado na concepção e fabricação de um sistema que reproduza os movimentos palpebrais é fazê-lo com o menor tamanho possível, pois a prótese possui um volume limitado a cada tipo de perda. A escolha de um micro atuador é determinante para o tipo de mecanismo e seu volume final (37).

6.7 Design elétrico/eletrônico

A utilização de uma prótese com um sistema elétrico-eletrônico requer uma autonomia de pelo menos 8 a 12 horas, para que o paciente possa ter uma vida cotidiana normal e recarregar a sua prótese em sua casa, portanto os componentes elétricos devem ser dimensionados a um consumo de energia mínimo para tornar essa situação possível (37).

O custo da prótese deve ser limitado, uma vez que a reabilitação protética em muitos casos é oferecida pelo SUS, a prótese final não pode ter custos elevados, pois muitas vezes o paciente não possui condições

financeiras de arcar com os custos de uma prótese, recorrendo ao atendimento público em hospitais e universidades.

6.8 Projeto da Pálpebra Móvel

A proposta para a confecção da pálpebra móvel é a utilização de um fio de aço com espessura de 1mm, ligado ao motor e recoberto com silicone de uso médico (Silastic[®] MDX4 – 4210 Dow Corning[®]), mimetizando a pálpebra.

O silicone foi eleito como um possível material para a região de pálpebra pelo seu baixo atrito com a prótese e sua fácil caracterização, possibilitando uma maior mimetização e naturalidade à prótese.

7 DESENVOLVIMENTO

Inicialmente foi realizada uma moldagem de um manequim pré-fabricado e posteriormente a obtenção de seu modelo, o mesmo foi duplicado, criando-se a simulação de uma cavidade caracterizando uma perda óculopalpebral, colocando-se uma porção de alginato na região desejada ao defeito e feito o modelo com gesso pedra tipo III (Figuras 7.1 – 7.6).

Figura 7.1 - Manequim pré-fabricado

Figura 7.2 - Moldagem em alginato com reforço em gesso comum

Figura 7.3 – Moldagem

Figura 7.4 - Simulação de perda óculopalpebral

Figura 7.5 - Modelo final com perda óculopalpebral

Figura 7.6 - Detalhe do modelo em gesso

Após a obtenção do modelo de trabalho, utilizou-se uma prótese ocular feita aleatoriamente em laboratório e a escultura feita em modelina sobre uma base em cera 7. Com a finalização da escultura, incluiu-se em mufla para posterior acrilização da prótese. (Figuras 7.7 – 7.11).

Figura 7.7 - Processo de escultura da prótese óculopalpebral

Figura 7.8 - Escultura da prótese óculopalpebral

Figura 7.9 - Detalhe da escultura da prótese óculopalpebral

Figura 7.10 - Escultura finalizada com pino de retenção para inclusão em mufla

Figura 7.11 - Detalhe da escultura finalizada com pino de retenção para inclusão em mufla

A porção interna da prótese, onde deverá ficar o motor foi confeccionada oca, para o mesmo poder ser incluído em seu interior (Figura 7.12).

A modelagem foi incluída em mufla e foi realizada a acrilização da prótese com características de cor semelhantes à pele humana (Figura 7.13).

Figura 7.12 Porção interna da prótese onde será incluído o motor

Figura 7.13 - Inclusão em mufla

A seleção da resina acrílica termicamente ativada foi devido à facilidade de manuseio e de escavação da região palpebral por onde deverá ser o nicho da pálpebra móvel.

A mufla foi então prensada e após a acrilização, a mesma foi reaberta e feito os devidos acabamentos (Figura 7.14).

Figura 7.14 - Abertura da mufla após acrilização da prótese

Feito o acabamento da prótese, fez-se uma escavação na região palpebral com uma broca cilíndrica número 2, por onde a pálpebra móvel deverá ser fixada (Figuras 7.15 e 7.16).

Figura 7.15 - Detalhe da escavação por onde irá passar a pálpebra móvel

Figura 7.16 - Parte posterior da prótese.

7.1 Pálpebra em silicone:

Para a confecção da pálpebra em silicone, foi utilizado um pedaço de papel cartão de espessura de 0,5mm, o qual foi incluído em mufla para sua impressão em gesso e utilizado como molde para a futura pálpebra (Figura 7.17).

