

LUIZ FERNANDO RAPP DE OLIVEIRA PIMENTEL

**Estudo biomecânico de flexão (ex-vivo) em osteotomia no
diastema de mandíbulas de equinos estabilizada com placas
bloqueadas e implantes transdentários**



São Paulo

2012

LUIZ FERNANDO RAPP DE OLIVEIRA PIMENTEL

Estudo biomecânico de flexão (ex-vivo) em osteotomia no diastema de mandíbulas de equinos estabilizada com placas bloqueadas e implantes transdentários

Tese apresentada junto ao Programa de Pós-Graduação em Clínica Cirúrgica Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências

Departamento:

Cirurgia

Área de concentração:

Clínica Cirúrgica Veterinária

Orientador:

Prof. Dr. André Luis do Valle De Zoppa

São Paulo

2012

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

BIBLIOTECA VIRGINIE BUFF D'ÁPICE
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA
E ZOOTECNIA DA USP

23/11/12



DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

(Biblioteca Virginie Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da
Universidade de São Paulo)

T.2726
FMVZ

Pimentel, Luiz Fernando Rapp de Oliveira

Estudo biomecânico de flexão (ex-vivo) em osteotomia no diastema de mandíbulas de equinos estabilizada com placas bloqueadas e implantes trans dentários / Luiz Fernando Rapp de Oliveira Pimentel. -- 2012.

133 f. : il.

Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Cirurgia, São Paulo, 2012.

Programa de Pós-Graduação: Clínica Cirúrgica Veterinária.

Área de concentração: Clínica Cirúrgica Veterinária.

Orientador: Prof. Dr André Luis do Valle De Zoppa.

1. Equinos. Fratura de mandíbula. 2. Placa LCP. 3. Placa LC-DCP. 5. Implante trans dentário. I. Título.



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO



FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

Comissão de Ética no uso de animais

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto intitulado "Avaliação de duas técnicas de fixação de fratura mandibular rostral: implante em esmalte dentário e osteossíntese com placas bloqueadas. Estudo biomecânico em mandíbulas de equinos", protocolado sob o nº 2218/2011, utilizando 24 (vinte e quatro) mandíbulas de equinos, sob a responsabilidade do(a) Prof. Dr. André Luís do Valle de Zoppa, está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da "Comissão de Ética no uso de animais" da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo e foi aprovado em reunião de 17/8/2011.

We certify that the Research "Evaluation of two techniques of rostral mandibular fracture fixation: enamel implant and internal fixation with locked plates. Biomechanical study in the mandible of horses", protocol number 2218/2011, utilizing 24 (twenty-four) jaws of horses, under the responsibility Prof. Dr. André Luís do Valle de Zoppa, agree with Ethical Principles in Animal Research adopted by "Ethic Committee in the use of animals" of the School of Veterinary Medicine and Animal Science of University of São Paulo and was approved in the meeting of day 8/17/2011.

São Paulo, 29 de agosto de 2011.

Profa. Dra. Denise Tabacchi Fantoni
Presidente

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Nome: PIMENTEL, Luiz Fernando Rapp de Oliveira

Título: Estudo biomecânico de flexão (ex-vivo) em osteotomia no diastema de mandíbulas de equinos estabilizada com placas bloqueadas e implantes transdentários.

Tese apresentada junto ao Programa de Pós-Graduação em Clínica Cirúrgica Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências

Data: 14/12/12

Banca Examinadora

Prof. Dr. André L. de Souza Jr.

Instituição: FMVZ-USP Julgamento: APROVADO

Prof. Dr. WIS AUGUSTO LOPES CORREIA DA SILVA

Instituição: FMVZ-USP Julgamento: APROVADO

Prof. Dr. Paulo B. Belli

Instituição: FMVZ-USP Julgamento: APROVADO

Prof. Dr. MARCIO AUGUSTO FERREIRA

Instituição: U. GUSMÃO Julgamento: APROVADO

Prof. Dr. Rodrigo Romero Correia

Instituição: Un. Anhembi Morumbi Julgamento: APROVADO

Dedicatória

Ao professor Geraldo Eleno Silveira Alves pelo incentivo ao meu ingresso na pós graduação. Agradeço os questionamentos fundamentais que contribuíram para o meu amadurecimento no ensino e pesquisa. Professor sempre atencioso e disposto a ajudar. Um exemplo de mestre e educador.

“Ensinar é um gesto de generosidade, humanidade, humildade e amor”.

AGRADECIMENTOS

À **Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo** pela oportunidade de realização deste estudo e aos professores por todos os ensinamentos.

Ao **Prof. Dr. André Luis do Valle De Zoppa**, meu orientador, pela confiança e oportunidade do desenvolvimento deste estudo.

Aos funcionários e estagiários do **Departamento de Cirurgia da FMVZ – USP** pela ajuda, atenção e companheirismo durante a pesquisa.

À **Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo** pela permissão da realização de parte deste estudo em suas instalações.

Ao responsável técnico Laboratório de Investigação Médica do Sistema Músculo Esquelético do Instituto de Ortopedia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FM-USP), **César Augusto Martins Pereira** pela inestimável colaboração para o desenvolvimento e execução dos ensaios biomecânicos.

À **Profa. Dra. Elina Reiko Matushima (Matu)** do serviço de patologia animal da FMVZ – USP pela cessão dos espécimes usados neste estudo e pela gentileza em permitir o uso do equipamento para obtenção de imagens histológicas dos dentes.

À colega de pós graduação **Fabíola Eloisa Setim Prioste** pelo auxílio na confecção das imagens histológicas dos dentes.

Ao Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de São Paulo pela permissão da realização de parte deste estudo em suas instalações.

Ao **Prof. Dr. Renato Choppard** pela utilização e apoio técnico do laboratório de tecidos mineralizados do ICB – USP.

Aos colegas de pós graduação **Ana Guiomar, Carlos Adolfo, Paula, Guilherme e Crispim**, pelo apoio e bons momentos de descontração.

Aos funcionários e estagiários do **Departamento de Cirurgia da FMVZ – USP** pela ajuda, atenção e companheirismo durante a pesquisa.

Aos funcionários da Biblioteca Virgínie Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, sempre simpáticos e prestativos e, em especial, agradeço o suporte técnico fundamental prestado pela bibliotecária **Elza Faquim**.

À minha mãe, **Sandra Mattos Ferreira Rapp**, uma das pessoas mais cultas que já conheci, pela correção e revisão gramatical deste trabalho e, sobretudo, pelo seu apoio e carinho.

Aos colegas de profissão e grandes amigos, **Dr. Marco Aurélio Gallo (Marcão) e Caio Monaco** não só pelo apoio técnico, mas pelo bom humor e risadas proporcionadas nos momentos mais difíceis.

À minha esposa, Christina Regner pelo carinho, paciência e apoio.

RESUMO

PIMENTEL, L. F. R. O. **Estudo biomecânico de flexão (ex-vivo) em osteotomia no diastema de mandíbulas de equinos estabilizada com placas bloqueadas e implantes transdentários.** [Biomechanical bending study (ex-vivo) in equine osteotomized mandible fixing with locking plates and trans-dental implants.]. 2012. 133 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

Fraturas do diastema mandibular são cirurgicamente mais desafiadoras porque, geralmente são bilaterais, instáveis e altamente contaminadas. Como cada fratura tem características particulares e são únicas, o conhecimento de diferentes técnicas de reparo permitirá que ao veterinário escolher um método de fixação mais adequado à configuração da fratura, considerando os equipamentos disponíveis, a expertise e preferências do cirurgião. O objetivo deste estudo foi avaliar 2 técnicas de fixação de fraturas do diastema mandibular por meio da mensuração de suas características biomecânicas. Mandíbulas osteotomizadas no diastema foram divididas em 2 grupos de fixação (n=8). As mandíbulas foram fixadas com placas bloqueadas (LCP) e por meio de implantes transdentários com placas LC-DCP. Oito mandíbulas intactas (não osteotomizadas) foram submetidas aos ensaios biomecânicos como controle. As mandíbulas foram submetidas à ensaios biomecânicos de flexão até ocorrer a falha. O deslocamento angular (radianos) foi derivado a partir contínua mensuração da largura da fenda com extensômetros inseridos ao redor do local da osteotomia. Foram selecionados os dados da fenda da osteotomia a 50 e 100 N.m para comparação padronizada da largura da fenda antes dos pontos de limite elástico e limite de flexão máximo, respectivamente para as 2 técnicas de fixação testadas. Rigidez (N.m/radiano), limite elástico (N.m) e limite de flexão máximo (N.m) foram determinados a partir das curvas de deslocamento angular da flexão e foram comparadas por meio do teste estatístico ANOVA com testes adicionais quando indicado. Foram obtidas imagens radiográficas pré fixação das mandíbulas. Os dentes submetidos à implantes transdentários foram submetidos à exames tomográficos e foram obtidos cortes histológicos calcificados. As cargas de resistência à flexão, de limite elástico e de limite de flexão máximo foram maiores nas mandíbulas intactas. Nas mandíbulas osteotomizadas as cargas de resistência à flexão, de limite elástico, de limite de flexão máximo e da largura da osteotomia à 50 e 100 N.m não foram significativamente diferentes ($P>0,05$) nas

fixações com placas LCP e implantes transdentários com placas LC-DCP. Estas técnicas foram biomecânicamente similares. A fixação com placas LCP transdentários com placas LC-DCP são uma forma estável de fixação de fraturas localizadas no diastema mandibular. Em alguns casos, a cavidade pulpar (71% em dentes incisivos e 43% em dentes pré molares) foi penetrada pelos implantes transdentários. Estudos adicionais com animais vivos devem ser realizados para determinar as consequências a longo prazo do uso de implantes transdentários.

Palavras-chave: Equinos. Fratura de mandíbula. Placa LCP. Placa LC-DCP. Implante transdentário.

ABSTRACT

PIMENTEL, L. F. R. O. **Biomechanical bending study (ex-vivo) in equine osteotomized mandible fixing with locking plates and trans-dental implants.** [Estudo biomecânico de flexão (ex-vivo) em osteotomia no diastema de mandíbulas de equinos estabilizada com placas bloqueadas e implantes transdentários.]. 2012. 133 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

Mandibular fractures of the interdental space are surgically more demanding because they are often bilateral, unstable, and heavily contaminated. Because each fracture is unique, knowledge of the different repair techniques will allow the practitioner to choose a repair method best suited to the fracture configuration, equipment available, and the skill level and preferences of the surgeon. The aim of this study was to evaluate 2 fixation techniques for equine interdental space fractures by mensuration their biomechanical characteristics. Mandibles with interdental osteotomies were divided into 2 fixation groups (n = 8/group). Fixation techniques were the locking compression plates (LCP) and (2) Trans-Dental low contact - dynamic compression-plate fixation (Trans dental LC-DCP). Eight intact (nonosteotomized) mandibles were tested as controls. Mandibles were subjected to monotonic cantilever bending until failure. Angular displacement data (radians) were derived from continuously recorded gap width measurements provided by extensometers placed across the osteotomy site. Osteotomy gap width data (mm) at 50 and 100 Nm were selected for standardized comparison of gap width before the yield point and failure point, respectively of all constructs tested. Stiffness (Nm/radian), yield strength (Nm), and failure strength (Nm) were determined from bending moment-angular displacement curves and were compared using ANOVA with appropriate post hoc testing when indicated. Radiographs were obtained pre-fixation. Axial tomography and calcified histological cuts were obtained of the teeth submitted to trans dental screws implant. Bending stiffness, yield, and ultimate failure loads were greatest for intact mandibles. Among osteotomized mandibles, stiffness, yield, ultimate failure, and osteotomy gap width at 50 and 100 Nm was not significantly different ($P>0,05$) among LCP and trans dental LC-DCP constructs. They were biomechanically similar. LCP and trans dental LC-DCP fixation are stable form of fixation for interdental space fractures. In some cases the pulp cavity was penetrated (incisors teeth, 71% and cheek teeth, 43%) by trans dental implants.

Additional studies with live animals must be performed to determine the long term consequences of adhibition the trans dental implants.

Key words: Equine. Mandible fracture. LCP plate. LC-DCP plate. Trans dental implant.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Representação esquemática da configuração dos orifícios da placa DCP	47
Figura 2 - Representação esquemática da DCU da placa DCP.....	48
Figura 3 - Placa LC-DCP 4,5 mm.....	50
Figura 4 - Parafuso autorosqueante/trefinante	50
Figura 5 - Representação esquemática da configuração dos orifícios, “LCP <i>combi-holes</i> ”	51
Figura 6 - Parafuso bloqueado LCP	52
Figura 7 - Representação esquemática da configuração do parafuso bloqueado inserido no orifício da placa LCP	53
Figura 8 - Imagens radiográficas de mandíbulas de equino dissecadas.....	61
Figura 9 - Equino, peça anatômica. Bloqueio maxilo mandibular foi usado para manter o alinhamento dos segmentos ósseos após a osteotomia mandibular total.....	63
Figura 10 - Motor elétrico, adaptador com serra recíprocante (setas verdes) e mandril universal (seta vermelha)	64
Figura 11 - Equino, peça anatômica. (A) Delimitação do local de produção da falha óssea. (B) A falha óssea foi produzida por meio de osteotomia total no diastema mandibular, localizada 1cm rostral ao forame mentoniano	64
Figura 12 - Osteossíntese com placas LCP	68
Figura 13 - Equino, peça anatômica. Mandíbula de equino osteotomizada. Placas LCP fixadas á face lateral do diastema mandibular abaixo do forame mentoniano.....	69
Figura 14 - Implantes transdentários com placas LC-DCP (A) Após moldagem á face vestibular dos dentes pré molares e á face labial dos dentes incisivos o molde de	

alumínio foi usado para orientar a dobra da placa LC-DCP com auxílio do moldador de placas de mesa. **(B)** Torção da placa LC-DCP com auxílio de moldadores de mesa e manual. **(C)** Perfuração do 3° pré molar com broca diamantada de 3,5mm de diâmetro 72

Figura 14 - (Continuação): - **(D)** Mensuração de profundidade do parafuso a ser implantado na coroa clínica do 2°pré molar. **(E)** fresa de 4,5mm foi introduzida na perfuração para produzir a rosca. **(F)** O segundo parafuso foi implantado sobre a coroa clínica do dente incisivo mais distal em relação ao 3° pré-molar (1° ou 2° incisivo), seguindo a mesma técnica de perfuração utilizada para pré molares..... 73

Figura 15 - Peça anatômica de equino. Osteotomia mandibular total estabilizada por meio de implantes transdentários..... 74

Figura 16 - Caixa de transporte. As mandíbulas foram submersas em solução de cloreto de sódio a 0,9% durante o transporte..... 76

Figura 17 - Laboratório de Investigação Médica do Sistema Músculo Esquelético do Instituto de Ortopedia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FM-USP). Máquina universal de ensaios biomecânicos, KRATOS[®], modelo K502. capaz de registrar os valores de força e deformação em tempo real. Execução do ensaio biomecânico em mandíbula de equino..... 76

Figura 18 - Peça anatômica de equino. Mandíbula inserida no dispositivo de suporte e manutenção modificado com apoio colocado na face ventral da mandíbula na altura dos dentes 2° pré molares (setas vermelhas) e inserção de prato de espéculo odontológico (seta verde) acoplados á máquina de ensaios biomecânicos..... 77

Figura 19 - Peça anatômica, mandíbula de equino. Posições dos extensômetros (setas verdes) para estudar as deformações durante o ensaio biomecânico 78

Figura 20 - Representação esquemática da mandíbula posicionada no dispositivo mecânico para ensaio de flexão..... 79

Figura 21 - Peça anatômica. Mandíbula posicionada no dispositivo mecânico para ensaio de flexão com os transdutores inseridos ao redor da osteotomia no diastema mandibular.....	79
Figura 22 - Peça anatômica, mandíbula de equino. Durante os ensaios piloto, seguindo o projeto descrito por Peavey e colaboradores, ocorreram fraturas dos ramos verticais e ângulo da mandíbula (setas vermelhas)	88
Figura 23 – Peças anatômicas de equinos, mandíbulas. Configurações e posições das fraturas no diastema mandibular	89
Figura 24 - Mandíbula 20 do grupo 2 (osteossíntese com placas LCP) após os ensaios biomecânicos e retirada dos parafusos. Todos os locais de perfuração óssea para instalação de implante estavam íntegros e sem sinais de estresse resultante da carga aplicada (setas verdes).....	91
Figura 25 - Fraturas de elementos dentários. (A) Durante a execução da fase destrutiva do ensaio biomecânico da mandíbula 29 ocorreu fratura com avulsão e arremesso a longa distância de parte da coroa clínica do dente 3° pré molar inferior esquerdo (seta vermelha). (B) Mandíbula 26 após o ensaio biomecânico. Os dentes incisivos centrais apresentaram-se fraturados (seta azul)	91
Figura 26 - Comparação entre os grupos quanto à Máximo Ângulo de deformação [radianos]	92
Figura 27 - Comparação entre os grupos quanto à rigidez (N.m/radiano).....	95
Figura 28 - Comparação entre os grupos quanto à momento de flexão no limite elástico [10%] (N.m)	95
Figura 29 - Comparação entre os grupos quanto à momento de flexão máximo (N.m) ...	96
Figura 30 - Comparação entre os grupos quanto à microdeformação (ud) a 50 N.m média (FM) corrigido	96

Figura 31 - Comparação entre os grupos quanto à Microdeformação (ud) a 100 N.m Média (FM) corrigido	99
Figura 32 - Comparação entre os grupos quanto à Microdeformação (ud) no momento LE Média (FM) corrigido	100
Figura 33 - Comparação entre os grupos quanto à microdeformação (ud) no momento máximo central (corrigido).	101
Figura 34 - Comparação entre os grupos quanto à microdeformação (ud) no momento máxima média (FM) corrigido.....	101
Figura 35 - Imagens tomográficas e reconstrução em 3D de elementos dentários de equinos. (A) Pré molar permanente. (B) Pré molar permanente. (C) Incisivo. As setas verdes indicam as câmaras pulpares; as azuis a camada de dentina suboclusal e as vermelhas os locais de perfuração para inserção dos implantes	103
Figura 36 - Cortes histológicos calcificados de dentes incisivos de equinos.....	104
Figura 37 - Cortes histológicos calcificados de dentes 3° pré molar de equinos.....	105

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição das peças anatômicas entre os grupos 1 (Integro/controle), 2 (osteossíntese com placas LCP), 3 (implantes transdentários com placas LC-DCP)	87
Tabela 2.1 - Comparação entre os grupos 1 (Integro/Controle), 2 e 3 quanto às variáveis: limite elástico, ângulo de deformação [radianos], máximo ângulo de deformação [radianos], rigidez (N.m/radiano), momento de flexão no limite elástico [10%] (N.m) e momento de flexão máximo (N.m)	93
Tabela 2.2 - Resultados das comparações múltiplas de Bonferroni.....	94
Tabela 2.3 - Resultados do teste não paramétrico de Mann-Whitney.....	94
Tabela 3 - Comparação entre os grupos 2 (osteossíntese com placas LCP) e 3 (implantes transdentários com placas LC-DCP) quanto às variáveis: GAP (mm) 50 N.m média, GAP (mm) 100 N.m média, Microdeformação (ud) a 50 N.m Central (corrigido), Microdeformação (ud) a 50 N.m Média (FM) corrigido, microdeformação (ud) a 100 N.m Central (corrigido), microdeformação (ud) a 100 N.m média (FM) corrigido, Microdeformação (ud) no momento limite elástico central (corrigido), Microdeformação (ud) no momento limite elástico média (FM) corrigido, microdeformação (ud) no momento máximo central (corrigido) e microdeformação (ud) no momento máx média (FM) corrigido	98/99

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Mm	milímetros
N	Newtons
BMM	bloqueio maxilomandibular
cm	centímetros
ATM	articulação temporomandibular
DCP	placa de compressão dinâmica (<i>Dynamic Compression Plate</i>)
DCU	unidade de compressão dinâmica (<i>Dynamic Compression Unit</i>)
LC-DCP	placa de compressão dinâmica de contato limitado (<i>Low Contact Dynamic Compression Plate</i>)
LCP	placa bloqueada (<i>Locking Compression Plate</i>)
LISS	sistema de estabilização menos invasivo (<i>Less InvasStabilazation System</i>)
PC-Fix	parafuso de formato cônico (Point Contact Fixator)
LP	ligamento periodontal
rpm	rotações por minuto
N.m	Newton X metro
LE	Limite elástico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	20
2 JUSTIFICATIVA	22
3 REVISÃO DE LITERATURA	24
3.1 CONSIDERAÇÕES MORFOFISIOLÓGICAS DA MANDÍBULA DE INTERESSE CLÍNICO CIRÚRGICO	24
3.2 BIOMECÂNICA DA MASTIGAÇÃO	35
3.3 FRATURAS DE MANDÍBULA EM EQUINOS	37
3.4 DIAGNÓSTICO DE FRATURA MANDIBULAR	39
3.5 TÉCNICAS DE FIXAÇÃO DE FRATURAS ROSTRAIS DE MANDÍBULA	41
3.6 COMPLICAÇÕES PÓS OPERATÓRIAS	55
4 OBJETIVOS	59
5 MATERIAL E MÉTODO	60
5.1. PREPARO MANDÍBULAS E CRÂNIOS	60
5.2 BLOQUEIO MAXILOMANDIBULAR (BMM)	62
5.3 OSTEOTOMIA DO DIASTEMA MANDIBULAR	63
5.4 TÉCNICAS CIRÚRGICAS.....	65
5.4.1 Osteossíntese com Placas LCP	65
5.4.2 Implantes Transdentários com Placa LC-DCP	70

5.5 ENSAIOS BIOMECÂNICOS.....	75
5.6 TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA AXIAL DOS ELEMENTOS DENTÁRIOS SUBMETIDOS AOS IMPLANTES TRANSDENTÁRIOS	81
5.7 HISTOLOGIA DOS ELEMENTOS DENTÁRIOS SUBMETIDOS AOS IMPLANTES TRANSDENTÁRIOS	82
6 ANÁLISE ESTATÍSTICA	85
7 RESULTADOS.....	86
7.1 PEÇAS ANATÔMICAS.....	86
7.2 TÉCNICAS CIRÚRGICAS.....	87
7.3 ENSAIOS BIOMECÂNICOS DESTRUTIVOS DO GRUPO 1 (INTEGRO/CONTROLE) .	88
7.4 ENSAIOS BIOMECÂNICOS.....	90
7.5 AVALIAÇÕES HISTOLÓGICA E TOMOGRÁFICA DOS ELEMENTOS DENTÁRIOS SUBMETIDOS AOS IMPLANTES TRANSDENTÁRIOS	102
8 DISCUSSÃO	106
9 CONCLUSÕES	117
REFERÊNCIAS.....	118
APÊNDICES	125

1 INTRODUÇÃO

As fraturas que acometem a mandíbula dos equinos têm grande importância por interferirem na alimentação e colocarem em risco a vida do animal. Quando há envolvimento dos dentes incisivos, e/ou do espaço interdental localizado entre os dentes incisivos e pré-molares, pode ocorrer dificuldade ou até mesmo incapacidade de apreensão dos alimentos (KNOTTENTBELT; PASCOE, 1998; RIBEIRO, 2006).

As fraturas mandibulares localizadas no espaço interdentário (diastema) são cirurgicamente desafiadoras porque, geralmente são bilaterais, instáveis e altamente contaminadas (SALDERN; O'KEEFFE, 2006).

Os princípios básicos de reparação de fraturas dos ossos da mandíbula devem obedecer alguns fatores para que se estabeleça uma consolidação perfeita: alinhamento oclusal, estabilidade adequada, ausência de danos em tecidos moles, preservação dos dentes e retorno imediato à função mastigatória; aspectos fundamentais para minimizar o tempo de recuperação óssea (MARRETA; SCHRADER; MATTHIESEN, 1990; TREMAINE, 1998).

Diferentes técnicas e materiais foram descritos para reduzir este tipo de fratura e incluem; a banda de tensão com fios de aço (cerclagem), resina de metacrilato, pinos de *Steinmann* intramedulares, parafusos de compressão, placas de compressão intraorais, barras em "U" e aparelhos de fixação externa sem pinos intramedulares (HENNINGER; BEARD, 1997; SALDERN; KEEFFE, 2006; BEARD, 2009; AUER, 2012).

Segundo Peavey et al. (2003), após realizar estudo biomecânico de diversas técnicas de fixação de fraturas, as placas são os aparatos mais estáveis e são apropriadas para o uso em fraturas instáveis localizadas no espaço interdentário (diastema) mandibular.

A mandíbula é coberta em seu aspecto lateral pelo masséter e em seu aspecto medial pelos músculos digástrico e pterigóideo. Este arranjo muscular resulta em uma superfície de tensão sobre o aspecto oral, especialmente durante a

mastigação, fato importante a ser considerado durante a fixação da fratura (TREMAINE,1998).

Segundo Kuemmerle et al. (2009) o reparo de fraturas de mandíbula representa um desafio para a fixação da placa por várias razões. Geralmente apenas uma placa pode ser implantada e não é possível que esta seja colocada na superfície de tensão dorsal da mandíbula. Além disto, as raízes dentárias limitam o posicionamento e tamanho dos parafusos. Isto promove um limitado contato com osso tratado o que resulta em uma fraca interface osso/parafuso.

A mandíbula do equino é submetida a repetidas forças durante a mastigação; portanto, as propriedades biomecânicas dos métodos de fixação são uma importante consideração no reparo da fratura. Fraturas instáveis podem resultar em dor durante a mastigação, maloclusão, redução da ingestão de alimentos, redução da digestibilidade, formação de calo ósseo exuberante e perda de cosmética (DeBOWES et al., 1981; TREMAINE, 1998; PEAVEY et al., 2003; KUEMMERLE et al., 2009; AUER, 2010).

2 JUSTIFICATIVA

A mandíbula dos equinos está sujeita a forças repetidas durante a mastigação, portanto, as propriedades biomecânicas dos métodos de fixação são uma importante consideração no reparo da fratura. Fraturas instáveis podem resultar em falha na fixação, quebra do aparato de síntese óssea, infecção e falha do implante, dor durante a mastigação e redução da ingestão de alimentos, assim como a formação de calo ósseo exuberante e perda da arquitetura normal da mandíbula (PEAVEY et al., 2003; DIXON; HAWKES; TOWNSEND, 2009).

As técnicas de fixação de fraturas localizadas no diastema mandibular com placas bloqueadas (Locking Compression Plate – LCP) no periósteo (AUER, 2001; KUEMMERLE et al., 2009) e o implante transdentário com placas de compressão dinâmica de contato limitado (Low Contact - Dynamic Compression Plate – LC-DPC) (SALDERN; KEEFFE, 2006) foram relatadas com excelentes resultados funcional e cosmético. Segundo os autores supracitados, estas técnicas seriam pouco invasivas, com mínima dissecação e fixação estável das fraturas e poderiam prevenir o risco da perfuração na região periapical de elementos dentários próximos ao foco da fratura. Em termos biomecânicos, o posicionamento lateral das placas usadas nestas técnicas é mais adequado para a estabilização de fraturas no diastema mandibular de equinos do que a posição ventral.

Como as informações obtidas na literatura relacionadas ao uso das técnicas supracitadas são escassas, algumas questões devem ser elucidadas: A estabilidade das fraturas localizadas no diastema mandibular de equinos oferecida pela utilização de placas LC-DPC semelhante à proporcionada pela placa DCP que justificaria o seu uso em substituição à esta última, que teve sua fabricação descontinuada? Dependendo da configuração da fratura, seria possível implantar os parafusos bloqueados e a placa LCP em posição rostral aos dentes segundos pré molares com adequada estabilidade? Quais são as praticidades e dificuldades da aplicação desta técnica?

O implante de parafusos corticais através da coroa clínica oferece uma estabilidade adequada? Há riscos de fratura da coroa clínica durante a instalação do implante ou quando a mandíbula é submetida á carga mastigatória? Pode ocorrer o desenvolvimento de pulpite e conseqüente perda dentária se alguma câmara pulpar do elemento dentário for afetada? Quais são as praticidades e dificuldades da aplicação desta técnica?

Como as fraturas mandibulares localizadas no espaço interdentário (diastema) são cirurgicamente desafiadoras e com variadas configurações; a comprovação da viabilidade de diferentes técnicas poderá contribuir com novas opções de técnicas de reparo, possivelmente com menores complicações pós-cirúrgicas e aumentar a possibilidade de sucesso no reparo destas fraturas.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Para total compreensão dos objetivos e resultados deste estudo, serão abordados aspectos relativos à morfofisiologia da mandíbula, biomecânica da mastigação, a ocorrência e diagnóstico de fraturas de mandíbula, técnicas de fixação de fraturas rostrais de mandíbula e suas complicações pós-operatórias.

3.1 CONSIDERAÇÕES MORFOFISIOLÓGICAS DA MANDÍBULA DE INTERESSE CLÍNICO CIRÚRGICO

Os equinos são classificados como gnatostomatas, pois possuem mandíbula móvel (PEYER, 1968; EASLEY, 1996; DIXON, 2005). A mandíbula, osso mais largo da face do equino, é composta por duas hemi-mandíbulas que se fundem aos 2-3 meses de idade. São fusionadas na linha média rostral em uma sínfise óssea (sínfise mandibular) por meio de uma sincondrose e usualmente são descritas como um único osso. A mandíbula é constituída por um corpo e dois ramos verticais. (GETTY, 1986; TREMAINE, 1998; DACRE, 2006; KNOX; CRABILL; HONNAS, 2005; DIXON; TOIT, 2011; AUER, 2012).

Cada hemi-mandíbula contém o corpo, parte horizontal espessa que apresenta os dentes e o ramo, orientado verticalmente. O corpo é composto de uma parte incisiva, que contém os dentes incisivos, e outra molar, que contém os dentes pré-molares e molares (GETTY, 1986; KNOX; CRABILL; HONNAS, 2005; AUER, 2012).

Entre os dentes incisivos e os pré-molares, no aspecto rostral da mandíbula no ramo horizontal, há um diastema (“barras da mandíbula”). No diastema, em seu aspecto dorsal, encontram-se os alvéolos para os dentes caninos nos machos (DACRE, 2006). A cavidade alveolar dos caninos mandibulares estende-se de 5 a 7 cm distal na direção dos segundos pré-molares, no diastema mandibular. Esta

característica anatômica dos machos deve ser levada em conta em casos de fraturas localizadas no diastema mandibular, pois, nestes casos, a exodontia do dente canino deve ser considerada. O diastema mandibular pode sofrer injúrias devido ao uso excessivo ou agressivo de embocaduras causando sequestro ósseo ou periostite local (EASLEY, 2004; CALDWELL, 2006).

No aspecto rostro lateral do ramo horizontal da mandíbula, na junção das partes incisiva e molar, apresenta-se o forame mental, rostral ao 2° pré molar (GETTY, 1986; DACRE, 2006).

A parte molar estende-se caudal a parte incisiva. Possui duas faces, duas bordas e duas extremidades. A face lateral é lisa e levemente convexa de uma extremidade a outra. A face medial é lisa e apresenta uma depressão longitudinal rasa no seu centro; dorsal a esta existe uma tênue linha miloideia para inserção do músculo de mesmo nome. Na parte ventral da junção com a parte incisiva há uma pequena fossa para inserção dos músculos genioglosso e genióide. Caudal ao diastema mandibular a borda dorsal é escavada por seis alvéolos dentários dos dentes pré-molares e molares inferiores (GETTY, 1986, KNOX; CRABILL; HONNAS, 2005). Esta parte do corpo horizontal de cada hemi-mandíbula é completamente ocupada pelas coroas de reserva dos dentes molares e pré-molares mandibulares, particularmente em potros, e, quando ocorre a extrusão destes dentes com o avançar da idade, o formato de sua borda ventral muda de arredondada para angulada e sua espessura diminui (TREMAINE, 1998; DACRE, 2006).

A borda ventral de cada hemi-mandíbula encurva-se bruscamente em direção dorsal para formar o ângulo que une o corpo aos ramos. O ramo é a parte vertical de cada mandíbula que é alargada e oferece área de inserção muscular. A face lateral é coberta em seu aspecto lateral pelo músculo masséter e pelos músculos digástrico e pterigóideo em sua superfície medial. A face medial côncava é marcada em suas partes ventral e caudal por rugosidades para inserção do músculo pterigóideo medial (GETTY, 1981; TREMAINE, 1998; KNOX; CRABILL; HONNAS, 2005).

Cada hemi-mandíbula articula-se com o osso temporal escamoso da articulação temporomandibular (KNOX; CRABILL; HONNAS, 2005; DIXON; TOIT,

2011). A articulação temporomandibular é sinovial, formada pelo processo zigomático do osso temporal e pelo côndilo da mandíbula (SCHUMACHER, 2006; TOWNSEND; WELLER; 2011).

Os músculos masséter e pterigóideo são os músculos mastigatórios mais desenvolvidos no cavalo. Este desenvolvimento é resultado da extensa excursão lateral da mandíbula associada à fase de impacto durante a mastigação (DACRE, EM; 2006). Este arranjo muscular resulta em uma superfície de tensão que começa no aspecto oral, especialmente durante a mastigação, a qual se torna importante durante a fixação de fraturas (TREMAINE, 1998; PEAVEY et al., 2003).

O músculo masséter é muito compacto, cruzado por vários feixes tendíneos. Origina-se a partir de toda a extensão da crista facial e arco zigomático, estende-se desde a incisura dos vasos faciais e insere-se ao longo do aspecto caudolateral da mandíbula (KÖNIG; LIEBICH, 2002; DACRE; EM, 2006). As fibras do masséter superficial correm quase verticalmente, enquanto as fibras profundas correm em direção ventrocaudal (DACRE; EM, 2006). O masséter apresenta até 15 feixes tendinosos, que seguem sagitalmente em camadas distintas. As camadas superficiais originam-se na crista facial, seguem em direção caudoventral e inserem-se na margem caudal da mandíbula. A porção profunda segue o arco zigomático, inserindo-se no ramo da mandíbula. O masséter puxa a mandíbula para o lado ipsilateral e também contribui para o seu fechamento (KÖNIG, LIEBICH, 2002).

Os músculos pterigóideos lateral e medial têm origem e inserções semelhantes aos do masséter e repousam no aspecto medial da mandíbula (KÖNIG; LIEBICH, 2002; DACRE; EM, 2006). O músculo pterigóideo lateral desloca a mandíbula no sentido caudorostral e juntamente com o pterigóideo medial realiza o fechamento da mandíbula (KÖNIG; LIEBICH, 2002).

O músculo digástrico origina-se no osso occipital e insere-se no aspecto caudal da mandíbula; é um pequeno músculo porque o esforço requerido para abertura da boca é pequeno devido à ação da gravidade (DACRE; EM, 2006). Traciona caudalmente a mandíbula e abre a rima bucal (KÖNIG; LIEBICH, 2002).

O músculo temporal preenche completamente a fossa temporal e conecta-se, em parte, com o masséter e insere-se no processo coronóide da mandíbula. Este músculo auxilia no fechamento da mandíbula (KÖNIG; LIEBICH, 2002).

Este arranjo muscular possibilita que uma hemi-mandíbula intacta suporte parcialmente um lado contralateral fraturado (AUER, 2006).

A inervação da maxila, mandíbula e estruturas dentárias e todos os músculos envolvidos na mastigação são inervados pelo nervo trigêmeo emerge do crânio logo abaixo das orelhas. O nervo trigêmeo corre rostral e transversalmente e divide-se nos ramos oftálmico, maxilar e mandibular. O ramo mandibular do nervo trigêmeo enerva a pele e membrana mucosa oral. A inervação motora dos lábios inferiores é via ramo ventral bucal do nervo facial (PENCE, 2002; DACRE, EM; 2006; DIXON; TOIT, 2011).

A inervação sensorial dos lábios inferiores é via ramos do nervo mental (originado no 5° par de nervos craniano) que entra através do forame mandibular no aspecto medial do ramo vertical, na altura da superfície oclusal dos dentes molares, e então corre rostroventralmente ao longo do canal mandibular. O canal mandibular passa no aspecto ventral do ápice das raízes dos dentes molares e pré-molares (TREMAINE, 1998; DIXON, 2005).

O ramo principal do nervo mental emerge através do forame mental no aspecto rostrolateral do ramo horizontal, no diastema, aproximadamente no meio do caminho entre os segundos pré-molares inferiores e os incisivos, enquanto um ramo menor continua rostralmente em um pequeno canal ao longo da vasculatura dos incisivos mandibulares. (TREMAINE, 1998; DIXON, 2005; DACRE, 2006, SCHUMACHER, 2006; DIXON; TOIT, 2011).

Os suprimentos arteriais principais da mandíbula são as artérias labial, mandibular e palatofacial (TREMAINE, 1998). A artéria palatofacial origina-se da artéria carótida externa, na superfície profunda da porção ventrocaudal do músculo digástrico, e corre ventral e rostralmente na parede lateral. Na borda caudal do músculo estilo-hioideo dá origem à artéria labial e torna-se a artéria facial. Além das artérias facial e labial, originam-se da artéria palatofacial as artérias palatina e lingual

(GETTY, 1986; ASHDOWN; DONE, 2011). A artéria facial penetra na face acompanhada pela veia facial e pelo ducto parotídeo, cobertos pela fáscia músculo cutânea (DYCE et al., 2010).

A mucosa delgada é parte frágil do tecido mole oral e é continua com a membrana dos dentes molares e pré-molares, lábios e assoalho da boca (KLUGH, 2006).

O periodonto é o aparato de ligação entre o dente e o osso alveolar. Os tecidos que compõem o periodonto suportam os dentes. É composto pela gengiva que circunda o dente, pelo ligamento periodontal, cemento, e pelo osso que reveste o alvéolo dentário. O dente é mantido no osso incisivo, mandibular ou maxilar por meio da combinação de esforços destas estruturas em uma articulação fibrosa chamada gonfose. Este é um tipo de articulação na qual um objeto cônico (dente) é inserido e mantido no interior de uma cavidade (alvéolo dentário) (GIECHE, 2010).

A gengiva é extensão da membrana mucosa oral a qual cobre o processo alveolar da mandíbula. A gengiva adere firmemente ao dente em sua borda e nas suas raízes. Eles unem-se ao osso alveolar graças às fibras de tecido conectivo. A gengiva é pobremente inervada, mas é ricamente vascularizada (LYCZEWSKA-MAZURKIEWICZ et al., 2003).

Esta estrutura é a parte da mucosa bucal que recobre o processo alveolar e as porções cervicais do dente. É dividida em gengiva livre e inserida. A divisão entre os 2 tipos é uma linha imaginária entre o fundo de sulco gengival e a superfície gengival oposta a ele. A gengiva inserida estende-se deste ponto até a junção mucogengival. Abaixo desta linha, a mucosa alveolar é contínua, sem nenhuma demarcação com a mucosa da bochecha, lábio e assoalho da cavidade oral (GOLDMAN; COEHN, 1983).

A gengiva livre que faceia e circunda o dente também é um componente do periodonto. É uma borda terminal sem inserção, que circunda o dente como um colar. O sulco gengival é um espaço superficial ao redor do dente. É delimitado de um lado pela gengiva e do outro pelo dente. A profundidade do sulco gengival varia de acordo com a localização do dente equino. Nos dentes incisivos, caninos, e

segundo pré-molar a profundidade tem até 3 milímetros e nos demais dentes até 5 milímetros. A gengiva inserida é contínua à margem gengival. Esta está fortemente ligada ao perióstio subjacente e ao osso alveolar e estende-se para a mucosa alveolar relativamente solta na junção mucogengival (GIECHE, 2010).

O ligamento periodontal (LP) é composto por um tecido conectivo multifuncional que preenche o espaço periodontal entre o dente e o osso alveolar. As fibras colágenas do LP (fibras de Sharpey) são firmemente embebidas no cimento dentário e no osso alveolar (KILIC; DIXON; KEMPSON, 1997c; MITCHELL, 2003; STASZYK et al., 2006b).

O aparato de fibras colágenas do LP é especificamente concebido para fixar o dente ao osso alveolar e suportar pressão e tensão de diferentes categorias de forças durante a mastigação. Além disto, este aparato de fibras colágenas torna possível a contínua e prolongada erupção do dente hipsodonte do equino e o mantém em sua posição original (MITCHELL; KEMPSON; DIXON, 2003; STASZYK; GASSE, 2004; STASZYK et al., 2006b). Isto só é possível graças à orientação multidirecional das fibras colágenas do LP. Dez diferentes grupos são classificados de acordo com seus arranjos espaciais: 1- cimento gengival, 2- perióstio gengival, 3- alvéolo gengival, 4- cimento periostal, 5- alvéolo cemental, 6-cimento periodontal, 7- cimento cemental, 8- alvéolo alveolar, 9- periodonto – periodontal e 10- gengivo gengival (STASZYK et al., 2006b).

Em um dente saudável, o atrito e erupção são balanceados de modo a manter a coroa clínica (parte extra-alveolar) em uma altura constante. Em contraste, a coroa de reserva (parte intra-alveolar) diminui com o avançar da idade. Os requerimentos funcionais contrários de suportar o dente em sua posição comparado com a contínua erupção, assim como o encurtamento contínuo da coroa de reserva intra-alveolar, que diminui em seu comprimento vertical com o atrito dentário progressivo, indicam que o aparato de fibras colágenas do LP é altamente adaptativo, respondendo continuamente as mudanças dinâmicas no ambiente periodontal (STASZYK; GASSE, 2004).

As funções variam de acordo com a localização do ligamento periodontal. Estas características são encontradas no aparato de fibras colágenas periodontais e o sistema vascular. A integração entre os vasos sanguíneos no interior dos ligamentos periodontais não é uniforme e são descritos 3 tipos distintos de arranjos fibrovasculares. No tipo I, grupos de vasos sanguíneos estão inclusos (“embrulhados”) em uma bainha chamada de “manto de células”, juntamente com tecido conectivo frouxo próximo ao osso alveolar. No interior das bainhas, grupos de vasos sanguíneos apresentam-se como irregulares aglomerados de secção transversal de arteríolas, capilares, vênulas, e fibras nervosas. O tecido conectivo frouxo preenche os espaços no interior das bainhas e são orientados paralelamente ao eixo longo dos vasos. Seu componente celular predominante são fibroblastos. A bainha formada pelos mantos de células isola e protege grupos de vasos sanguíneos distintos de deformações do tecido adjacente (STASZYK et al., 2006b).