Após a cristalização do gesso, a mufla foi aberta, retirou-se o papel cartão e incluiu-se o silicone Silastic® MDX4 – 4210 Dow Corning® (proporção 1:10), devidamente caracterizado com pigmento mineral com cor semelhante à da prótese previamente acrilizada (Figuras 7.17- 7.23).

Figura 7.17 - Inclusão do papel cartão em mufla

Figura 7.18 - Mufla após a retirada do papel cartão

Figura 7.19 - Contra-mufla após a retirada do papel cartão

Figura 7.20 - Proporção de silicone base e catalisador Silastic[®] MDX4 – 4210 Dow Corning[®]

Figura 7.21 - Manipulação do silicone Silastic[®] MDX4 – 4210 Dow Corning[®]

Figura 7.22 - Inclusão do silicone Silastic[®] MDX4 – 4210 Dow Corning[®] em mufla

Figura 7.23 - Mufla após a prensagem e abertura

Com um fio de aço de espessura de 1mm e modelado de acordo com a curvatura de uma pálpebra, o silicone foi fixado e posicionado na região posterior, passando-se para a região anterior pela escavação feita previamente e fixado por meio de nichos criados com fio de aço de mesma espessura na região posterior, possibilitando livre movimento à essa pálpebra que deverá ser futuramente ligada ao circuito elétrico-eletrônico (Figuras 7.24 – 7.26).

Figura 7.24 - Dispositivo em fio de aço da pálpebra móvel.

Figura 7.25 - Parte posterior do dispositivo em fio de aço da pálpebra móvel.

Figura 7.26 - Dispositivo de pálpebra móvel

8 RESULTADOS

Foi confeccionada uma prótese óculopalpebral em resina acrílica termicamente ativada, onde realizou-se uma escavação na porção palpebral para possibilitar a livre movimentação de uma fina pálpebra em silicone interligada a um dispositivo tornando possível a conexão desse sistema com um sensor que capta o movimento palpebral de um olho saudável por meio de sistema infravermelho e transmite essa informação a um mini motor que será localizado na parte interna da prótese e conectado com a pálpebra móvel, sendo possível a movimentação palpebral dessa prótese em sincronia com o outro olho de um paciente.

Para ser possível a utilização de um sensor infravermelho, a pessoa que irá utilizar esse sistema necessita do uso de óculos para que o sensor possa ser localizado na região correta de captação do movimento (Figura 8.1).

Figura 8.1 - Sistema de oculografia por infravermelho acoplada aos óculos (37)

A pálpebra móvel em silicone foi fixada por fios de aço inseridos em resina na porção posterior da prótese, onde deverá ser conectada futuramente ao dispositivo mecânico que será responsável por sua movimentação (Figuras 8.2 – 8.4).

A caracterização da pálpebra com cílios postiços pré-fabricados foi feita por meio adesivo, não sendo possível a sua inserção fio a fio no silicone devido a sua espessura muito fina (Figuras 8.5 a 8.8).

O movimento de abertura e fechamento dessa pálpebra ainda sofre certa resistência que deverá ser aprimorada em estudos futuros.

O atrito gerado entre a pálpebra e a porção ocular em resina pode ser minimizado com a utilização de vaselina líquida, conferindo assim também um brilho mais natural, próximo a um olho normal que possui sua lubrificação natural.

Figura 8.2 - Vista posterior do dispositivo de pálpebra móvel inserido na prótese

Figura 8.3 - Vista anterior do dispositivo de pálpebra móvel em posição fechada

Figura 8.4 - Vista anterior da pálpebra móvel inserida na prótese em posição aberta

Figura 8.5 - Pálpebra móvel com cílios artificiais

Figura 8.6 - Detalhe da pálpebra móvel caracterizada com cílios postiços

Figura 8.7 – Pálpebra em silicone caracterizada com cílios postiços em posição semi-aberta

Figura 8.8 – Detalhe pálpebra em silicone vista ínfero-anterior

9 DISCUSSÃO

Em parceria com o Laboratório de Microeletrônica (LME) do Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, foi realizado um projeto piloto de uma prótese óculopalpebral capaz de captar movimentos de abertura de fechamento do olho humano e reproduzi-lo em tempo real a partir de uma pálpebra móvel adaptada à essa prótese.