No tipo II, vênulas individuais são ancoradas em um sistema de fibras específico. Este arranjo fibrovascular está presente nos espaços periodontais nos sentidos buco lingual ou buco palatal. Perfis simples de fibras pós-capilares estão integradas entre feixes de fibras colágenas densas. Mantos de células simples e células de músculo liso estão dispostos nas pontas dos feixes vasculares (STASZYK et al., 2006b).

Finalmente, no tipo III, extensas vênulas ingurgitadas preenchem quase todo espaço periodontal entre o osso alveolar e o cimento na direção disto mesial. A função dos ligamentos periodontais tipo II e tipo III é receber as forças geradas nos dentes pelos movimentos mastigatórios. Os ligamentos periodontais tipo II sustentam as forças de tração enquanto os ligamentos periodontais tipo III agem como um amortecimento hemodinâmico (STASZYK et al., 2006b).

O estudo histológico de secções do LP na altura da gengiva, no meio da coroa de reserva e na região apical, analisados por microscopia convencional e polarizada, demonstrou que a região apical de animais jovens, entre 1 e 5 anos de idade, não apresenta fixação periodontal. Em animais mais velhos, acima de 6 anos, as raízes são firmemente fixadas ao alvéolo por meio do LP. Este estudo demonstrou que o número de fibras colágenas, que aumenta com a idade,

providencia uma fixação mais firme do ápice da raiz dentária com o alvéolo dentário em animais adultos (STASZYK et al, 2006b).

Cada dente está inserido no interior de um alvéolo dentário, o qual é composto por três camadas de osso alveolar. A camada mais interna, muito compacta, é chamada de placa cribiforme. No exame radiográfico, esta aparece como uma fina linha radioluscente; radiograficamente chamada de lâmina dura. A placa cribiforme é coberta pelo LP e pelas fibras largas de *Sharpey's* que estão inseridas neste aspecto do alvéolo. A camada média é composta por osso esponjoso e a camada externa por osso cortical (TOIT, 2006).

Em cada elemento dentário dos equinos ocorre uma combinação de propriedades de elasticidade e plasticidade diferentes, proporcionadas pela inter-relação dos três tecidos dentários: o cimento, a dentina e o esmalte (TREAMINE, 1997; PAGLIOSA, 2004).

O cimento situa-se na periferia dos dentes e preenche o infundíbulo dos dentes pré-molares e molares maxilares, sendo um tecido vivo somente na porção subgingival, onde os cementoblastos são nutridos pela vasculatura do LP (DIXON, 2005). Entretanto, este suprimento vascular é perdido logo após a erupção (como parte da coroa clínica) quando o cimento pode ser considerado um tecido inerte (MITCHELL; 2004). Dentro do alvéolo dentário e mais especificamente na região subgingival acima da crista facial ocorre a deposição de cimento durante toda a vida do equino (MITCHELL, 2004; DIXON, 2005; DACRE, 2006). Este é composto por 65% de cristais de hidroxiapatita (composição inorgânica) e 35% de água e fibras colágenas (composição orgânica) (DIXON, 2005).

O cimento é um tecido conectivo calcificado especializado que fornece ancoragem para as fibras do LP e condições para a erupção de dentes braquiodontes e hipsodontes. Seu alto conteúdo orgânico e água proporcionam-lhe alguma flexibilidade (como a dentina), permitindo a este fornecer o suporte necessário para o esmalte. Em todos os equinos, (particularmente quando se tornam maduros), o cimento também contribui significativamente para manutenção estrutural do tamanho e resistência da coroa e raízes durante a erupção como um

grande depósito de material neste sítio, e possivelmente ajuda a prevenir o surgimento de diastemas (KILIC; DIXON; KEMPSON, 1997c; MITCHELL, 2004; DIXON, 2005; DACRE, 2006).

Nos dentes do equino, o cimento periférico circunda toda a coroa e invagina-se profundamente na coroa de reserva, particularmente em molares e pré-molares mandibulares durante erupção. O cimento é o mais adaptável dos tecidos dentários calcificados e pode ser rapidamente depositado em resposta a injúrias como infecção e trauma, o que pode ser observado por grandes deposições de cimento no ápice de dentes de equinos portadores de infecções crônicas, algumas vezes provocando a anquiloze do dente infectado ao alvéolo e osso adjacente (DIXON, 2005).

A dentina envolve a polpa sendo o tecido dentário mais abundante. É composta por 70% de cristais de hidroxiapatita (composição inorgânica) e 30% por água, fibras colágenas e mucopolissacarídeos (composição orgânica). É o único tecido ativo da superfície oclusal, sendo responsável pelas atividades de reparo dentário e obliteração da polpa durante a erupção constante do dente, depositando dentina secundária sintetizada a partir dos odontoblastos (KILIC; DIXON; KEMPSON, 1997b, DIXON, 2005).

A dentina pode ser classificada em dois tipos, nominados como dentina primária e secundária. A dentina secundária pode ser subdividida em regular (fisiológica) e irregular (patológica, reparativa ou terciária) (KILIC; DIXON; KEMPSON, 1997b).

Em estudos recentes, Dixon e Toit (2012) relatam a presença de outro tipo de dentina, a terciária que se forma em resposta a insultos locais pode ser subdividida em dentina terciária reacionária se formada a partir de odontoblastos pré existentes ou dentina terciária reparativa se for a partir de células mesenquimais indiferenciadas. De maneira semelhante, células de tecido conectivo indiferenciado da polpa podem ser estimuladas a se diferenciar em odontoblastos. No dente equino, odontoblastos sintetizam dentina secundária regular e irregular na periferia do corno pulpar ao longo da maior parte da vida do dente, a qual gradualmente

reduz o tamanho da cavidade pulpar e eventualmente é totalmente preenchida. Segundo os autores supracitados, no dente, logo após ser submetido a um insulto como uma injúria traumática, cáries ou atrito excessivo, a dentina primária pode responder por meio do desenvolvimento de esclerose dos túbulos dentinários que microorganismos ou seus produtos moleculares ganhem acesso à polpa, um mecanismo de defesa adicional a deposição de dentina terciária.

A dentina do dente hipsodonte possui túbulos dentinais calcificados e outros abertos na superfície oclusal, podendo também ter função sensitiva à semelhança da dentina oclusal humana (KEMPSON; DAVIDSON; DACRE, 2003).

Segundo Dixon e Toit (2012) a profundidade média da dentina secundária oclusal mandibular é de 10,8mm e não parece aumentar com o avanço da idade.

O esmalte é a substância mais resistente do organismo do equino. É composto por 98% de cristais de hidroxiapatita (composição inorgânica) e 2% de queratina (composição orgânica), porém é frágil (quebradiço) por ser pouco elástico e por possuir pequena deformação plástica. O esmalte, com seu alto conteúdo mineral e com ausência de inclusões celulares (ao contrário do cimento e da dentina) pode ser considerado um tecido inerte ou “morto”. Está disposto em pregas e invaginações (arquitetura prismática), formando irregularidades na superfície oclusal, o que aumenta e facilita o atrito e a abrasão. O esmalte é mais espesso nas áreas de maior pressão mastigatória, que correspondem à borda palatal da superfície oclusal dos dentes pré-molares e molares maxilares e à borda bucal da superfície oclusal dos dentes pré-molares e molares mandibulares (KILIC; DIXON; KEMPSON, 1997a; DIXON, 2005).

A arquitetura prismática e interprismática do esmalte divide a dentina oclusal em áreas menores, protegendo-a do desgaste excessivo. O esmalte pode ser classificado de acordo com sua arquitetura prismática e interprismática (DIXON, 2005).

Segundo Dixon (2005) os dentes do equino são compostos principalmente por 2 tipos de esmalte; os esmaltes tipo1 e tipo 2. O esmalte tipo 1 é composto de camadas paralelas de esmalte prismático e placas achatadas de esmalte

interprismático. A presença de placas de esmalte interprismático torna este tipo de esmalte muito duro, porém, quebradiço. Os dentes molares/pré-molares, especialmente os dentes maxilares são compostos, principalmente por esmalte tipo 1, o qual permite que estes dentes resistam as forças de desgaste intenso e repetitivo da mastigação por mais de 20 horas por dia. O esmalte tipo 2 é composto exclusivamente de grupos de esmalte prismático que são estreitamente intercalados em pacotes em formato de “espaguete” em 3 dimensões, o que o torna muito resistente à quebra, embora não seja tão resistente às forças de desgaste quanto o esmalte tipo 1. Os incisivos são compostos, principalmente, por esmalte tipo 2.

De acordo com Kilic et al. (1997a) a espessura do esmalte equino varia muito em todo seu plano transversal. É mais espessa nas áreas onde as pregas são paralelas ao eixo longo da mandíbula. O esmalte periférico possui pregas maiores na mandíbula e isto parece compensar a ausência do infundíbulo nos dentes molares e pré-molares mandibulares. O estudo realizado por estes autores revelou uma maior espessura do esmalte periférico na face bucal (média 1,02mm \pm 0,22-1,03) do que na face lingual (média 0,79mm \pm 0,65-0,91). Este estudo mostrou que, nas pregas, o esmalte é mais espesso.

Dacre, Shaw e Dixon (2008) estudaram a anatomia endodôntica normal de 100 elementos dentários de equinos entre 1 e 12 anos de idade, por meio de cortes histológicos descalcificados e tomografia computadorizada axial. Nos cortes realizados a partir de 2 a 6 mm da superfície oclusal foi verificado que ao tecido pulpar estava presente em 22% dos dentes mandibulares e não tinham sido substituídos por dentina. Estes autores conseguiram determinar o número de câmaras pulpares de pré-molares e molares. Na mandíbula, foram encontradas 6 câmaras pulpares no 2º pré-molar (série 6 do sistema de Triadan modificado); 5 no 3º, 4º pré-molares, 5 no 1º e 2º molares e 7 câmaras pulpares no 3º molar. Foi observada a comunicação entre as câmaras pulpares em 37% dos dentes mandibulares.

3.2 BIOMECÂNICA DA MASTIGAÇÃO

O sistema mastigatório, extremamente complexo, é constituído de ossos, músculos, ligamentos e dentes. Os movimentos são regulados por um intrincado mecanismo de controle neurológico. Cada movimento é coordenado para maximizar a função, ao mesmo tempo em que minimiza danos a quaisquer das estruturas. Um preciso movimento da mandíbula, executado pelos músculos, é necessário para movimentar os dentes, eficientemente, durante a função. A mecânica e a fisiologia desses movimentos são as bases para o estímulo da função mastigatória (OKESON; 2000).

O aparato dentário do equino foi desenvolvido para quebrar grãos duros e triturar plantas ricas em sílica e celulose, o que requer uma força mastigatória muito maior se comparado aos animais carnívoros (LYCZEWSKA-MAZURKIEWICZ et al., 2003).

Os equinos são animais de pastoreio contínuo. Em seu *habitat*, um equino mastiga por um tempo que equivale até setenta e cinco por cento do dia (DIXON, 2003). Os lábios móveis do cavalo juntam a forragem entre os incisivos superiores e inferiores, os quais têm faces oclusais aplainadas que permitem um eficiente corte da pastagem junto ao solo. A articulação temporomandibular (ATM) permite a movimentação lateral da mandíbula (excursão lateral da mandíbula), o que torna os dentes pré-molares e molares uma eficiente unidade de mastigação e trituração (TREMAINE, 1997; BAKER, 2005). A articulação sinovial entre os côndilos mandibulares e os ossos temporais permite movimentos no plano lateral e vertical durante a mastigação (TREMAINE, 1998). A mastigação é baseada na repetição de um movimento cíclico, que resulta de contrações rítmicas e controladas de um grupo de músculos associados com a abertura e o fechamento da mandíbula e maxila (BAKER, 1998).

Diferentemente dos carnívoros, que possuem a mordida com maior intensidade durante o movimento vertical, a apreensão do equino possui a maior força na mordida no sentido transversal, levando ao desenvolvimento mais

acentuado dos músculos mastigatórios masséter e pterigóideo medial e menor desenvolvimento dos músculos temporais. Durante a mastigação os equinos também apresentam movimentação caudorostral o que auxilia no movimento laterolateral de trituração do alimento (DIXON, 2005).

Baker (2005) descreveu o ciclo mastigatório do equino nas seguintes fases: abertura, fechamento, impacto, atrito e retorno. Pagliosa et al. (2006) realizaram uma análise mais detalhada da fase de impacto e atrito (IA). Na fase IA, considerando-se sua localização inicial e distribuição na superfície oclusal, bem como as diferentes intensidades de força geradas pelo movimento mandibular durante sua ocorrência, pode-se supor que a mastigação no equino tem outros efeitos sobre o alimento além da trituração. Segundo esses autores, na fase IA ocorre um efeito de esgarçamento das fibras de forragem, ou seja, seu rompimento ou fragmentação. O efeito de esgarçamento seria resultado da combinação de máximo impacto de força promovida pelo deslocamento mandibular e a abrasão gerada pela superfície cortante das pontas de esmalte.

As forças geradas durante a mastigação afetam os dentes, o periodonto, os ossos mandibulares, as ATMs, assim como os materiais a serem usados na terapia odontológica (HUTHMANN et al., 2008).

Em repouso na posição de oclusão cêntrica, os dentes molares/pré-molares não apresentam contato oclusal e portanto não há resultante de forças. Nesta posição, os únicos pontos de contato são os incisivos e as ATMs. Existe um “espaço interoclusal” de aproximadamente 1 a 3 mm entre os elementos dentários da maxila e da mandíbula (DELOREY, 2007).

Staskyz et al. (2006a) mediram a carga mastigatória de 12 equinos do tipo *Warmblood* por meio de sensores colocados sobre a oclusal dos dentes mandibulares 306/307 e 406/407. Foram observados dois picos de força durante um ciclo mastigatório do equino: um pico inicial de 248 ± 117 Newtons (N) com duração de $0,27 \pm 0,08$ segundos e um pico maior de 875 ± 278 N com duração de $0,59 \pm 1,3$ segundos. A força máxima de mordida foi de 1758N. Estes diferentes momentos

de força refletiram duas fases distintas do ciclo mastigatório, o fechamento (pico menor) e o impacto (ciclo maior).

Como acessibilidade aos dentes molares localizados na porção mais caudal da cavidade oral para a mensuração das forças mastigatórias nestes dentes é limitada e virtualmente impossível, Huthann et al. (2008) desenvolveram um modelo matemático como meio indireto para mensurar a carga mastigatória na região. Foram consideradas as particularidades anatômicas do equino, como, por exemplo, a curva de *Spee* (curvatura ântero-posterior da mandíbula). Foi observado que as forças mastigatórias aumentam de rostral para caudal devido a posição da curva de *Spee*, a posição do dente e a extensão da mandíbula. Em animais mais velhos as forças de mastigação diminuem devido à redução da altura da curva de *Spee*. As forças mastigatórias na fase de fechamento variaram em média desde 248N nos dentes 306/406 até 554N nos dentes 311/411. Na fase de impacto as forças mastigatórias variaram de 875N nos dentes 306/406 até 1956N nos dentes 311/411.

3.3 FRATURAS DE MANDÍBULA EM EQUINOS

Diversos autores afirmam que a mandíbula é o osso mais comumente fraturado na cabeça do equino (DeBOWES et al., 1981; TREMAINE, 1998; PEAVEY et al., 2003; KUEMMERLE et al., 2009; AUER, 2010). Como a cabeça é a porção mais rostral de todo equino, esta região é particularmente sujeita a traumas (ASHDOWN; DONE, 2011).

Estas injúrias são resultantes de traumas causados por coices, quedas, colisões, ou ainda, por movimentos bruscos de afastamento no momento que estão mordendo objetos fixos como portas, cercas, cochos ou arames, que resultam em fraturas dos incisivos (TREMAINE, 2004; BEARD, 2009; AUER, 2012).

Fraturas iatrogênicas podem ocorrer durante a exodontia ou secundária à presença de osteossarcoma ou osteomielite no sítio em questão (BELSITO; FISCHER, 2001; AUER, 2010).

Alguns autores consideram que as fraturas de mandíbula são frequentes em equinos devido ao seu temperamento e condições de manejo (RAGLE, 1993; ALVES et al., 2008).

As fraturas mandibulares são classificadas em 4 tipos de acordo com sua localização anatômica: fraturas da área incisiva, do espaço interdental (no diastema mandibular), do ramo vertical e do ramo horizontal da mandíbula (BELSITO & FISCHER, 2001).

Na cabeça dos cavalos, as fraturas mais comuns de maxila e mandíbula são localizadas nas regiões anteriores, rostrais aos dentes pré-molares (RAGLE, 1993; VALADÃO et al., 1994; HENNINGER et al., 1999; ALVES et al., 2008).

Segundo Peavey et al. (2003) as fraturas que envolvem o diastema mandibular são bilaterais com uma configuração transversa ou levemente oblíquas.

As fraturas que acometem a mandíbula e maxila dos equinos têm grande importância por interferirem na alimentação e colocarem em risco a vida do animal. Quando há envolvimento dos dentes incisivos e/ou do diastema pode ocorrer dificuldade ou até mesmo incapacidade de apreensão dos alimentos podendo levar a graus variáveis de morbidade devido à inapetência ou à anorexia ocasionadas pelo desalinhamento dentário e pela dor (RAGLE, 1993; VALADÃO et al., 1994; KNOTTENTBELT; PASCOE, 1998; RIBEIRO, 2006).

As fraturas mandibulares de bovinos e equinos localizadas no espaço interdental (diastema) são cirurgicamente mais complicadas porque geralmente são bilaterais, instáveis e altamente contaminadas (COLAHAN; PASCOE, 1983; SALDERN; O'KEEFFE, 2006).

A maioria das fraturas apresenta moderada injúria de tecidos moles, com exposição do coto ósseo para mucosa oral e flora microbiana (TREMAINE, 1998; PEAVEY et al., 2003).

O reparo cirúrgico é indicado nos casos de fraturas instáveis, deslocadas ou bilaterais, maloclusão ou incapacidade de comer e beber devido á dor (KUEMMERLE et al., 2009; AUER, 2012).

Segundo Auer (2012) na maioria dos casos o reparo de fratura de mandíbula e incisivos não é uma emergência, o que permite um tempo adequado para o planejamento cirúrgico.

Se adequada estabilização é obtida, independentemente do trauma ósseo e de tecidos moles adjacentes, as fraturas mandibulares têm boa cicatrização devido ao excelente suprimento vascular regional (BELSITO; FISCHER, 2001, AUER, 2012).

3.4 DIAGNÓSTICO DE FRATURA MANDIBULAR

As primeiras manifestações clínicas de fratura de mandíbula são a perda de apetite e queda do lábio. Observa-se ainda disfagia, halitose, hemorragia oral, salivação, dor e edema de tecidos moles, instabilidade, maloclusão e perda do alinhamento ósseo (TREMAINE, 1998; AUER, 2006). Odor fétido está presente em fraturas expostas que ocorreram há vários dias. Pode ocorrer movimentação independente de cada hemi-mandíbula. O paciente pode ser relutante à manipulação da mandíbula e exame da cavidade oral devido à dor. A protusão de língua deve alertar o clínico sobre a possibilidade de fratura bilateral. A salivação é decorrente da incapacidade de fechar a boca (AUER, 2012). De acordo com Knox et al. (2005) os sinais clínicos variam de acordo com o sítio da lesão. Em alguns casos os equinos começam a salivar excessivamente e, uma vez que o sinal clínico é investigado, a fratura da mandíbula é diagnosticada (AUER, 2010).

Segundo Auer (2010) um detalhado exame físico do animal, assim como da região lesionada em particular, deve ser realizado antes da realização da cirurgia. Atenção especial deve ser dada às desordens metabólicas, desequilíbrio ácido base e subnutrição. O equino pode estar muito fraco devido à incapacidade de alimentar-se e isto deve ser levado em consideração no momento do preparo para a anestesia.

O exame clínico deve incluir a observação e palpação digital da mandíbula externamente, incluindo cuidadosa manipulação da articulação temporomandibular e todos os dentes mandibulares. Achados sugestivos de fraturas são a assimetria da mordida quando a boca está fechada, a inabilidade de fechar a boca e a dor severa durante a manipulação da mandíbula (TREMAINE, 1998).

O diagnóstico, na maioria dos casos, não é difícil, porém, outras estruturas podem estar concomitantemente lesionadas como dentes e nervos cranianos. O paciente pode tornar-se significativamente desidratado após hemorragia e perda de saliva. Esta desidratação pode ser potencializada pela relutância em beber água (AUER, 2012). O exame físico possibilita identificar o local da fratura pela crepitação e desalinhamento dos dentes incisivos (ALVES et al., 2008).

O exame radiológico é recurso auxiliar indispensável para a avaliação precisa da extensão e natureza da fratura. Posições latero-lateral, dorso-ventral e oblíquas permitem a definição da fratura e a comparação com a porção contra-lateral da mandíbula. Radiografias intraorais permitem melhor definição de fraturas mandibulares rostrais. Porém, esta técnica radiológica somente pode ser realizada sob anestesia ou sedação intensa (RAGLES, 1993; VALADÃO et al., 1994; DeBOWES, 1996; GALLO, 2004; AUER, 2010).