Inicialmente, utilizou-se uma lâmina de látex para reproduzir a pálpebra móvel no intuito de esboçar a possibilidade do movimento com os dispositivos escolhidos. Assim que o resultado se mostrou eficiente, o material da pálpebra móvel foi substituído por silicone médico (Silastic[®] MDX4 – 4210 Dow Corning[®]) aproximando assim o protótipo de uma confecção mais realista da prótese óculo palpebral.

Dentre as limitações encontradas no projeto piloto, o ruído produzido pelo motor utilizado e o volume do motor já foram reduzidos devido às tecnologias atuais, mas ainda são considerados fatores limitantes, pois o seu uso fica restrito a cavidades que possam comportá-lo e assim esconder todo o seu circuito.

O custo final do captador e do motor utilizados ainda é considerado alto para ser subsidiado pelo SUS, sendo o valor do captador infravermelho com um custo estimado de \$ 3,07 e o mini motor de \$ 9,00, sendo ambos importados e dificultando assim seu acesso.

Outro fator limitante foi a fixação do motor com a pálpebra, necessitando de um melhor aprimoramento de técnica com o circuito envolvido.

Outra vertente de melhoria seria a detecção do movimento palpebral com a implementação de um algoritmo mais robusto para detecção e otimização do consumo elétrico do sensor.

10 CONCLUSÃO

No presente estudo um protótipo mecânico elétrico foi planejado, desenhado e desenvolvido acoplado a uma prótese oculopalpebral.

Embora ainda existam fatores limitantes apontados nos resultados deste trabalho, é importante salientar que se trata de um estudo pioneiro na área de Prótese Bucomaxilofacial no Brasil, sendo necessários aprimoramentos de técnica em trabalhos futuros, melhorando e eliminando os pontos frágeis já discutidos.

REFERÊNCIAS¹

1. Bindhoo YA, Aruna U. Rehabilitation of na Orbital Defect: A Case Report. J Indian Prosthodont Soc. 2011;11(4):258-64.
2. Roumanas ED, Freymiller EG, Chang TL. Implant-retained protheses for facial defects: an up to 14-year follow-up report on the survival of implants at UCLA. Int J Prosthodont 2002;15:325-32.
3. Loretto NRM, Cardoso MSO, Cardoso SMO, Cardoso AJO, Moraes LC. Importance of rehabilitation of the prosthetic region óculo-palpebral: case report. Odontol Clín-Cient. 2008;7(2):151-5.
4. Goiato MC, Mancuso DN, Fernandes AUR, Dekon SFC. A Study on The Most Frequent Causes of Ocular Losses. Arq Odont. 2004;40(3):271-5.
5. Ahmed B, Butt AM, Hussain M, Amin M, Yazdanie N. Rehabilitation of Nose Using Silicone Based Maxillofacial Prosthesis. J Coll Physicians Surg Pak. 2010;20:65-7.
6. Antunes AA, Carvalho RWF, Neto AL, Loretto NRM, Oliveira e Silva ED. Utilização de Implantes Ósseointegrados para Retenção de Próteses Buco-Maxilo-Faciais: Revisão de Literatura. Rev Cir TraumatolBuco-Maxilo-Fac. 2008;8(2):09-14.
7. Kreitlow H, Kimmel R, Gaston J, Mcanton A. Blinking Orbital Prothesis - [Final Report]. Wiscosin: University of Wisconsin - Madison. 2008.
8. Bailey LW, Edwards D. Maxillofacial Prosthetics Temporomandibular Joint Dental Implants. J Prosthet Dent. 1975;34(5):533-8.
9. Bulbulian AH. Maxillofacial prosthetics: evolution and practical application in patient rehabilitation. J Prosthet Dent. 1965;15(3):554-69.

¹ De acordo com o Estilo Vancouver

10. Bruce GM. The ancient origins of artificial eyes. *Ann Hist Med*. 1940;2:10-4.
11. Bansal A, Grewal PS, Dalal D, Beniwal D. Prosthodontics - a historical overview. *Indian J Oral Health*. 2011;1(1):1-4.
12. Cardoso RJA, Gonçalves EAN. Oclusão/ATM/Prótese/Prótese sobre implantes/Prótese bucomaxilofacial; Occlusion/TMJ/Prosthesis/implant-supported prosthesis/Bucomaxillofacial prosthesis. Congresso Internacional de Odontologia; São Paulo: Artes Médicas; 2002.
13. Bento RF, Pirana S, Brito Neto RVd, Sanchez TG, Castilho AM, Sweet RC. The role of the middle fossa approach in the management of traumatic facial paralysis. *Rev Bras Otorrinolaring* 2004;70(4):484-93.
14. Sykes LM, Wolfaardt JF, Sukha A. Prosthodontic rehabilitation of a patient with total avulsion of the maxilla: a clinical report. *J Prosthet Dent*. 2002 Oct;88(4):362-6.
15. Almeida Júnior P, Santos TdS, Kumar PN, Martins Filho PRS, Carvalho RWFd. Ferimento a faca impactada na face (Síndrome de Jael): relato de caso. *Rev Cir Traum Buco Max Fac*. 2010;10(1):9-14.
16. Ferguson BJ. Mucormycosis of the nose and paranasal sinuses. *Otol Clin North America*. 2000;33(2):349-65.
17. Neville BW, Damm DD, Allen CM, Bouquot JE. *Patologia Oral & Maxilofacial*. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2004.
18. Boni ES, Saliba ZM, Sessino DB, Miranda JNRd, Boni M. Rhinosporidiosis of the conjunctiva: case report. *Arq Bras Oftal*. 2002;65(1):103-5.
19. Dantas A, Curi R, Lustosa T, Neto B, Saddy J. Blastomicose sul americana: apresentação de um caso com lesão ocular. *Rev Bras Oftal*. 1971;30:65-72.
20. Rodriguez MEL, Aoki L, Nicoletti AGB, Matayoshi S, Fernandes J. Ivermectina no tratamento de miíase orbitária: relato de caso. *Arq Bras Oftalmol*. 2003;66(4):19-21.

21. Gus PI, Bayer MC, Matos GH, Baes CVW, Martins MFM, Vargas Neto J, et al. Ocular aspergillosis: case report. *Arq Bras Oftalmol*. 2005;68(1):133-5.
22. Ferraz E, Cella W, Rocha E, Caldato R. Paracoccidiodomicose primária de pálpebra e conjuntiva. *Arq Bras Oftalmol*. 2001;64(3):259-61.
23. Souza WJ, Sabroza PC, Santos CS, de Sousa E, Henrique MF, Coutinho SG. Montenegro skin tests for American cutaneous leishmaniasis carried out on school children in Rio de Janeiro, Brazil: an indicator of transmission risk. *Acta Tropica*. 1992;52(2):111-9.
24. Rodenbiker HT, Ganley JP. Ocular coccidiodomycosis. *Survey of ophthalmology*. 1980;24(5):263-90.
25. Ventura LO, Travassos SB, Lira V. Zigomicose: relato de um caso com comprometimento naso-óculo-cerebral. *Rev bras oftalmol*. 1996;55(12):933-8.
26. Laguna-Torres VA, Silva CA, Correia D, Carvalho EM, Magalhães AV, Macêdo VdO. Efficacy of mefloquine in the treatment of skin leishmaniasis in an endemic area of *Leishmania (Viannia) braziliensis*. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*. 1999;32(5):529-32.
27. Neto JAC, Sirimarco MT, Costa SMCR, de Rezende AF, Choi CMK, Bicalho VC. Carcinoma de globo ocular associado à miíase como indicação de exenteração. *HU Revista*. 2008;33(1):37-8.
28. Baptista AC, Marchiori E, Boasquevisque E, Lassance C. Comprometimento órbito-craniano por tumores malignos sinonasais: estudo por tomografia computadorizada. *Radiol Bras*. 2002;35(5):277-85.
29. Souza Filho JPd, Martins MC, Torres VL, Dias ABT, Lowen MS, Pires LA, et al. Histopathologic findings in retinoblastoma. *Arquivos Brasileiros de Oftalmologia*. 2005;68(3):327-31.
30. Baptista AC, Marchiori E, Boasquevisque E, Cabral CEL, Bonfim M. Complicações oftálmicas em pacientes com tumores malignos extra-orbitários. *Arq Bras Oftalmol*. 2003;66:587-93.
31. Carvalho JCM, Dias RB, Mattos BSC, André M. *Reabilitação Protética Craniomaxilofacial*. 1 ed. São Paulo: Livraria Santos; 2013.