O exame radiológico é capaz de identificar as fraturas mesmo se houver pequeno desalinhamento ou instabilidade. As imagens radiográficas também podem localizar precisamente as raízes dentárias em relação à fratura, o que auxilia na elaboração do plano cirúrgico que evitará lesar o dente permanente. Radiografias auxiliam na detecção de formação de potencial sequestro ósseo em casos crônicos (AUER, 2012).

3.5 TÉCNICAS DE FIXAÇÃO DE FRATURAS ROSTRAIS DE MANDÍBULA

O objetivo da fixação da fratura de mandíbula é restaurar o alinhamento oclusal e permitir a imediata restauração da função através da fixação rígida. A fixação ideal deve produzir mínimas injúrias aos tecidos moles, estruturas neurovasculares, coroa de reserva e raízes dentárias (TREMAINE, 1998).

Os princípios básicos de reparação de fraturas dos ossos da mandíbula devem obedecer alguns fatores para que se estabeleça uma consolidação perfeita: alinhamento oclusal, estabilidade adequada, ausência de danos em tecidos moles, preservação dos dentes e retorno imediato à função (MARRETA; SCHRADER; MATTHIESEN, 1990).

Embora poucas estruturas realmente vitais sejam associadas aos ossos da mandíbula, existem várias estruturas dentais, neurovasculares e ductos que devem ser preservados durante o reparo cirúrgico. Particularmente, deve-se observar a dimensão e a orientação da coroa de reserva e raízes dentárias, pois estes aspectos irão orientar o cirurgião no direcionamento da colocação dos implantes para evitar o contato com estas estruturas (DeBOWES, 2001).

De acordo com Auer (2012) dentes com mobilidade nunca devem ser removidos até que a fratura tenha cicatrizado. Deve haver uma evidência clara de que o elemento dentário está desvitalizado. Durante o ato cirúrgico, nem sempre é possível determinar a viabilidade do dente. Muitos dentes sobrevivem mesmo quando soltos ou fraturados durante a cirurgia. Os dentes têm uma função vital de esteio local para os finos ossos da mandíbula e para os dentes circunvizinhos quando a cerclagem é usada no reparo.

Vários fatores contribuem com o cirurgião para a redução de fraturas mandibulares. Os ossos são cobertos por um tecido mole bem vascularizado. Fraturas unilaterais são suportadas pela hemi-mandíbula oposta. As fraturas não estão sujeitas às mesmas resultantes de força, como o peso corpóreo, como ocorre em fraturas de extremidades, o que torna as demandas para a fixação de fratura de

mandíbula menos desafiadoras, além de que os dentes servem como ajuda estabilizadora (BEARD, 2009; AUER, 2012).

Na mandíbula, o sítio da fratura está intimamente relacionado com a cavidade oral repleta de bactérias. O acesso cirúrgico aberto irá torná-la inevitavelmente infectada. Portanto, mínima dissecação é preferível e o implante deveria ser posicionado por meio de incisões perfurantes quando possível. Não é necessária a exposição da fratura para assegurar a redução, porque a precisão da redução pode ser verificada pelo alinhamento dos dentes (BEARD, 2009; AUER, 2012)

Segundo Auer (2012) os ligamentos da gengiva não devem ser rompidos. Pequenos fragmentos ósseos desprovidos de tecidos conectivos e, portanto, de seu suprimento vascular, devem ser removidos quando a fratura é aberta. Porém, qualquer fragmento ósseo unido á gengiva ou ao perióstio deve ser mantido no local.

A mandíbula é coberta em seu aspecto lateral pelo músculo masséter e pelos músculos digástrico e pterigóideo em sua superfície medial (TREMAINE, 1998). Este arranjo muscular resulta numa superfície de tensão no aspecto oral, especialmente durante a mastigação, um importante aspecto a ser considerado durante a fixação de fraturas mandibulares (TREMAINE, 1998; PEAHEY et al., 2003; BEARD, 2009). Segundo Beard (2009) implantes posicionados no aspecto oral teriam a vantagem biomecânica de suportar a carga de tensão.

Segundo Kuemmerle et al. (2009) o reparo de fraturas de mandíbula representa um desafio para a fixação da placa por várias razões. Geralmente apenas uma placa pode ser implantada e o acesso cirúrgico não permite que a placa seja colocada na superfície de tensão dorsal da mandíbula. Além disto, as raízes dentárias limitam o posicionamento e tamanho dos parafusos. Isto promove um limitado contato do osso tratado, o que resulta em uma fraca interface osso/parafuso.

É mais fácil observar e avaliar a simetria da mandíbula com o cavalo em estação durante o reparo cirúrgico. Entretanto, a anestesia geral é preferível devido ao potencial risco de injúria ao cirurgião pelo paciente devido ao estímulo doloroso.

Quando a anestesia inalatória é indicada, a intubação nasotraqueal é preferível para permitir o livre acesso ao sítio da fratura (AUER, 2012).

Segundo Yamamoto e Luz (2006), em humanos, no tratamento cruento ou incruento das fraturas de mandíbula e/ou maxila, é importante a redução correta dos fragmentos fraturados. Para isto, é essencial obter a relação oclusal que havia antes do acidente. Esta é obtida com a fixação intermaxilar e também pode ser chamada de bloqueio maxilo mandibular (BMM). Para estes autores esta técnica é de simples utilização e permite a redução do tempo cirúrgico. Dentre as diferentes técnicas para a obtenção de BMM utilizadas em humanos, a que possivelmente parece ser mais anatomicamente adequada para o uso em equinos que apresentam maloclusão pós-trauma, é a cerclagem com fios de aço ou ancorados em parafusos autoperfurantes inseridos no espaço intermesial dos dentes incisivos.

Em equinos, Saldern e Keeffe (2006) ao relatar o uso da técnica de implante de parafusos transdentários para fixação de fraturas mandibulares, usaram o BMM para promover o alinhamento oclusal e dos focos de fratura no transcirúrgico. Para possibilitar o uso do BMM, a anestesia geral volátil foi realizada por meio de sondagem nasotraqueal. Diversos autores relatam o uso da sondagem nasotraqueal visando ampliar o espaço operatório em cirurgias localizadas na cavidade oral sem detrimientos da concentração pulmonar de anestésicos voláteis (MUIR et al., 2001; SALDERN; KEEFFE, 2006; AUER, 2012).

Em humanos, o uso de parafusos autoperfurantes previne lesões como, necrose tecidual e conseqüente dor local e instabilidade do parafuso, causadas pelo calor, devido á velocidade excessiva da broca. As características do parafuso permitem que seja instalado com um instrumento manual. Alguma pressão é necessária para passar a cortical, mas, uma vez no interior do osso medular, sua passagem é sentida facilmente. Isto permite ao operador sentir as raízes dentárias antes que algum dano seja causado (YAMAMOTO; LUZ, 2006).

Diferentes técnicas e materiais foram descritos para reduzir este tipo de fratura e incluem a banda de tensão com fios de aço (cerclagem), resina de metiltacrilato, pinos de *Steinmann* intramedulares, parafusos de compressão, placas

de compressão intraorais, barras em “U” e aparelhos de fixação externa sem pinos intramedulares (HENNINGER; BEARD, 1997; SALDERN; KEEFFE, 2006; BEARD, 2009; AUER, 2012).

O método mais comum de redução de fraturas rostrais no diastema é a cerclagem com fios de aço, usada como banda de tensão colocada próxima à margem gengival. Ela é versátil, tem baixo custo e pode ser usada em conjunto com outros implantes (AUER, 2006; SALDERN; KEEFFE, 2006). Sua versatilidade de aplicação permite diferentes tipos de aplicação; ancorada ao redor do 2° pré-molar ou em um parafuso de 4,5mm implantado no córtex do diastema mandibular, aplicada de forma circular ao redor do diastema em casos de fraturas oblíquas unilaterais, ou inserida por meio de orifícios perfurados na mandíbula em cada lado do sítio da fratura. (HENNINGER; BEARD, 1997; AUER, 2012).

A resina de metilmetacrilato na medicina veterinária é utilizada principalmente em cirurgia ortopédica e reconstrutora, em: próteses orbitais em cães (RAHAL et al., 2000); reparação de fraturas de mandíbula e maxila de cães e gatos (GIOSO et al., 2001); fístulas oro nasais em cães (PRATI et al, 2002); reconstituição facial em cães (ALIEVI et al., 2002). A resina acrílica autopolimerizável (polimetilmetacrilato) possibilita a obtenção dos princípios básicos de reparação de fratura, além de fácil aplicação, aquisição e baixo custo (COLAHAN; PASCOE, 1983).

Na espécie equina, a resina de metilmetacrilato é muito utilizada na reconstituição de fraturas de crânio, maxila e mandíbula. A resina deve ser utilizada intraoral, auxiliando na fixação juntamente com a técnica de cerclagem (VALADÃO et al., 1994; AUER, 2006).

Na presença de fraturas cominutivas devido a forças de mordida, em que a compressão interfragmentária é requerida, a utilização de aparelhos de fixação externa, parafusos de tração, pinos intramedulares ou placas compressivas intraorais são necessárias (DeBOWES et al.; 1981; COLAHAN; PASCOE, 1983; BELSITO; FISCHER, 2001).

A indicação do uso de pinos intramedulares é rara, pois as opções de inserção do pino são limitadas pelas raízes dentárias. Os pinos intramedulares

promovem o alinhamento axial e a protusão do final dos pinos servem de pontos de ancoramento para fios de aço (AUER, 2012).

Alves et al. (2008) relataram um caso em que a utilização de cerclagem foi impossibilitada devido à perda de quatro dentes incisivos, optando-se, portanto, pela fixação com pino de aço inox de 2,0mm. A fratura foi reduzida e o pino foi inserido em sentido crânio caudal, a partir do fragmento alveolar rostral, ao lado do dente incisivo remanescente até o diastema, emergindo próxima à papila salivar e paralela a síntese mandibular. Após a inserção, as respectivas extremidades do pino foram seccionadas e dobradas em forma de cravo para permitir a fixação adequada em suas extremidades emergentes. A dobra externa do pino e os incisivos remanescentes foram cobertos com resina de metiltacrilato.

Segundo Thomassian (2005) no tratamento de fraturas de mandíbula incompletas, a osteossíntese pode ser realizada por aplicação de parafusos ortopédicos e/ou fixação do fragmento ósseo com a cerclagem nos dentes incisivos com fios de aço. Poderá ser adaptada uma prótese de reforço sobre o arco dentário com resina de metilmetacrilato moldada sobre os dentes.

Fraturas bilaterais de mandíbula são muito instáveis e quase sempre requerem, além da banda de tensão com cerclagem, um suporte na forma de tala intraoral (barra em “U”) ou fixador externo para a, manutenção do alinhamento axial, limitar a mobilidade latero-lateral e prevenir o colapso da redução da fratura (BEARD, 2009; AUER, 2012).

Segundo Beard (2009) a colocação da barra em “U” intraoral é uma técnica simples e eficiente, requer pouca instrumentação, porém, alguma prática.

A barra intraoral é uma tala muito estável, porém consome muito tempo para a sua fixação (AUER, 2012). Um delicado alinhamento das perfurações da barra em “U” e da mandíbula pode ser tecnicamente difícil (TREMAINE, 1998).

Auer (2006) preconiza o uso de parafusos de tração para reparar fraturas da mandíbula na região do diastema e sínfise. Os parafusos de tração são úteis nesta área, especialmente em cavalos adultos, porque o osso é forte suficiente para

suportar as perfurações e o implante dos parafusos ocorre sob circunstâncias biomecanicamente favoráveis. A fixação de parafusos de tração é indicada se a configuração da fratura permite o implante do parafuso sem danificar os dentes e se existe osso suficiente para o implante. Pelo menos dois parafusos devem ser implantados para evitar a instabilidade rotacional. A técnica de cerclagem aplicada sobre a área de implante dos parafusos de tração pode reforçar a fixação dos parafusos interfragmentários.

Fixadores externos com pinos de *Steinmann* trans mandibulares são boas opções para o reparo de fraturas do ramo da mandíbula. Redução fechada, reduzido risco de sepsis, facilidade de remoção dos implantes e boa estabilização da fratura são algumas das vantagens dos fixadores externos (AUER, 2012). Podem ser combinados com cerclagem em bandas de tensão, talas intraorais, e placas ósseas.

As barras dos fixadores externos são confeccionadas em metilmetacrilato com diversos formatos de acordo com a configuração da fratura mandibular (BEARD, 2009). Uma variação desta técnica é utilização de fios de aço como bandas de tensão aplicadas, ligando os pinos intramedulares. Os fios são envoltos por tubos plásticos ou de borracha, que são preenchidos por metilmetacrilato. Esta técnica promove uma boa compressão da fratura e grande estabilidade (AUER, 2012).

Haralambus et al. (2010) relataram o uso de fixadores externos, sem pinos, para redução de fraturas de mandíbula em equinos e constataram ser técnica viável pela facilidade de aplicação e mínimo trauma tecidual. Esta técnica foi considerada minimamente invasiva sem interferência com raízes dentárias e não foram inseridos implantes no sítio de fratura com infecção. As desvantagens desta técnica foram o tempo de pós-operatório devido ao grande aparelho inserido na face externa da mandíbula e o risco de remoção intencional.

De acordo com Auer (2012) os fixadores externos sem pinos trans mandibulares podem ser usados no período pós-operatório imediato para auxiliar a estabilização de fraturas tratadas com cerclagem e placas ósseas.

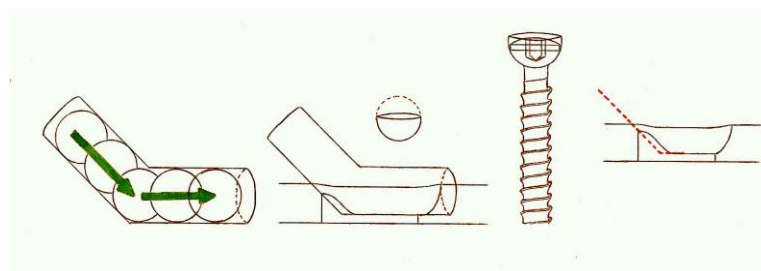
As placas são implantes metálicos que são fixados ao osso com a finalidade de proporcionar estabilidade no foco de fratura. Elas são diferenciadas principalmente pelas suas características e função. Assim há placas de neutralização, placas de suporte, placas de compressão e placas de banda de tensão. A denominação está diretamente relacionada à sua função biomecânica (MÜLLER et al., 1993).

A placa de compressão dinâmica (Dynamic Compression Plate - DCP) foi introduzida na rotina de cirurgia ortopédica em 1969; apresenta um desenho de orifícios que permitem a compressão axial por inserção excêntrica do parafuso (WITTNER; HOLZ, 2002).

A DCP é fabricada em aço ou titânio e possui configurações estreita e a larga. Na placa estreita os orifícios são alinhados, na placa larga são alternados (NUNAMAKER, 2000; AUER, 2011).

Neste modelo de placa os orifícios são uma combinação de uma porção inclinada e angulada e outra vertical. Esta configuração permite que a cabeça do parafuso deslize na porção inclinada da placa. Quando o parafuso é inserido em posição excêntrica e apertado promove movimento do fragmento ósseo em relação à placa e, conseqüentemente, ocorre a compressão axial da fratura (MÜLLER et al., 1993; WITTNER; HOLZ, 2002; AUER, 2010). Esta configuração dos orifícios da placa permite um deslocamento de até 1,00 mm conforme citado na literatura de medicina humana (Figura 1).

Figura 1 - Representação esquemática da configuração dos orifícios da placa DCP. Os orifícios são uma combinação de uma porção inclinada e angulada e outra vertical. Esta configuração permite que a cabeça do parafuso deslize na porção inclinada da placa

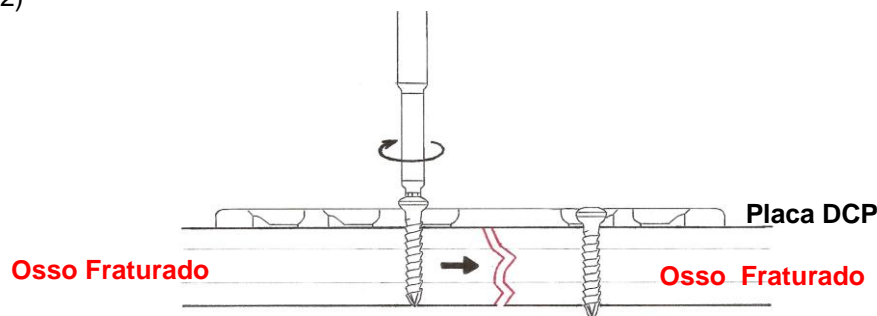


Fonte: (WITTNER; HOLZ, 2002. Adaptado por PIMENTEL, 2012.)
Desenho: (SILVA, 2012)

Em equinos, usando 2 parafusos opostos ao centro da fratura pode se conseguir uma compressão de até 4mm (AUER, 2012).

Em virtude de sua configuração, quando a fratura é reduzida, a DCP automaticamente exerce alguma compressão axial mesmo quando os parafusos são inseridos em uma posição neutra. Esta configuração dos furos é conhecida como “*Dynamic Compression Unit*” (DCU) (Figura 2). Os orifícios possuem ainda uma porção oval que permite uma inclinação de 25° dos parafusos no plano longitudinal e uma inclinação de 7° no plano transverso (MÜLLER et al, 1993; WITTNER & HOLZ, 2002; AUER, 2006).

Figura 2 - Representação esquemática da DCU da placa DCP (Fonte:adaptado de WITTNER; HOLZ, 2002)



Fonte: (WITTNER; HOLZ, 2002. Adaptado por PIMENTEL, 2012.)
Desenho: (SILVA, 2012)

Segundo Müller et al. (1993) estudos em medicina humana mostraram que o extenso contato da superfície inferior da DCP com o osso pode levar a uma importante interferência com o suprimento sanguíneo do periósteo. Esta foi demonstrada ser a principal causa do desenvolvimento de osteoporose induzida pela placa. Pode ocorrer reabsorção óssea na superfície óssea abaixo da placa ou uma consolidação retardada das áreas adjacentes à fratura. De acordo com diversos autores, quando a DCP é removida o espaço resultante da reabsorção óssea pode servir como concentrador de estresse e enfraquecer o osso (AUER, 2006; GORDON et al., 2010).

Embora a DCP permita variar o ângulo de inserção dos parafusos, o que é conveniente para o cirurgião, isto pode representar uma desvantagem significativa. Como cada parafuso tem um pivô livre em seu orifício de inserção na placa, isto

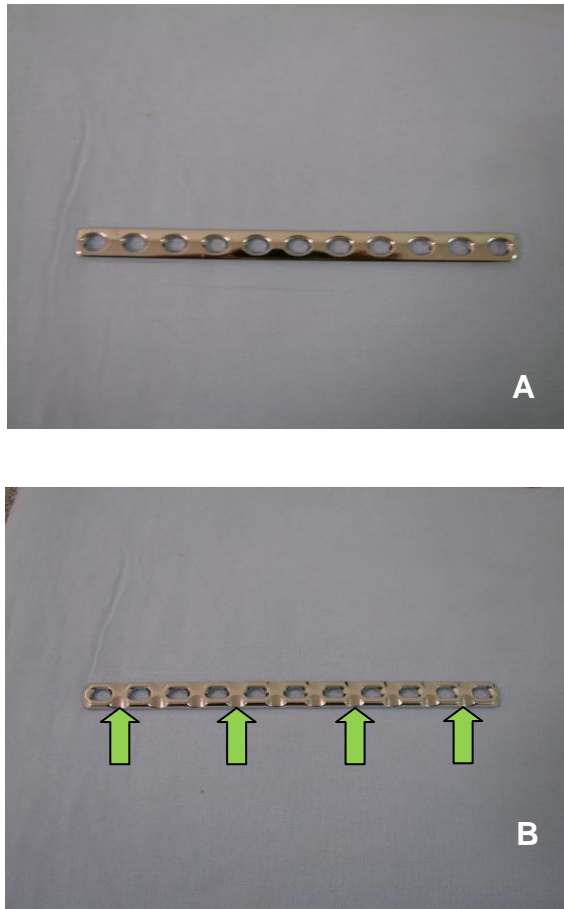
requer dois pontos de contato (as duas corticais ósseas) para manter a estabilidade. Qualquer perda de contato cortical devido á reabsorção óssea ou microfratura promoverá uma instabilidade do parafuso em seu orifício na placa e, deslocamento do fragmento ósseo sob a placa (GORDON et al., 2010).

A placa de compressão dinâmica de contato limitado (*Low Contact – Dynamic Compression Plate*, LC–DCP) representa uma evolução da DCP. Com a alteração do projeto da DCP a área de contato da LC–DCP foi reduzida. Desta forma, a rede capilar do periósteo é menos comprometida, há uma melhora relativa da perfusão cortical que reduz as alterações poróticas sob a placa. A geometria da LC-DCP, com sua superfície inferior “estruturada”, possui uma distribuição equilibrada de rigidez, o que resulta em leve deformação elástica de toda a placa, sem concentração de estresse em um dos orifícios como ocorre na DCP. Na seção transversa, a placa tem um formato trapezoidal. As cristas ósseas que se formam junto às bordas da placa tendem a ser mais espessas e achatadas (Figura 3 A e 3 B), tornando-as menos propensas às lesões durante sua remoção (MÜLLER et al, 1993; WITTNER; HOLZ, 2002).