32. Nadeau J. Special prostheses. *J Prosthet Dent*. Jul 1968;20(1):62-76.
33. Pattanaik S, Wadkar AP. Rehabilitation of a Patient with na Intra Oral Prosthesis and na Oral Orbital Prosthesis Retained with Magnets. *Indian Prosthodont Soc*. 2012;12(1):45-50.
34. Nakanishi M, Mitsukura Y, Wang Y, Wang YT, Jung TP. Online Voluntary Eye Blink Detection Using Eletrooculogram. *International Symposium on Nonlinear Theory and its Aplications*. 2012:114-7.
35. Sforza C, Rango M, Galante D, Bresolin N, Ferrario V. Spontaneous blinking in healthy persons: an optoeletronic study of eyelid motion. *Ophtal Physiol Optics*. 2008;28(4):345-53.
36. Krolak A, Strumillo P. Eye-blink detection system for human-computer interaction. *Univ Acess Inform Soc*. 2012;11(4):409-19.
37. Oguro P. Desenvolvimento de uma prótese óculo-palpebral com movimento palpebral. [Monografia]São Paulo:Universidade de São Paulo. 2013.
38. Gu JJ, Meng M, Cook A, Faulkner MG. A study of natural eye movement detection and ocular implant movement control using processed eog sinais. *IEE Intern Conference on Robotics Automation*. 2001.
39. Kong X, Wilson GA. A new eog-based eyeblink detection algorithm. *Res Meth Inst Comp*. 1998;30(4):713-9.
40. Bulling A, Ward JA, Gellersen H, Troster G. Eye movement analysis for activity recognition using eletrooculagraphy. *IEEE Trans Pattern Anal MachIntell*. 2011;33(4):741-53.
41. Lalonde M, Byrns D, Gagnon L, Teasdale N, Laurendeau D. Real-time eye blink detection with gpu-based sift tracking. *IEE Computer Society*. 2007:481-7.
42. Bracha V, Nilaweera W, Zenitsky G, Irwin K. Video recording system for the measurement of eyelid movements during classical conditioning of the eyeblink response in the rabbit. *J Neurosci Methods*. 2003;125(1-2):173-81.

43. Chau M, Betke M. Real time eye tracking and blink detection with usb cameras. [Report]Massachusetts: Boston University Computer Science Technical. 2005.
44. Castro FL. Class I infrared eye blinking detector. *Sensors and Actuators A: Physical*. 2008;148(2):388-94.
45. Orlowska-Majdak M, Kolodziesjski P, Dolecki K, Traczyk WZ. Application of infrared detection in the recording of eyelid movements in rabbits. *Acta Neurobiol*. 2001;61:145-9.
46. Park I, Ahn J-H, Byun H. Efficient measurement of eye blinking under various illumination conditions for drowsiness detection systems. *IEE Computer Society*. 2006:383-6.
47. Ryana SB, Detweiler KL, Holand KH, Horda MA. Long-range, wide field-of-view infrared eyeblink detector. *Neuroscience Methods*. 2006;152:74-82.
48. Galzo PM, Mattos BSC, Saboia ACL, Noritomi PY. Estabilidade Dimensional em Prótese oculo-palpebral Confeccionada por Meio de Modelo Reverso Obtido pelo Sistema CAD/CAM. *Int J Prosth*. 2010;23(3):271-6.

ANEXO A - Primeira versão do mecanismo de movimentação da pálpebra da prótese

ANEXO B – Segunda versão do mecanismo de movimentação da pálpebra da prótese

ANEXO C – Terceira versão do mecanismo de movimentação da pálpebra móvel

ANEXO D - Quarta e última versão do mecanismo de movimentação palpebral da prótese