De acordo com Auer (2011), em ortopedia equina, a placa DCP foi substituída pela LC-DCP. Esta placa possui em cada seção transversal ao longo do seu eixo, a mesma quantidade de metal, o que possibilitou o desenvolvimento de um implante de rigidez uniforme. Isto corrigiu a menor resistência à falha na região dos orifícios da placa DCP.

Segundo Auer (2011), os parafusos corticais autorosqueantes/perfurantes possuem em sua ponta um corte em linha, o dispositivo perfurante, o que proporciona uma técnica de inserção padrão (Figura 4).

Figura 3 - Placa LC-DCP 4,5 mm com 11 furos. (A) Vista superior. (B) Vista inferior com sua superfície “estruturada” em formato trapezoidal (setas verdes)



Fonte: PIMENTEL, 2012.

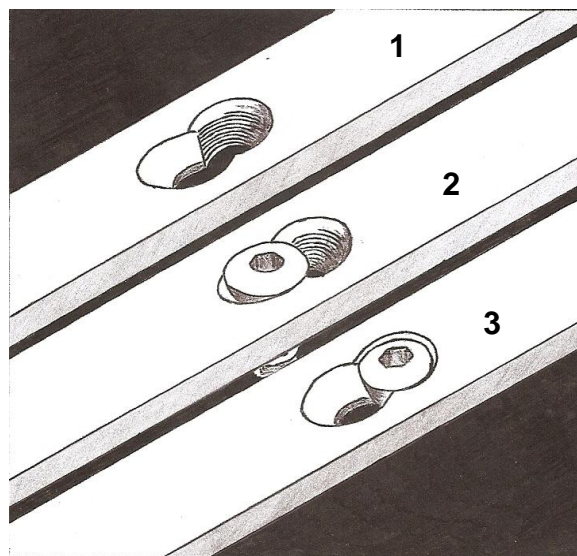
Figura 4: - Parafuso autorosqueante/trefinante. Configuração da ponta com um corte em linha



Fonte: PIMENTEL, 2012

A LC-DCP possui DCU semelhante á placa DCP e a configuração dos orifícios possui uma compatibilidade que permite o uso de parafusos padrão, parafusos autotrefinantes e parafusos bloqueados combinados ou não em uma mesma placa (Figura 5). Estes orifícios duplos para parafusos bloqueados e autotrefinantes da placa LC-DCP são conhecidos como “*LCP combi-holes*” (GORDON et al., 2010; AUER, 2011).

Figura 5: - Representação esquemática da configuração dos orifícios, “*LCP combi-holes*”. **(1)** Orifício duplo da placa LCP para parafuso cortical e bloqueado. **(2)** Placa LCP com o parafuso cortical inserido. **(3)** Placa LCP com o parafuso bloqueado inserido



Fonte: (WITTNER; HOLZ, 2002. Adaptado por PIMENTEL, 2012.)
Desenho: (SILVA, 2012)

A placa bloqueada (*Locking Compression Plate - LCP*) foi desenvolvida para reduzir os problemas de instabilidade dos parafusos principalmente em ossos osteoporóticos. A rosca da cabeça dos parafusos engata perfeitamente com a rosca da face interna dos orifícios, travando eficientemente o parafuso à placa. Como é impossível angular os parafusos, a placa funciona como um fixador interno sem depender da compressão da placa sobre a superfície óssea para manter-se estável. Como não há necessidade de atrito para manter a estabilidade, a placa não precisa estar em contato direto com o osso e conseqüentemente não é preciso uma moldagem perfeita da LCP (GORDON et al., 2010, AUER, 2011).

O espaço entre a placa e o periósteo permite um melhor fluxo sanguíneo no periósteo, o que reduz a necrose óssea e também diminui as taxas de infecção (GORDON et al, 2010).

Os parafusos bloqueados possuem a cabeça mais larga que o resto do parafuso e é provida de rosca (Figura 6). Seu desenvolvimento ocorreu juntamente com o sistema de estabilização menos invasivo (Less Invasive Stabilization System – LISS) e posteriormente também foram aplicados nas placas LCP (PERREN et al., 2002; AUER, 2011).

Figura 6: - Parafuso bloqueado LCP. A cabeça é mais larga que o resto do parafuso e é provida de rosca



Fonte: PIMENTEL, 2012

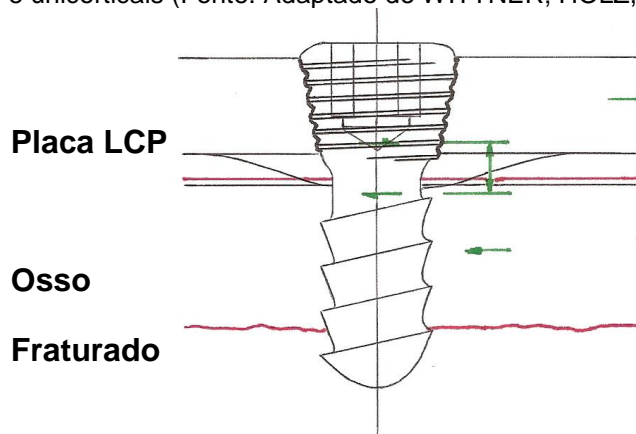
O formato cônico do antigo parafuso PC-Fix (Point Contact Fixator), que deixou de ser fabricado, serviu de base para a confecção da placa LCP (PERREN et al., 2002; AUER, 2011).

De acordo com Perren et al. (2002) estudos clínicos realizados em humanos usando PC-Fix mostraram que os parafusos curtos unicorticais não requerem inclinação variável e podem ser usados com segurança no osso diafisário sem causar danos na rosca promovida no osso.

Os parafusos utilizados nas placas LCP tem sua cabeça rosqueada dentro do corpo da placa em uma posição perpendicular ao eixo longo do aparato fixador

(Figura 7). Isto possibilita o uso de parafusos curtos e unicorticais. O parafuso unicortical oferece a vantagem do manuseio mais simples ao permitir a aplicação segura por autoperfuração e auto trefinagem. O desenho cônico da rosca na interface placa/parafuso limita o aperto, bem antes que a rosca dentro do osso possa ter cargas críticas. Esta característica restringe o torque aplicado à rosca do parafuso durante a inserção. A estabilidade dos parafusos é mantida mesmo quando há apenas um ponto de contato cortical. (PERREN et al., 2002; GORDON et al., 2010; AUER, 2011).

Figura 7: - Representação esquemática da configuração do parafuso bloqueado inserido no orifício da placa LCP. Os parafusos utilizados nas placas LCP tem sua cabeça rosqueada dentro do corpo da placa em uma posição perpendicular ao eixo longo do aparato fixador. Isto possibilita o uso de parafusos curtos e unicorticais (Fonte: Adaptado de WITTNER; HOLZ, 2002)



Fonte: (WITTNER; HOLZ, 2002. Adaptado por PIMENTEL, 2012.)
Desenho: (SILVA, 2012)

De acordo com Kuemmerle et al. (2009) em estudos realizados com ossos compactos de ossos humanos, a placa LCP foi capaz de suportar maior momento de força e apresentou maior resistência do que as placas DCP ou LCP quando submetidas á cargas cíclicas.

Gordon et al. (2010) estudaram as propriedades físicas de 3 tipos fixação com placas LC-DCP e LCP, em 60 fêmures de cães. Os espécimes foram divididos em 3 grupos, sendo usado no primeiro grupo de placas, apenas parafusos corticais. No segundo apenas parafusos bloqueados e no terceiro a combinação dos dois tipos de parafusos. Entre os 3 grupos estudados, o de parafusos bloqueados obteve os maiores valores, no ponto máximo de falha, para carga, torque e ângulo, enquanto o

grupo de parafusos corticais obteve os menores valores. Segundo estes autores, estes resultados sugerem que o uso apenas de parafusos bloqueados permitiriam maiores cargas e torques em relação às placas usadas com parafusos corticais ou com a combinação destes dois tipos de parafusos.

Peavey et al. (2003) realizaram ensaios biomecânicos em mandíbulas de equinos com osteotomia bilateral, submetidas a diferentes técnicas de redução. Foi observado que a técnica de osteossíntese através do uso de placas de compressão dinâmica (DCP) produziu a estabilização mais estável, sendo considerada apropriada para fraturas instáveis do espaço interdental e para fraturas localizadas no ramo caudo horizontal ou no ramo vertical da mandíbula de equinos. As placas DCP produziram uma rigidez média de 492 ± 81 N.m/radianos, momento de flexão no limite elástico de 175 ± 8 N.m e momento de flexão máximo de 317 ± 33 . Neste estudo não foram realizados ensaios biomecânicos com placas do tipo LCP e LC-DCP.

De acordo com Kuemmerle et al. (2009), os relatos de redução de fraturas mandibulares de equinos com placas bloqueadas são mencionados esporadicamente. Estes autores relataram o uso do sistema de placas LCP em variados tipos de fraturas complicadas em mandíbulas de seis equinos. Foi usada uma combinação de parafusos bloqueados e parafusos corticais. Pequenos fragmentos ósseos foram removidos e fragmentos ósseos maiores foram fixados com parafusos corticais de 3,5mm. Foram usadas placas LCP de 4,5/5,0mm aplicadas nos aspectos ventral ou lateral da mandíbula sob o controle visual ou por fluoroscopia. O perióstio íntegro foi mantido intacto no local. Em algumas posições da placa foram utilizados parafusos corticais de 4,5mm na posição neutra ou excêntrica. Os parafusos bloqueados de 5,0mm foram usados nas posições remanescentes. Em quatro dos seis casos descritos foi aplicada a cerclagem entre os dentes 2° pré-molar e incisivos ou foi apertada ao redor do ramo horizontal da mandíbula afetada e placa LCP. Ao término do procedimento cirúrgico, os incisivos maxilares e mandibulares foram aparados para prevenir o contato oclusal durante a mastigação. As complicações pós-operatórias observadas foram a formação de seroma, quebra do implante e fio de cerclagem, perda de implante/parafuso e infecção periapical de elementos dentários. Foi necessária a remoção das placas em

pacientes com infecção persistente através dos implantes para resolução deste problema. A retirada das placas ocorreu 2 a 4 meses após o implante. Em dois casos não ocorreram quaisquer problemas no pós-operatório. Os autores relataram que obtiveram ótimos resultados funcionais e cosméticos.

Saldern e Keeffe (2006) relataram o uso de placas DCP com aplicação de parafusos de 4,5mm sobre a coroa clínica dos dentes 2° e 3° pré-molares e sobre a coroa clínica de incisivos para reduzir fraturas mandibulares e maxilares bilaterais localizadas no espaço interdental, em 21 equinos com idades variando entre 1,5 e 16 anos. Para obter o alinhamento oclusal e dos focos de fratura foi realizado o bloqueio maxilomandibular (BMM) por meio de cerclagem dos incisivos mandibulares e maxilares, apenas no transoperatório. Na anestesia geral foi utilizada a sondagem nasotraqueal. As placas DCP estenderam-se desde o dente 3° pré-molar até o 1° ou 2° dente incisivo e foram moldadas de forma que cada furo coincidissem com a coroa clínica de um elemento dentário. Para acessar os dentes 2° e 3° pré-molares os autores realizaram uma bucotomia de 3 a 4 cm de extensão. Os dentes foram perfurados com broca de 3,5mm e foram realizadas roscas de 4,5mm para evitar a quebra do esmalte dentário. Após inserção e aperto dos parafusos em todos os dentes, a bucotomia foi fechada. Foi obtido sucesso na reparação de fraturas de 20 animais e não foram observadas complicações que poderiam interferir com a consolidação das fraturas como infecção e perdas de implantes. Segundo estes autores, como os parafusos foram implantados nos 8 mm superiores da coroa clínica, a penetração da cavidade pulpar sensível seria improvável. Os autores informaram que não foram encontradas complicações nos pacientes no momento da retirada dos parafusos, no período de 3 a 6 meses após o implante cirúrgico.

3.6 COMPLICAÇÕES PÓS-OPERATÓRIAS

Para Beard e Henninger (1997) a demora ou falha na reparação destas fraturas pode resultar em maloclusão, perda dentária, osteomielite, perda de função e perda de cosmética aceitável para a comercialização.

A taxa de complicações pós-operatórias pode variar de acordo com a configuração da fratura e técnica de reparo utilizada. Hernninger et al. (1999) relataram um estudo retrospectivo de 89 casos de fraturas da porção rostral da mandíbula e maxila. Foi observado o envolvimento apenas da mandíbula em 55 casos e em 06 ocasiões ocorreu comprometimento concomitante de mandíbula e maxila. Os autores relataram as taxas de complicações no pós-operatório imediato (até 11 dias) e tardio (acima de 8 meses), porém não foram claros a respeito de quais ossos estavam envolvidos.

No pós-operatório imediato foram observadas a presença de infecção de tecidos moles com drenagem purulenta (15%), perda ou quebra da cerclagem (7%), dificuldade mastigatória em 3 casos. No pós-operatório tardio foi relatada a presença de fístula persistente com drenagem purulenta em 19% dos casos; em 02 casos foi identificada infecção no sítio dos implantes, em 07 casos sequestro ósseo e em 3 casos a ferida cutânea apresentava comunicação com a fratura. A perda ou falha da cerclagem ocorreu em 22% dos casos em até 6 semanas após alta hospitalar. Maloclusão foi relatada em 14% dos casos. Os autores verificaram que as mais altas taxas de complicações estavam relacionadas a fraturas bilaterais instáveis, fraturas cominutivas e fraturas que desenvolveram sequestro ósseo. De 14 casos de fraturas mandibulares cominutivas, 12 casos apresentaram complicações no pós-operatório tardio e em 5 destes ocorreu o desenvolvimento de sequestro (HERNNINGER et al., 1999).

Os implantes devem ser inspecionados regularmente, pois os fios de cerclagem podem quebrar-se ou se perder. Maloclusão e cicatrização demorada podem ser resultado da não detecção da perda dos fios de cerclagem, que irão causar instabilidade no foco da fratura (DIXON, 2005; AUER, 2006). Os fios de cerclagem são particularmente susceptíveis aos coeficientes de força associadas com o movimento da língua (MARKEL, 2001).

Segundo Konx et al. (2005) são frequentes a quebra e perda dos fios de cerclagem e infecções com drenagem, através do trato onde o osso foi perfurado para instalação de parafusos acoplados a fixadores externos. A perda de implantes pode provocar atraso na consolidação da fratura e maloclusão. Defeitos de oclusão

de dentes incisivos foram observados em 14% dos casos após a redução de fraturas rostrais de maxila e mandíbula.

Para Baker e Easley (2005) 27% dos cavalos com fraturas da porção rostral da mandíbula, apresentaram complicações no pós-operatório imediato, como perda ou quebra dos fios de aço e infecção de tecidos moles que podem causar maloclusão permanente.

A quebra dos fios da banda de cerclagem, a instabilidade, a proximidade do implante do foco de fratura contaminado ou implante através da fratura (o que aumenta a probabilidade de infecção e falha da redução) são potenciais complicações de cirurgias reparadoras de fraturas localizadas no diastema mandibular e maxilar (SALDERN; KEEFFE, 2006).

Em casos onde optou-se pelo uso resina de metilmetacrilato (MMA) para estabilização de fraturas podem ser observadas a dificuldade mastigatória e a irritação da base da língua (HERNNINGER et al., 1999).

Belsito e Fischer (2001) relataram o uso de fixador externo em 16 casos de fraturas mandibulares rostrais. Ocorreram complicações como sequestro e drenagem crônica em 20% dos casos. Não foram relatados casos de maloclusão e todos os animais conseguiram mastigar normalmente 24 horas após a cirurgia.

Alguns autores relataram que fixadores externos podem ficar presos a objetos externos e podem ser perigosos aos tratadores (HERNNINGER et al., 1999; PEAVEY et al., 2003).

Para Dixon et al. (2009) a presença de infecção persistente no foco da fratura sugere a possível formação de sequestro ósseo a partir de fragmentos de osso avascular ou, infecção de um dente adjacente. Instabilidade da fratura, desconforto oral, local, ulceração bucal são complicações relacionadas à perda ou quebra dos fios empregados em bandas de tensão. Dentes pré-molares saudáveis, onde os fios da banda de tensão foram ancorados, podem ser perdidos devido à pressão aplicada sobre estes e isto pode causar perda da estabilidade da fratura. Na instalação de pinos para fixação externa pode ocorrer a formação de sequestro

ósseo e danos às estruturas adjacentes, como o nervo bucal e ducto da glândula salivar. O uso de placas DCP pode lesar as raízes dos dentes e causar infecção. A localização mais segura para a aplicação das placas DCP é no aspecto ventral da mandíbula. Entretanto, esta é a posição menos indicada em termos biomecânicos, pois a superfície de tensão está no aspecto oral da fratura e as prolongadas e intensas forças de mastigação podem provocar a perda da placa.

4 OBJETIVOS

Estudar as características biomecânicas das técnicas de fixação interna rígida por meio de aplicação de placas bloqueadas (LCP) sobre a cortical óssea e da fixação externa rígida, por meio da utilização de placas de compressão dinâmica de contato limitado estreitas (LC-DCP) com implantes sobre a coroa clínica de dentes incisivos e pré-molares em mandíbulas osteotomizadas de equinos.

Verificar a praticidade e dificuldades quanto à aplicação destas técnicas cirúrgicas.

Avaliar, por meio de estudos tomográficos e histológicos, se a presença de parafusos sobre a coroa clínica de pré-molares e incisivos poderiam causar lesões na cavidade pulpar, o que colocaria em risco a viabilidade destes dentes.

5 MATERIAL E MÉTODO

5.1 PREPARO DE MANDÍBULAS E CRÂNIOS

Foram coletados 24 crânios e mandíbulas íntegros de cadáveres de machos e fêmeas com idade entre 2 e 18 anos, provenientes do Serviço de Patologia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da USP. Os espécimes foram congelados logo após o óbito ou eutanásia. Foram descartados os portadores de fratura ou ausência de elementos dentários e doença periodontal.

Nos prontuários dos animais doadores das peças anatômicas foram coletados os dados relativos a idade, sexo, raça e peso.

Inicialmente foi determinado o tempo de descongelamento das peças anatômicas, imersas em solução fisiológica de cloreto de sódio 0,9%.

Dois conjuntos de crânio e mandíbula intactos foram imersos em 60 litros de em solução fisiológica a 0,9% em temperatura ambiente entre 16°C e 25°C. A partir de 5 horas de imersão, estas peças anatômicas foram retiradas da solução a cada hora e o estado de congelamento foi avaliado.

Após o descongelamento, as mandíbulas foram desarticuladas e dissecadas.

Para verificar a presença de fraturas ou má formações que pudessem comprometer o resultado final do estudo, todas as mandíbulas dissecadas foram submetidas à estudo radiográfico nas projeções latero-lateral direita, oblíquas direita e esquerda (Figuras 8 A e 8 B).

Os exames radiográficos das mandíbulas foram realizados em aparelhos de radiodiagnóstico com mesa radiológica dotada de grade difusora¹ no Serviço de

Diagnóstico por Imagem do Departamento de Cirurgia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da USP. Foi utilizado o processador de imagens digitais² para a obtenção e armazenamento das imagens, e técnica de 100 mAs e 60 kV.

Figura 8: - Imagens radiográficas de mandíbulas de equino dissecadas. Foi verificada a integridade óssea antes da realização da osteotomia e técnicas de reparo. Projeções latero lateral esquerda (A) e latero lateral oblíqua esquerda (B).



Fonte: FMVZ/USP

Após a realização dos exames radiográficos, as mandíbulas consideradas intactas foram envoltas por compressas embebidas em solução fisiológica a 0,9% e congeladas juntamente com as respectivas maxilas até a data da realização da técnica cirúrgica.

¹ RAY-TEC, de 500 mA e 125 kV, modelo RT 500/125 e outro da marca Tecno Designer, alta frequência, de 500 mA e 120 kV, modelo TD 500 HF.

² Fujifilm®, modelo FCR Capsula X de radiografia digital indireta, operando com DICOM®.

Os 24 espécimes foram divididos em 3 grupos iguais de forma que se obtivesse uma idade e pesos médios o mais próximo do possível. No grupo 1 (controle) foram realizados ensaios biomecânicos em espécimes íntegros. No grupo 2 as mandíbulas foram submetidas à osteossíntese com placas LCP e no 3 à implantes transdentários com placas LC-DCP.

Para realização das técnicas cirúrgicas ou dos ensaios biomecânicos, as mandíbulas foram retiradas do freezer de congelamento e mantidas na caixa de transporte com isolamento térmico e submersas em solução fisiológica a 0,9% duas horas antes de cada atividade.

5.2 BLOQUEIO MAXILOMANDIBULAR (BMM)

Para manter o alinhamento dos segmentos ósseos, obter padronização da osteotomia e de sua redução, foi realizado o bloqueio maxilomandibular (BMM) nos grupos 2 e 3 (Figura 9). Seis perfurações com broca de 2,0mm foram realizadas 1cm acima da margem gengival de cada face intermesial dos dentes incisivos mandibulares e maxilares. Foi introduzida fresa de 2,4mm.

Foram implantados 3 parafusos corticais de 2,4mm X 22mm³ em cada arco dentário. O BMM foi realizado através da passagem de fio de aço de 1,0mm de diâmetro ao redor dos parafusos de maneira a obter uma cerclagem em “W” utilizando-se um alicate plano com ponta chata de 160mm de comprimento⁴.

³ Brasmed

⁴ Synthes®

Figura 9: - Equino, peça anatômica de equino. Bloqueio maxilo mandibular foi usado para manter o alinhamento dos segmentos ósseos após a osteotomia mandibular total



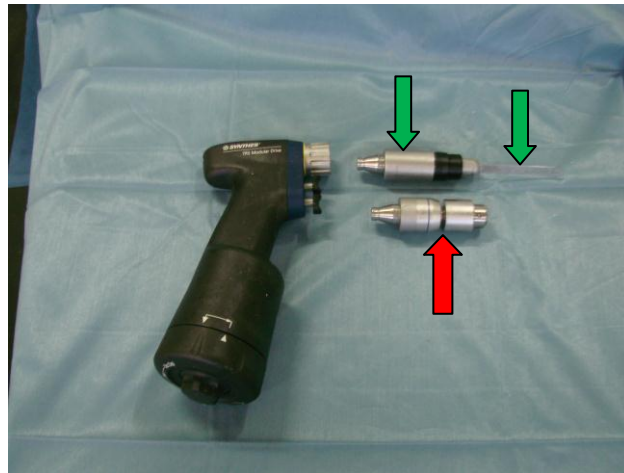
Fonte: PIMENTEL, 2012

5.3 OSTEOTOMIA DO DIASTEMA MANDIBULAR

Após o BMM, para produzir a falha óssea nas mandíbulas foi utilizado um motor elétrico acoplado ao adaptador para serra recíprocante⁵ com lâmina de 50mm de comprimento, 10mm de profundidade e 0.6mm de espessura (Figura 10). As falhas ósseas foram produzidas por meio de osteotomia total do diastema mandibular, localizada 1cm rostral ao forame mentoniano. (Figuras 11 A e 11 B).

⁵Synthes® - Motor elétrico sem fio, modelo Trauma Recon System (TRS) com adaptador para serra alternante TRS com lâmina-serra modelo 116/95*25*0.9/0.8.

Figura 10: - Motor elétrico, acoplado à serra recíprocante (setas verdes) e mandril universal (seta vermelha)



Fonte: PIMENTEL, 2012

Figura 11: - Peça anatômica de equino. **(A)** Delimitação do local de produção da falha óssea. **(B)** A falha óssea foi produzida por meio de osteotomia total no diastema mandibular, localizada 1cm rostral ao forame mentoniano



Fonte: PIMENTEL, 2012

5.4 TÉCNICAS CIRÚRGICAS

No Grupo 1 (íntegro/ controle), as 8 mandíbulas dissecadas, com o periósteo íntacto, foram submetidas aos ensaios biomecânicos destrutivos para verificar os dados relativos à rigidez, escoamento, momento de falha e deformação angular da porção rostral.

Oito mandíbulas osteotomizadas foram submetidas à técnica cirúrgica de osteossíntese com placas e parafusos bloqueados (LCP) (grupo 2) e 8 à técnica cirúrgica com implantes transdentários usando placas de compressão dinâmica de contato limitado estreita (LC-DCP) (grupo 3), anteriormente aos ensaios biomecânicos. Durante os procedimentos cirúrgicos as peças anatômicas foram mantidas úmedas por meio de aspersão de solução fisiológica a 0,9%.

5.4.1 Osteossíntese com Placas LCP

No grupo 2, oito mandíbulas foram submetidas à técnica cirúrgica de osteossíntese com placas LCP estreitas de 4.5mm de 4 a 6 furos⁶, conforme a necessidade. De acordo com a região do implante, foram utilizados parafusos de bloqueio de 5,0mm de diâmetro com comprimento entre 18mm e 48mm⁷, escolhidos seguindo a técnica sugerida pela “Fundação AO”, para melhor adequação ao tecido ósseo.

⁶ Synthes® Placa LC -DCP 4.5mm estreita 6 furos; placa LC-DCP 4.5mm estreita 5 furos X 89mm; placa LCP 4.5mm estreita 4 furos X 71mm.

⁷ Synthes® Parafusos de Bloqueio, modelo Stardrive, 5mm de diâmetro

O molde de placas (“*bending plate*”) foi manualmente modelado por pressão digital á face lateral da mandíbula, ventral ao forame mentoniano. A placa LCP foi moldada à face lateral da mandíbula, com auxílio de moldador de placas de mesa⁸ de modo que 2 a 3 orifícios estejam em posição rostral e os outros 2 a 3 orifícios em posição caudal, em relação á falha óssea. Posteriormente à moldagem, a placa apresentava superfície semelhante ao molde (Figura 12 A).

As perfurações do periósteo foram realizadas no aspecto lateral da mandíbula, ventral ao forame mentoniano. A perfuração mais caudal foi realizada imediatamente rostral ao dente 2° pré-molar mandibular e a perfuração mais rostral entre os dentes incisivos lateral e médio, tendo como referência o parafuso do BMM inserido nesta posição anatômica. O periósteo foi mantido intacto.

Para realizar as perfurações no periósteo foi utilizado a perfuradora elétrica⁹, acoplada ao mandril universal autobloqueante sem chave, com broca de engate rápido 4.3mm de diâmetro e 221mm de comprimento. Após cuidadosa inserção do guia de broca¹⁰ na porção com rosca do orifício da placa, a primeira perfuração foi realizada no orifício localizado na porção mais caudal da placa em relação à falha óssea (Figura 12 B).

Após a realização do orifício foi inserido o medidor de profundidade¹¹ para introdução do parafuso bloqueado autorosqueante de 5,0mm. Um parafuso de comprimento adequado foi selecionado e inserido com aperto parcial .

⁸ Synthes - Moldador de placas de mesa com 400 mm de comprimento (Plate-Bending Press 400 mm length), código 329.30.

⁹ Synthes® - motor elétrico sem fio*, modelo TRS acoplado ao mandril universal autobloqueante sem chave para TRS com broca de engate rápido 4.3mm de diâmetro e 221mm de comprimento Synthes® referencia 310.430.

¹⁰ Synthes® - Guia com rosca 4.3 referencia 321.449.

¹¹ Synthes® - Medidor de profundidade para placas com furos de 4,5 a 6,5mm de diâmetro.

O segundo orifício foi realizado no ponto mais rostral da placa, no orifício de bloqueio, seguindo a mesma técnica utilizada no implante do primeiro parafuso. As perfurações seguintes alternaram-se entre as posições caudal e rostral à falha óssea (Figura 12 C). Cada profundidade das perfurações foi mensurada e os parafusos bloqueados autorroscantes de comprimento adequados foram posicionados e inseridos com aperto parcial. Após o implante de todos os parafusos, estes receberam o aperto final com torque de 4 N.n, por meio do uso de adaptador dinamométrico¹². A mesma técnica de osteossíntese foi aplicada na face contralateral (Figura 13).

¹².Synthes® - Adaptador dinamométrico.

Figura 12: - Osteossíntese com placas LCP. **(A)** Após ajuste à face lateral do diastema mandibular o molde de placas (seta verde) foi usado para orientar a moldagem da placa LCP (seta vermelha) com auxílio do moldador de placas de mesa. **(B)** O guia de broca na posição do orifício bloqueado. **(C)** Aplicação dos parafusos de maneira alternada na placa

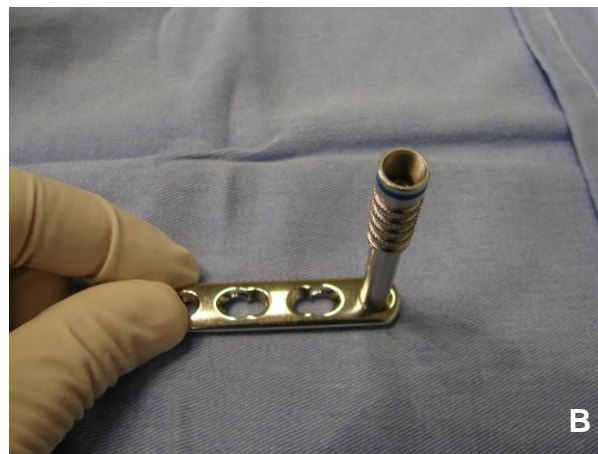
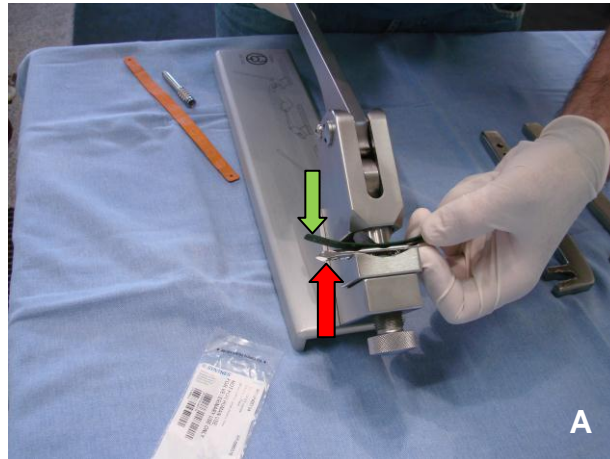


Figura 13: - Peça anatômica. Mandíbula de equino osteotomizada. Placas LCP fixadas à face lateral do diastema mandibular abaixo do forame mentoniano.



5.4.2 Implantes Transdentários com Placas LC-DCP

No grupo 3, oito mandíbulas foram submetidas à técnica cirúrgica com implantes transdentários com placa LC-DCP estreitas de 4.5mm com 11 a 13 orifícios¹³ de acordo com a idade, tamanho da mandíbula e orientação dos incisivos. Foram utilizados parafusos corticais de 4.5mm com comprimento de 14 a 32mm¹⁴, de acordo com a necessidade.

O molde placa foi manualmente modelado por pressão digital na face bucal da coroa clínica dos dentes incisivos e pré molares. A placa foi moldada com o auxílio de moldador de placas de mesa¹⁵ (Figura 14 A). Uma vez moldada, a placa foi fixada ao moldador de placas de mesa e foi torcida com moldadores manuais de torção (Figura 14 B). Após a moldagem, a placa foi sobreposta ao molde de alumínio, de modo que, cada furo coincidissem com a coroa clínica de um elemento dentário. Parafusos de 4,5mm foram inseridos sobre a coroa clínica dos dentes 2° e 3° pré-molares e sobre a coroa clínica dos dentes 1° e 2° ou 2° e 3° incisivos.

¹³ Synthes® - Placas LC-DCP 4.5mm estreitas.

¹⁴ Synthes® Parafusos corticais, 4.5mm de diâmetro.

¹⁵ Synthes® Moldador de placas de mesa.

Para reduzir o risco de fratura do esmalte dentário durante a perfuração da face vestibular foi utilizada uma broca diamantada de 30mm e 70mm de comprimento¹⁶, em posição neutra, acoplada a um motor de implante de alta rotação (Figura 14 C) a 30.000 rpm com irrigação e resfriamento com solução fisiológica a 0,9%¹⁷. A perfuração da dentina foi realizada com broca de 3,5mm de diâmetro e 100mm de comprimento, utilizando a perfuradora elétrica, acoplada ao mandril universal autobloqueante sem chave, utilizada na osteossíntese com as placas LCP. A altura da perfuração na coroa clínica foi de até 8mm a partir da superfície oclusal dos dentes molares e pré molares.

A primeira perfuração foi sobre o 3° pré-molar com a placa colocada sobre este dente e moldada ao 2° pré-molar e dois dentes incisivos. A profundidade do orifício foi mensurada (Figura 14 D).

Uma fresa de 4,5mm foi introduzida na perfuração para produzir a rosca (Figura 14 E) e um parafuso de comprimento adequado foi introduzido e apertado parcialmente. O segundo parafuso foi implantado sobre a coroa clínica do dente incisivo mais distal em relação ao 3° pré-molar (1° ou 2° incisivo), seguindo a mesma técnica de perfuração e produção de rosca anteriormente descrita (Figura 14 F). O terceiro parafuso foi implantado sobre a coroa clínica do 3° pré-molar e o quarto parafuso sobre a coroa clínica do incisivo mais próximo a falha óssea (2° ou 3° incisivo), ambos com a mesma técnica dos primeiros parafusos.

¹⁶ Driller®-Broca diamantada

¹⁷ Driller®-Motor elétrico cirúrgico modelo BLM 350 acoplado a peça de mão curta 1:1.

Figura 14: - Implantes transdentários com placas LC-DCP **(A)** Após moldagem à face vestibular dos dentes pré molares e face labial dos dentes incisivos o molde de alumínio foi usado para orientar a moldagem da placa com auxílio do moldador de placas de mesa. **(B)** Torção da placa com auxílio de moldadores de mesa e manual. **(C)** Perfuração do 3º pré molar com broca diamantada de 3,5mm

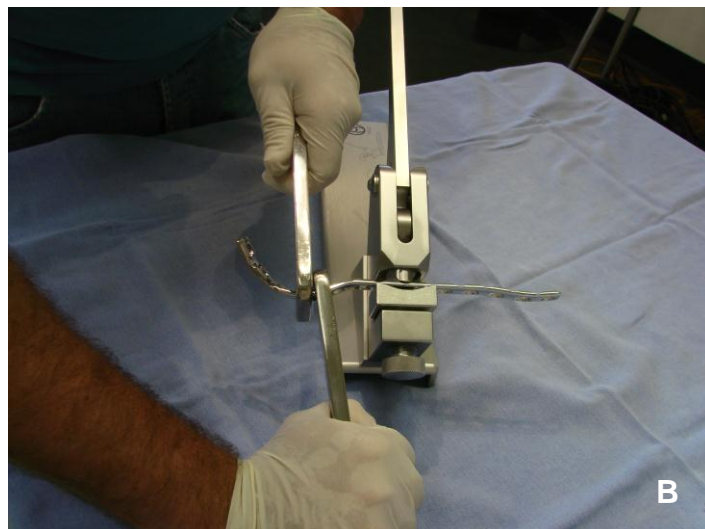
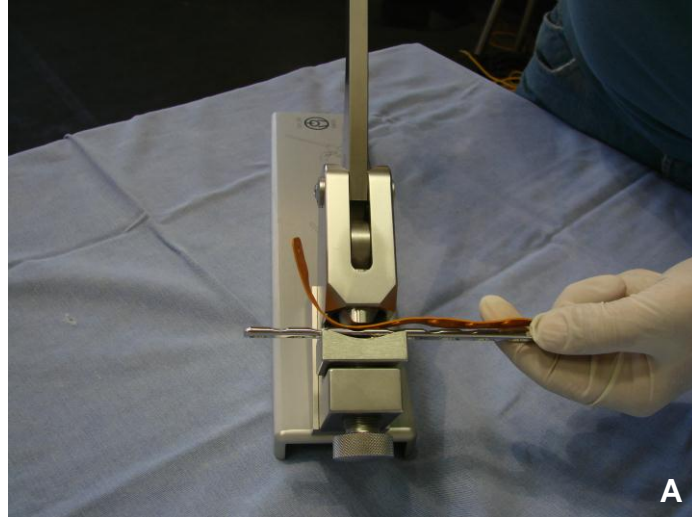
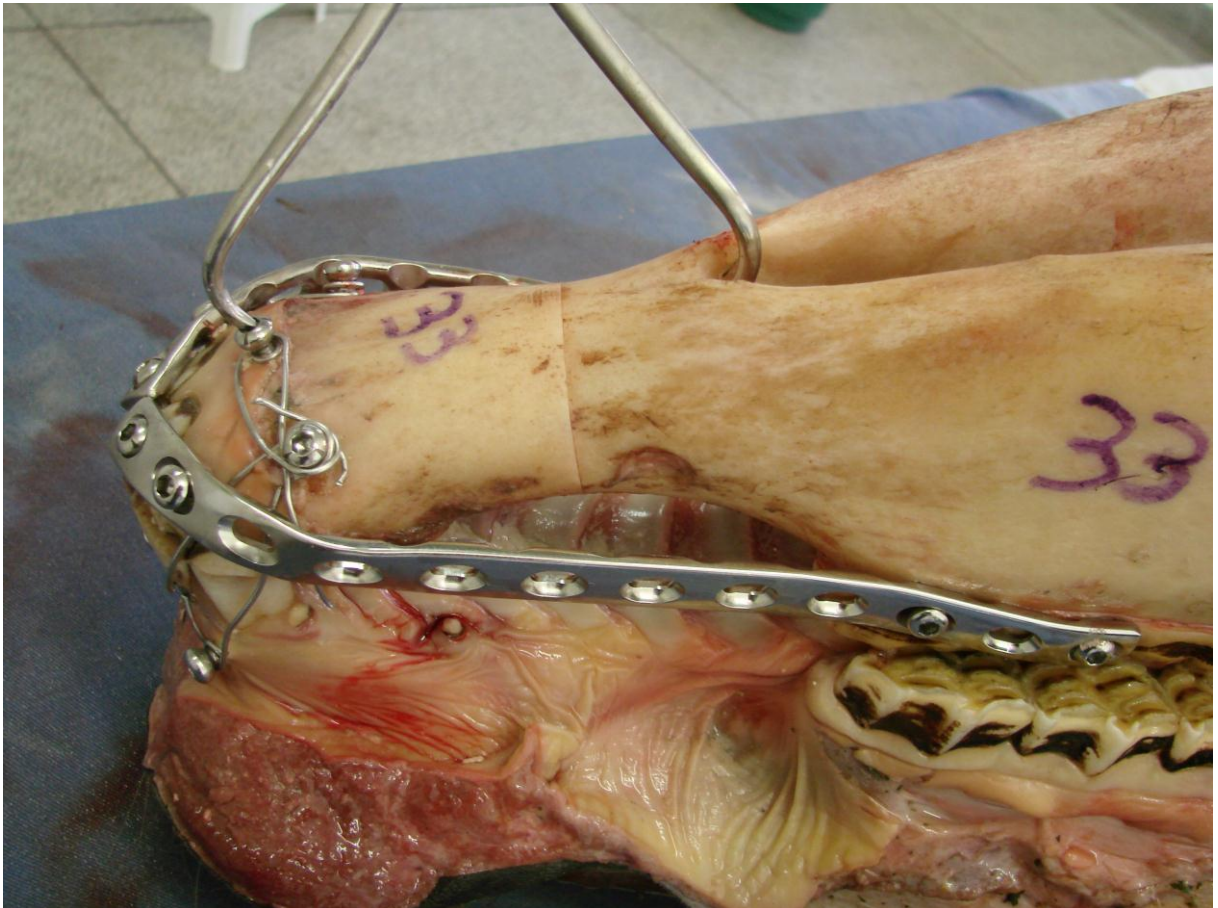


Figura 14 (Continuação): - **(D)** Mensuração de profundidade do parafuso a ser implantado na coroa clínica do 2° pré molar. **(E)** Fresa de 4,5mm foi introduzida na perfuração para produzir a rosca. **(F)** O segundo parafuso foi implantado sobre a coroa clínica do dente incisivo mais distal em relação ao 3° pré-molar (1° ou 2° incisivo), seguindo a mesma técnica de perfuração utilizada para pré molares



Após a aplicação do 4º parafuso, todos os parafusos receberam o aperto final. Procedimento foi repetido na face contralateral da mandíbula (Figura 15) sempre seguindo a técnica descrita por Saldern & O'Keeffe (2006).

Figura 15: - Peça anatômica de equino. Osteotomia mandibular total estabilizada por meio de implantes transdentários.



Fonte: PIMENTEL, 2012

Ao término dos implantes ósseos e dentários, ocorreu a liberação do BMM, as maxilas foram descartadas e as mandíbulas foram novamente envoltas por compressas embebidas em solução fisiológica de Cloreto de Sódio a 0,9% e imediatamente congeladas novamente até a data da realização do ensaio biomecânico.

5.5 ENSAIOS BIOMECÂNICOS

Duas horas antes da realização dos ensaios biomecânicos e durante o transporte da FMVZ-USP até a Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo as mandíbulas foram retiradas do freezer de congelamento e mantidas em caixa de transporte¹⁷ com isolamento térmico (Figura 16), na qual ocorreu o completo descongelamento e preservação das estruturas periodontais submersas em solução fisiológica de Cloreto de Sódio 0,9%.

Os ensaios biomecânicos dos grupos 1, 2 e 3 foram realizados em colaboração com o Laboratório de Investigação Médica do Sistema Músculo Esquelético do Instituto de Ortopedia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FM-USP), que conta com a máquina universal de ensaios biomecânicos¹⁸ (Figura 17) capaz de registrar os valores de força e deformação em tempo real. Os dados foram coletados em sistema de aquisição de dados¹⁹ e submetidos à avaliação estatística, permitindo a avaliação e comparação das técnicas de redução das osteotomias.

¹⁷ COLEMAN - Modelo Xtreme S

¹⁸ KRATOS® - Máquina universal de ensaios mecânicos, modelo K502.

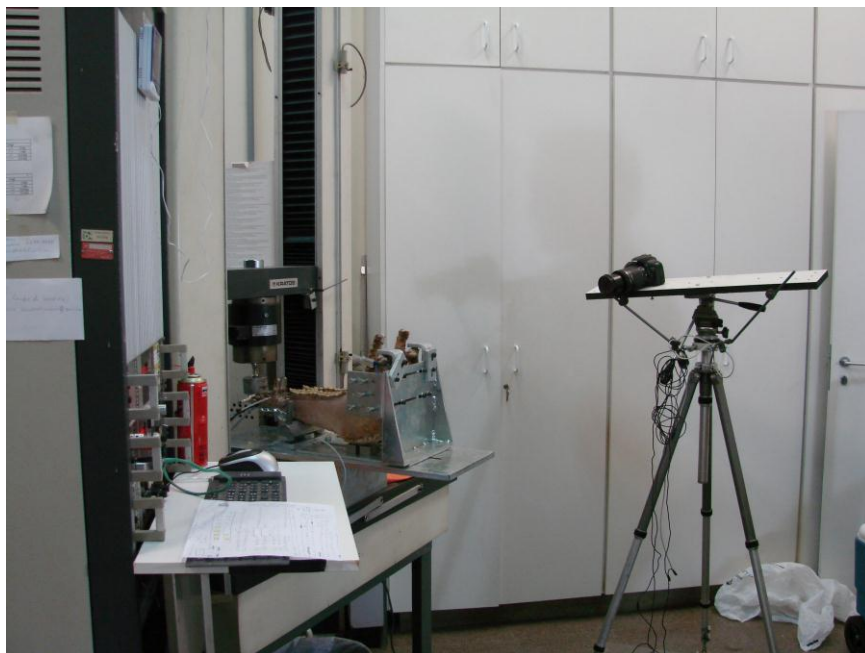
¹⁹ LYNX Tecnologia Eletrônica Ltda - Sistema de aquisição de dados, modelo ADS 2000. programa AQDados versão 7.0.

Figura 16: - Caixa de transporte. As mandíbulas foram submersas em solução de cloreto de sódio a 0,9% durante o transporte



Fonte: PIMENTEL, 2012

Figura 17: - Laboratório de Investigação Médica do Sistema Músculo Esquelético do Instituto de Ortopedia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FM-USP). Máquina universal de ensaios biomecânicos, KRATOS[®], modelo K502. capaz de registrar os valores de força e deformação em tempo real. Execução do ensaio biomecânico em mandíbula de equino

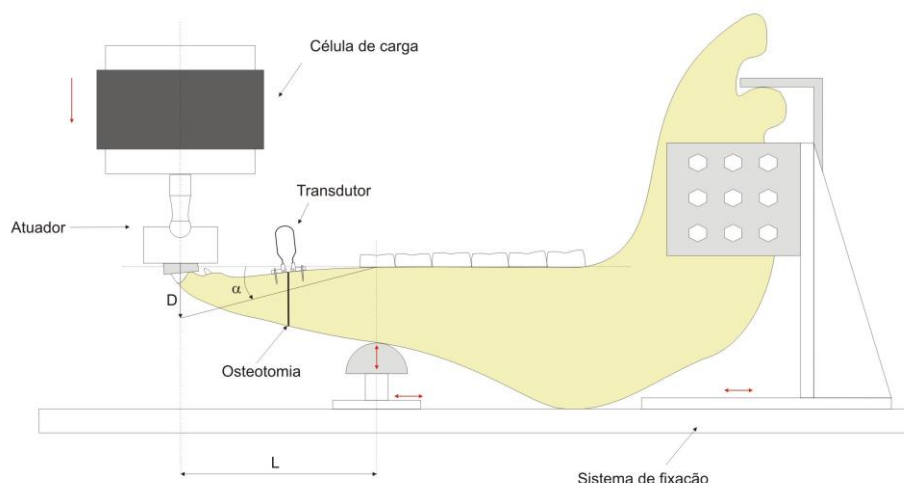


Fonte: PIMENTEL, 2012

O projeto descrito por Peavey e colaboradores (2003) do dispositivo para suporte e manutenção das mandíbulas durante os ensaios biomecânicos foi modificado (apêndice A) durante a execução dos ensaios piloto. O dispositivo foi dividido em sistema de fixação preso a base da máquina de ensaios e um atuador que era acoplado à parte móvel da máquina através de um dinamômetro ou célula de carga de carga de 5 toneladas força (tf).

Foi introduzido um apoio, colocado na face ventral da mandíbula na altura dos dentes 2° pré molares, a fixação do ramo vertical de cada hemi mandíbula foi dividida em 9 pontos e um prato de espéculo odontológico MacPerson foi inserido sobre os incisivos com o objetivo de equilibrar a ação do atuador sobre todos os dentes incisivos (Figura 18 e 19).

Figura 18: - Representação esquemática da mandíbula posicionada no dispositivo mecânico para ensaio de flexão. A carga foi aplicada na região dos incisivos através do atuador provocando um momento de flexão (MF) definido como $MF = F.L$ no qual F é a força registrada pela célula de carga (N) e L a distancia entre o atuador e o apoio na região do primeiro molar (mm). O deslocamento angular α (graus) sofrido pela estrutura foi definido como $\alpha = \text{arco-tangente}(D/L)$ onde D é deslocamento do atuador (mm) e L a distancia entre o atuador e o apoio (mm). O afastamento dos fragmentos ósseos no foco da osteotomia no lado direito e esquerdo foram medidos por dois transdutores fixados por dois pinos cada



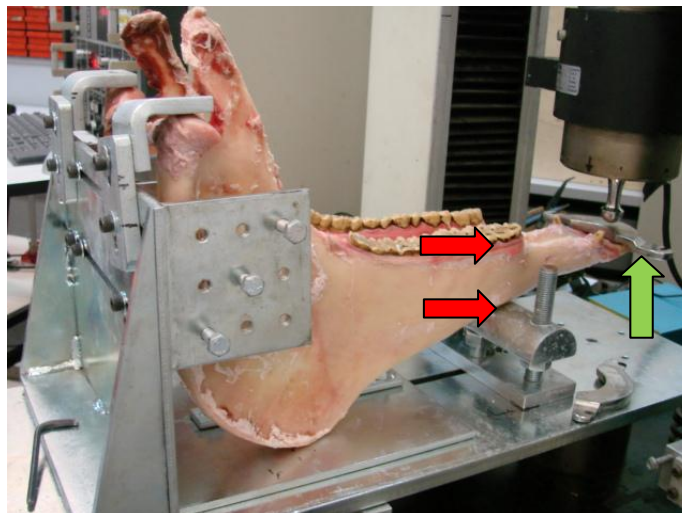
Fonte: PIMENTEL, 2012

Desenho: PEREIRA, 2011

Os valores utilizados para a calibração foram adquiridos a cada 0,5 mm de afastamento do paquímetro / transdutor e introduzidos no programa AQDados para que durante a aquisição dos dados os valores de tensão fossem convertidos em milímetros através de uma equação obtida por regressão linear. A exatidão encontrada ficou em torno 0,1 mm.

Para estudar as deformações sofridas em algumas regiões da mandíbula durante o ensaio de flexão foram colados três extensômetros elétricos²⁰ na região ventral da mandíbula com adesivo de etilcianoacrilato. Um extensômetro foi colado 1cm rostral à falha óssea na superfície ventral da mandíbula. Os outros dois foram colados na superfície ventral de cada hemi mandíbula 1cm rostral ao ponto de inserção do apoio na altura dos dentes 2° pré molares (Figura 20). Em cada região estudada a superfície óssea foi levemente lixada (lixa nº 240) e depois limpa e desengordurada com um algodão embebido em éter sulfúrico. Cada extensômetro foi soldado a um cabo de três vias e ligado a um canal da placa condicionadora na configuração de 1/4 de ponte de *wheatstone* alimentado por 5V, com ganho de 1000 vezes e filtro de 30 Hz (Figura 21).

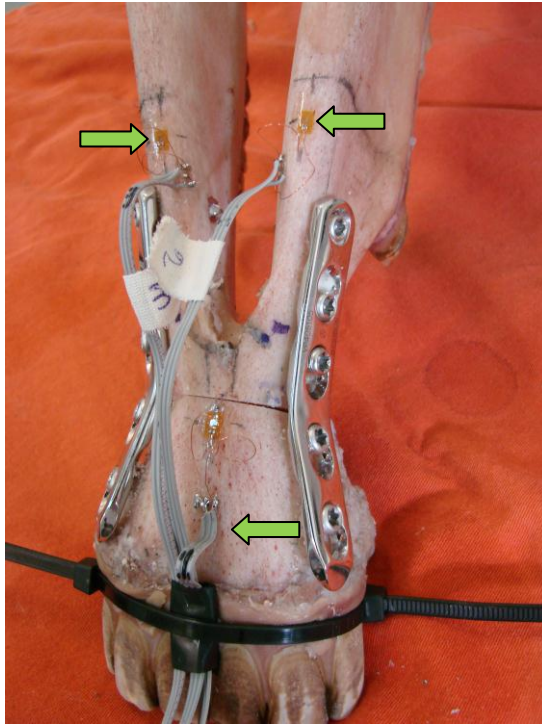
Figura 19 - Peça anatômica de equino. Mandíbula inserida no dispositivo de suporte e manutenção modificado com apoio colocado na face ventral da mandíbula na altura dos dentes 2° pré molares (setas vermelhas) e inserção de prato de espéculo odontológico (seta verde) acoplados á máquina de ensaios biomecânicos



Fonte: PIMENTEL, 2012

²⁰ Excel Sensores Ind. Com. Exp. Ltda, modelo PA-06-062AG-250-L

Figura 20: - Peça anatômica, mandíbula de equino. Posições dos extensômetros (setas verdes) para estudar as deformações durante o ensaio biomecânico



Fonte: PIMENTEL, 2012

Figura 21: - Peça anatômica de equino. Mandíbula posicionada no dispositivo mecânico para ensaio de flexão com os transdutores inseridos ao redor da osteotomia no diastema mandibular



Fonte: PIMETEL, 2012

Com a mandíbula devidamente posicionada e fixada no dispositivo mecânico, com os dois transdutores instalados e os três extensômetros colados, foi medida com um paquímetro, a distância "L" entre a linha de ação do atuador (incisivos) e o apoio na região do 2º pré molar. Essa medida foi utilizada para calcular o momento de flexão aplicado na mandíbula durante o ensaio e foi obtida através do produto da força registrada pela célula de carga e a distancia medida anteriormente.

Antes do inicio do ensaio, foi aplicado através do atuador uma pré-carga de 10 N para acomodar a mandíbula no dispositivo de suporte e manutenção, e o apoio sobre os dentes incisivos.

Após a pré-carga o ensaio de flexão foi executado em duas etapas. Na primeira etapa o ensaio foi interrompido quando fosse atingido o momento de flexão de 100 N.m. para que os transdutores fossem retirados da mandíbula e prevenir qualquer dano aos mesmos. Na segunda etapa, foi dado continuidade ao ensaio de flexão até o instante em que o momento de flexão registrado começasse a diminuir, ou seja, após o momento de flexão máximo (pico do gráfico). Todos os ensaios foram executados a uma velocidade de 20 mm/min.

Para cada ensaio mecânico, foi gerado um gráfico do momento de flexão em função do angulo de deformação, para isso, o momento foi calculado pelo produto da força "F" registrada na célula de carga, pela distância entre o atuador e o apoio na região do primeiro molar "L", e o angulo de deformação "α" foi calculado pelo arco tangente da razão entre deslocamento do atuador "D" e a distância "L".

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{D}{L}\right) \quad (\text{radianos})$$

Onde: "D" é o deslocamento do atuador em milímetros e "L" é a distância entre o atuador e o apoio na região do primeiro molar em milímetros

Baseado nos gráficos momento de flexão x ângulo de deformação analisados os seguintes parâmetros: momento de flexão máxima, momento medido

no pico do gráfico (N.m) e a rigidez à flexão (Calculada pela razão do momento de flexão e a deformação angular entre dois pontos na região linear do gráfico), ou seja:

$$Rigidez = \frac{(M_2 - M_1)}{(\alpha_2 - \alpha_1)} \quad (\text{N.m/radiano})$$

Onde α_1 refere-se ao ponto número 1, com deformação angular, em radianos; α_2 refere-se ao ponto número 2, com deformação angular, em radianos; M_1 - momento de flexão, em N.m, referente ao ponto número 1 e M_2 - momento de flexão, em N.m, referente ao ponto número 2.

O afastamento, em milímetros, entre os fragmentos ósseos medidos na região da osteotomia, refere-se à média dos dois transdutores de deslocamento. As microdeformações na região central, nos forame esquerdo e direito foram medidos em $\mu\epsilon$.

No grupo 3, após os ensaios biomecânicos, os dentes submetidos ao implante de parafusos foram submetidos à exodontia e avaliados por meio de exames tomográficos e histológicos com o objetivo de avaliar se alguma estrutura vital foi lesionada durante o processo de perfuração do esmalte dentário.

5.6 TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA AXIAL DOS ELEMENTOS DENTÁRIOS SUBMETIDOS AOS IMPLANTES TRANSDENTÁRIOS.

Os exames de tomografia computadorizada das mandíbulas foram realizados em equipamento²¹ do Serviço de Diagnóstico por Imagem do Departamento de Cirurgia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da USP. Após a retirada dos parafusos e exodontia, foram obtidas imagens de 07 dentes 3° pré molar e 07 dentes 2° incisivo direitos. O processamento das imagens tomográficas dos

²¹ Tomógrafo CT MAX 640.

dentes submetidos ao implante de parafusos corticais seguiu a técnica descrita por Dacre et al. (2008) para dentes intactos.

Os dentes foram fixados sobre uma placa de isopor e apoiados na mesa de processamento tomográfico para obtenção de imagens no sentido do eixo longo de cada elemento dentário.

5.7 HISTOLOGIA DOS ELEMENTOS DENTÁRIOS SUBMETIDOS AOS IMPLANTES TRANSDENTÁRIOS

Nos 07 dentes 3° pré molar e 07 dentes 2° incisivo esquerdos, os parafusos e as placas foram retirados e os dentes submetidos à exodontia. Após a exodontia os parafusos foram reimplantados em sua posição original. O processamento histológico dos dentes submetidos a implantes de parafusos corticais foi realizado no Laboratório de Tecidos Mineralizados do ICB-USP. Foi utilizada a técnica descrita por Maniatopoulos et al. (1986) para preparo de seções histológicas contendo implantes metálicos.

Os dentes extraídos contendo um implante foram cortados, e reduzidos a uma espessura de 10mm utilizando disco diamantado refrigerado com água. Na fixação, cada amostra foi imersa em solução composta de formoldeído 37%: Metanol 99,8%: água destilada (1:1:1,5 v/v).

Após a fixação as amostras foram lavadas em água de torneira corrente por uma noite. A desidratação foi realizada em concentração crescente de etanol aquoso, 70% (24hs), 80% (48hs), 95% (48hs), 100% (48hs). As amostras foram imersas em uma solução éter:acetona (1:1 v/v) por 2 dias para retirada de gordura e limpas em etanol 100% por 2 dias. Em todas as etapas da desidratação, as soluções foram trocadas 2 vezes.

Após a desidratação, as amostras permaneceram sob agitação constante (70 agitações/min) com diferentes concentrações de metilmetacrilato dissolvidas em

álcool absoluto para infiltração desta solução em todos os tecidos do elemento dentário. Após este procedimento, as amostras foram polimerizadas na unidade fotopolimerizadora²², permanecendo 4 horas sob luz branca e 96 horas sob luz azul.

Após completa polimerização da resina, as amostras foram retiradas dos recipientes e seccionadas no sistema Exact²³, por meio de lâmina de diamante em forma de fita circular (0,2mm de espessura), refrigerada por jato de água e com carga aplicada de 200 g e velocidade de 2300 rpm.

Foram confeccionadas 2 secções transversais de cada amostra na coroa clínica do elemento dentário. Uma amostra no meio eixo longo do implante e outra logo abaixo deste, em direção ao ápice da raiz. Todas as amostras coletadas foram de aproximadamente 600µm de espessura. Estes cortes foram colados em lâminas de acrílico, utilizando resina própria²⁴ e polimerizados em equipamento de prensagem adesiva de precisão²⁵.

Estas lâminas foram submetidas a um processo de lixamento (lixas de carbetto de silício com 500, 800, 2000, 2500, 4000 e 8000 granulações/mm²) e polimento mecânico em politriz²⁶. A espessura final obtida foi de aproximadamente 30 a 50µm.

Na coloração das amostras foi utilizada a técnica descrita por Maniatopoulos e colaboradores (1986) para preparo de secções histológicas contendo implantes metálicos.

As lâminas foram imersas em cubetas contendo o corante *Stevenel's blue* pré aquecida e mantida a 60°C em banho Maria por 15 minutos. Após enxague com água destilada a 60°C, a secagem ocorreu com ar seco.

²² Exact, 520 Light Polymerization Unit

²³ Exact 310 Band System.

²⁴ Technovit 7210 VCL, Kulzer &Co, Wehrhein, Alemanha.

²⁵ Exact 401 Vacuum adhesive Press.

²⁶ Exact400 CS Micro Grinding System, Exact Apparatebau, Norderstedt, Alemanha.

As lâminas então foram imersas em corante *Van Gieson* picro-fucsina à temperatura ambiente por 5 minutos. Foram enxaguadas rapidamente em álcool absoluto e a secagem também ocorreu em ar seco.

Uma pequena quantidade de corante Alizarina vermelha foi pipetada na superfície das lâminas. Após a coloração por 5 minutos em temperatura ambiente, as lâminas foram vigorosamente enxaguadas em água destilada corrente e a secagem ocorreu em ar seco.

A análise bruta da anatomia endodôntica dos dentes 3° pré molar e 2° incisivo esquerdos foi realizada para verificar se, no sítio de implante dos parafusos, as câmaras pulpares continham a polpa dentária ou estavam ocluídas por dentina.

As lâminas foram analisadas por meio de microscopia de luz²⁷ com objetiva de 10X de aumento acoplada a uma câmara digital²⁸.

Para revelar se os implantes penetraram nas câmaras pulpares e polpa dentária e quais as células dos tecidos na interface com o implante, os resultados da análise tomográfica no sentido do eixo longo e dos cortes histológicos no sentido transversal de cada elemento dentário foram analisados em conjunto.

²⁷Microscópio – Carl Zeiss, modelo Axiostar

²⁸Camara Digital – Canon, modelo Powershot A640

6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para comparar os grupos **1** (Integro/controle), **2** (osteossíntese com placas LCP), **3** (implantes transdentários com placas LC-DCP) quanto às variáveis: limite elástico, ângulo de deformação [radianos], máximo ângulo de deformação [radianos]; rigidez (N.m/radiano), momento de flexão no limite elástico [10%] (N.m) e momento de flexão máximo (N.m), foi utilizado o modelo de análise de variância (ANOVA) e quando detectada diferença entre os grupos, foi utilizado o teste de Bonferroni para comparações múltiplas. Quando as assertivas do modelo ANOVA não foram satisfeitas, foi utilizado o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis e quando detectada diferença entre os grupos, foi utilizado o teste não paramétrico de Mann-Whitney.

Para comparar os grupos **2** (osteossíntese com placas LCP), **3** (implantes transdentários com placas LC-DCP) quanto às variáveis: GAP (mm) 50 N.m média, GAP (mm) 100 N.m média, microdeformação (ud) a 50 N.m central (corrigida), microdeformação (ud) a 50 N.m Média (FM) corrigida; Microdeformação (ud) a 100 N.m central (corrigido), microdeformação (ud) a 100 N.m média (FM) corrigida, microdeformação (ud) no momento no limite elástico central (corrigida), microdeformação (ud) no momento limite elástico média (FM) corrigida, microdeformação (ud) no momento máximo central (corrigida) e microdeformação (ud) no momento máxima média (FM) corrigido, foi utilizado o teste paramétrico t-Student. Quando as assertivas do teste t-Student não foram satisfeitas, foi utilizado o teste não-paramétrico de Mann-Whitney.

Foi utilizado um nível de significância de 5% (p-valor < 0,05).

7 RESULTADOS

7.1 PEÇAS ANATÔMICAS

Baseado nos prontuários dos animais doadores das peças anatômicas foram coletados os dados relativos a idade, sexo, raça. O material foi dividido em 3 grupos de forma que se obtivesse uma idade média o mais próximo do possível entre os três grupos (Tabela 1). A idade média do grupo 1 foi de 9,6 anos; grupo 2 de 9,8 anos e o grupo 3 de 9,8 anos.

Foram descartadas 06 peças anatômicas e substituídas por outras que atendessem as condições deste estudo. Cinco peças foram descartadas devido ao descongelamento não controlado e degradação e 01 apresentava doença periodontal avançada nos incisivos mandibulares.

O tempo médio de descongelamento das peças anatômicas intactas foi de 11 horas em solução fisiológica a 0,9%. Durante a execução das técnicas cirúrgicas e ensaios biomecânicos não foram notados sinais de degradação do periodonto.

O BMM atingiu o objetivo de auxiliar na manutenção do alinhamento dos segmentos ósseos osteotomizados e da oclusão de incisivos mandibulares e maxilares.

Tabela 1: - Distribuição das peças anatômicas entre os grupos 1 (Integro/controle), 2 (osteossíntese com placas LCP), 3 (implantes transdentários com placas LC-DCP)

Grupo*/Peça anatômica	Idade (anos)	Raça	Sexo	Causa morte
GRUPO 1				
01	11	SRD	F	Emagrecimento acentuado (Eutanásia)
02	10	Ap	M	Laceração de reto
03	8	SRD	M	Sarcoma na asa do íleo
04	15	BH	M	Laminite
05	3,5	MM	M	Torção de raiz mesentérica
06	17	MM	M	Carcinoma epinocelular
07	5	BH	M	Peritonite
08	7	PSL	M	Peritonite difusa
GRUPO 2				
09	8	SF	F	Deslocamento cólon maior + compactação de íleo
10	13	PSL	F	Distocia
11	10	PSL	M	Fratura de olecrano MAD (eutanásia)
14	3	AT	M	Banda mesodiverticular (eutanásia)
16	4	BH	F	Ruptura de reto(eutanásia)
20	16	Ap	F	Colite crônica
25	12	M	F	Fratura cominutiva de tíbia (eutanásia)
27	13	MM	M	Abcesso testicular (eutanásia)
GRUPO 3				
19	2	MM	F	Peritonite (eutanásia)
24	7	BH	M	Encarceramento do forame epiplóco
26	4	AT	F	Miosite
28	6	BH	M	Encefalite
29	18	BH	M	Colite (eutanásia)
34	17	PSL	M	Torção da raiz do mesentério (eutanásia)
36	16	M	M	Compactação de íleo e perfuração de jejuno
38	8	Árb	F	Fratura da base do crânio

Legenda: SRD, Sem raça definida; Ap; Apaloosa; BH, Brasileiro de Hipismo; AT, American Trotter, PSL, Puro Sangue Lusitano; SF, Sela Francesa; MM, Mangalarga Marchador; M, Mangalarga; Árb, Árabe.

7.2 TÉCNICAS CIRÚRGICAS

A execução do grupo 2 (osteossíntese com placas LCP) seguindo a técnica sugerida pelos “princípios AO de tratamento de fraturas” ocorreu sem maiores intercorrências com boa coaptação dos ossos mandibulares.

Durante a execução do grupo 3 (implantes transdentários com placas LC-DCP), das 24 coroas clínicas de perfuradas ocorreu 01 (0,04%) fratura longitudinal no dente 3° pré molar esquerdo da mandíbula 24.

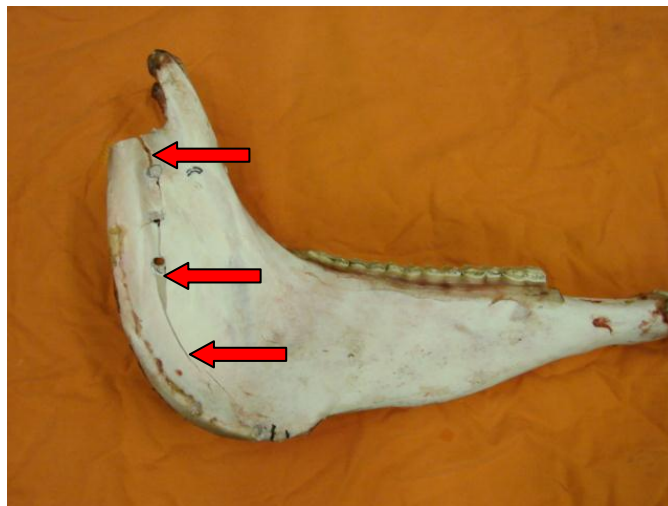
Nas mandíbulas 29, 34 e 36 do grupo 3, a distância da perfuração dos dentes segundos pré molares em relação à face oclusal destes dentes foi acima de 8mm.

O tempo médio para realização da moldagem e implante das placas LC-DPC foi de 3 horas enquanto placas LCP foi de 1 hora e 15 minutos.

7.3 ENSAIOS BIOMECÂNICOS DESTRUTIVOS DO GRUPO 1 (INTEGRO/CONTROLE)

Durante os ensaios piloto, não foi possível reproduzir as fraturas no diastema mandibular. As fraturas ocorreram no ângulo e ramo vertical da mandíbula (Figura 22).

Figura 22. - Peça anatômica, mandíbula de equino. Durante os ensaios piloto, seguindo o projeto descrito por Peavey e colaboradores, ocorreram fraturas dos ramos verticais e ângulo da mandíbula (setas vermelhas).

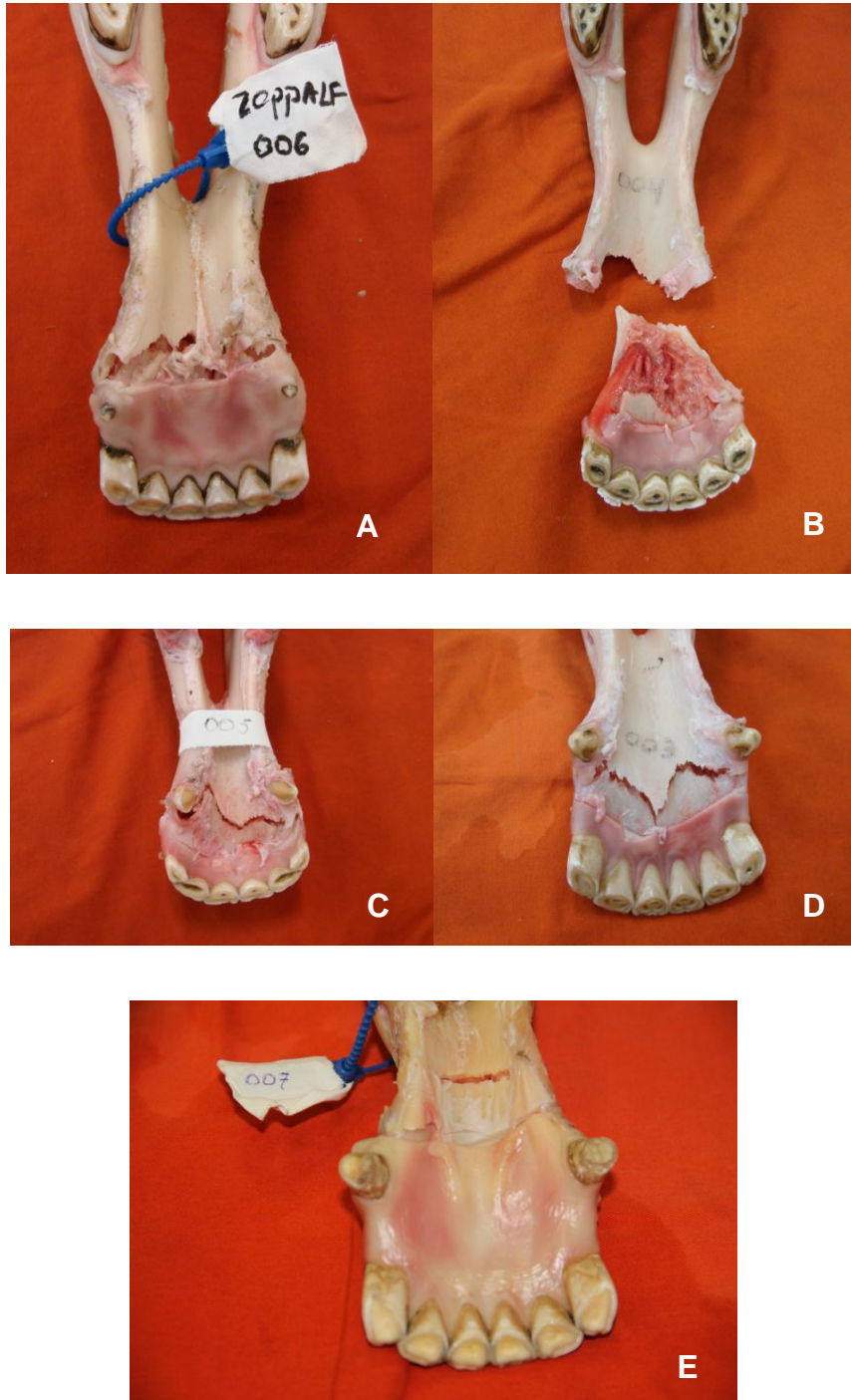


Fonte: PIMENTEL, 2012

Após a modificação do dispositivo para suporte e manutenção das mandíbulas, obteve-se sucesso na reprodução de fratura no diastema mandibular. Foram obtidas diferentes configurações e posições das fraturas; lineares, oblíquas e

rostrais e caudais aos caninos, todas rostrais ao forame mentoniano (Figuras 23 A, 23 B, 23 C, 23 D e 23 E).

Figura 23 – Peças anatômicas de equinos, mandíbulas. Configurações e posições das fraturas no diastema mandibular. (A) linear, (B) oblíqua, (C e D), rostrais aos caninos (E) caudais aos caninos



Fonte: PIMENTEL, 2012

7.4 ENSAIOS BIOMECÂNICOS

Nos ensaios biomecânicos do grupo **2** (osteossíntese com placas LCP) ocorreu falha na captação da leitura dos resultados da mandíbula de número 9 devido à pane elétrica no sistema, ocasionada pelo deslizamento significativo da mandíbula que destruiu os sensores de leitura de dados . Desta forma, os resultados obtidos nos ensaios do espécime 9 foram descartados.

A avaliação das mandíbulas, após os ensaios biomecânicos do grupo **2** (osteossíntese com placas LCP) e retirada dos parafusos, evidenciou que todos os locais de perfuração óssea para instalação de implante estavam íntegros e sem sinais de estresse resultante da carga aplicada. Os parafusos apresentavam se tendendo à normalidade, com discretos sinais de perda do alinhamento de seu eixo longo (Figura 24).

Nos ensaios biomecânicos do grupo 3 (implantes transdentários com placas LC-DCP) foram descartados os resultados das mandíbulas de números 19 e 28 devido á falha de execução da técnica cirúrgica que não resultou em alinhamento e coaptação dos fragmentos ósseos.

Durante a execução da fase destrutiva do ensaio biomecânico da mandíbula 29 ocorreu fratura com avulsão e arremesso, a longa distância, de parte da coroa clínica do dente 3° pré molar inferior esquerdo (Figura 25 A) .

Nas mandíbulas 24, 26 e 29 do grupo 3 (implantes transdentários com placas LC-DCP) após os ensaios biomecânicos foram observados 4 dentes incisivos fraturados (Figura 25 B).

Dos 24 parafusos implantados, 14 (58%) apresentaram importante perda do alinhamento de seu eixo longo.

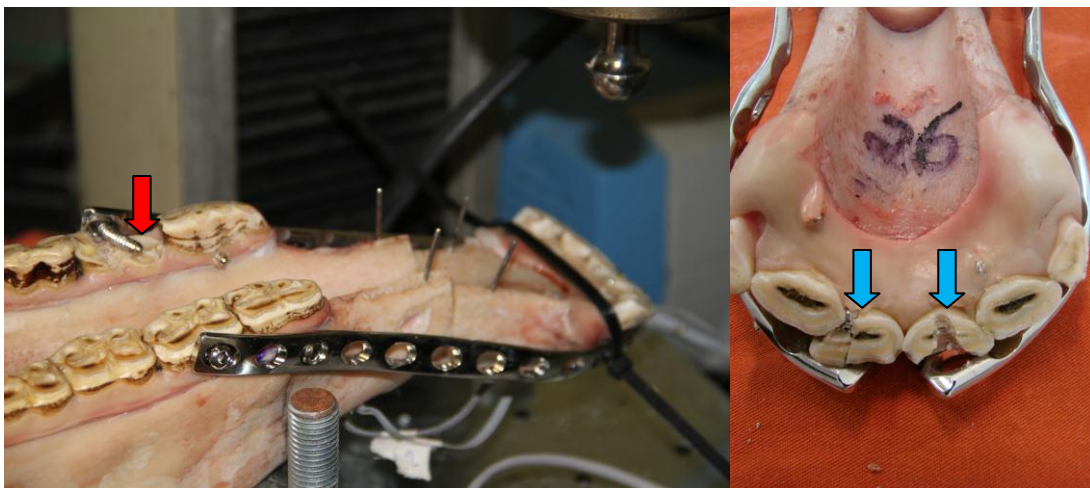
No grupo 1 e também no grupo 3, apesar da ocorrência das fraturas da coroa clínica de 5 elementos dentários supracitados, todos os dentes e suas respectivas margens gengivais permaneceram em sua posição original.

Figura 24: - Mandíbula 20 do grupo 2 (osteossíntese com placas LCP) após os ensaios biomecânicos e retirada dos parafusos. Todos os locais de perfuração óssea para instalação de implante estavam íntegros e sem sinais de estresse resultante da carga aplicada (setas verdes)



Fonte: PIMENTEL, 2012

Figura 25: - Fraturas de elementos dentários. **(A)** Durante a execução da fase destrutiva do ensaio biomecânico da mandíbula 29 ocorreu fratura com avulsão e arremesso a longa distância de parte da coroa clínica do dente 3° pré molar inferior esquerdo (seta vermelha). **(B)** Mandíbula 26 após o ensaio biomecânico. Os dentes incisivos centrais apresentaram-se fraturados (seta azul)

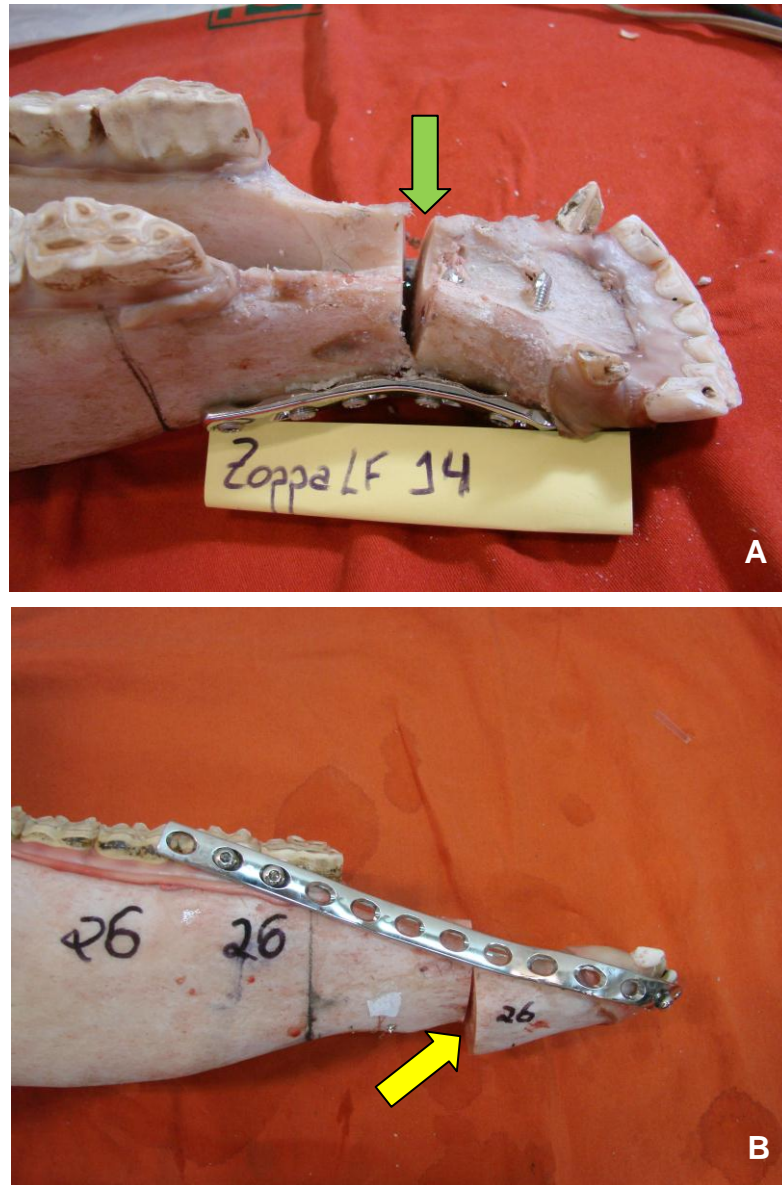


Fonte: PIMENTEL, 2012

O comportamento do local das osteotomias foi distinto entre os grupos 2 e 3 durante os ensaios biomecânicos. No grupo 2 ocorreu a abertura da superfície dorsal do diastema mandibular com formação de uma fenda (Figura 26 A), enquanto

no grupo 3 ocorreu um deslizamento no sentido ventral da porção mais rostral da osteotomia com a formação de um degrau no local.

Figura 26: Peças anatômicas de equino, mandíbulas. Local das osteotomias após os ensaios biomecânicos de flexão. **(A)** Osteotomia tem aspecto de fenda (seta verde). **(B)** Osteotomia tem aspecto de degrau



Fonte: PIMENTEL, 2012

De acordo com os resultados dos ensaios biomecânicos que estão relacionados nas tabelas 2.1 à 2.3, ao nível de significância de 5%, há diferença significativa entre os grupos quanto às variáveis: máximo ângulo de deformação [radianos], rigidez (N.m/radiano), momento de flexão no limite elástico [10%] (N.m) e momento de flexão máximo (N.m). Para todas essas variáveis as diferenças ocorrem entre os grupos **1** (Integro/controlado), **2** (osteossíntese com placas LCP), **3** (implantes

transdentários com placas LC-DCP). O grupo 1 apresenta média de rigidez (N.m/radiano), momento de flexão no limite elástico [10%] (N.m) e momento de flexão máximo (N.m) significativamente maior do que os grupos 2 e 3. Por outro lado, o grupo 1 apresenta média de máximo ângulo de deformação [radianos] significativamente menor do que os grupos 2 e 3. As figuras 27, 28, 29 e 30 confirmam os resultados das tabelas 2.1 a 2.3.

Tabela 2.1: - Comparação entre os grupos 1 (Integro/Controle), 2 e 3 quanto às variáveis: Limite elástico, ângulo de deformação [radianos], máximo ângulo de deformação [radianos], rigidez (N.m/radiano), momento de flexão no limite elástico [10%] (N.m) e momento de flexão máximo (N.m)

Variáveis por grupo	2	Integro/Controle	3	p-valor
Limite Elástico Ângulo de deformação [radianos]*				
Média ± Desvio padrão	0,11 ± 0,02	0,08 ± 0,01	0,09 ± 0,05	0,228
Mediana (Mínimo - Máximo)	0,11 (0,07 - 0,13)	0,08 (0,06 - 0,1)	0,08 (0,04 - 0,19)	
Máximo Ângulo de deformação [radianos]*				
Média ± Desvio padrão	0,23 ± 0,08	0,11 ± 0,02	0,22 ± 0,08	0,003
Mediana (Mínimo - Máximo)	0,22 (0,13 - 0,36)	0,11 (0,08 - 0,13)	0,19 (0,13 - 0,35)	
Rigidez (N.m/radiano)*				
Média ± Desvio padrão	2671,78 ± 899,57	10837,01 ± 1998,61	3336,65 ± 1051,05	0,000
Mediana (Mínimo - Máximo)	2401,93 (1804,03 - 4302,61)	10739,67 (7900,46 - 13876,46)	3042,68 (2352,59 - 4902,55)	
Momento de flexão no Limite Elástico [10%] (N.m)**				
Média ± Desvio padrão	173,71 ± 41,94	734,17 ± 146,61	168,23 ± 32,73	0,001
Mediana (Mínimo - Máximo)	156,09 (129,02 - 240,85)	768,57 (444,99 - 944,1)	172,37 (122,66 - 209,88)	
Momento de flexão máximo (N.m)**				
Média ± Desvio padrão	258,13 ± 43,34	923,46 ± 174,58	283,91 ± 68,27	0,001
Mediana (Mínimo - Máximo)	269,47 (197,4 - 307,16)	916,02 (609,63 - 1148,82)	293,25 (181,24 - 350,58)	
Total	7	8	6	

*p-valor do modelo de Análise de variância (ANOVA). **p-valor do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Grupos 1 (Integro/controle), 2 (osteossíntese com placas LCP), 3 (implantes transdentários com placas LC-DCP)

Tabela 2.2: - Resultados das comparações múltiplas de Bonferroni

Comparações múltiplas (Bonferroni)	p-valor
Máximo ângulo de deformação [radianos]	
Íntegro <i>versus</i> 2	0,014
Íntegro <i>versus</i> 3	0,005
2 <i>versus</i> 3	1,000
Rigidez (N.m/radiano)	
Íntegro <i>versus</i> 2	0,000
Íntegro <i>versus</i> 3	0,000
2 <i>versus</i> 3	1,000

Grupos 1 (Íntegro/controlado), 2 (osteossíntese com placas LCP), 3 (implantes transdentários com placas LC-DCP)

Tabela 2.3: - Resultados do teste não paramétrico de Mann-Whitney

Teste não paramétrico de Mann-Whitney	p-valor*
Momento de flexão no limite elástico [10%] (N.m)	
Íntegro <i>versus</i> 2	0,006
Íntegro <i>versus</i> 3	0,003
2 <i>versus</i> 3	1,000
Momento de flexão máximo (N.m)	
Íntegro <i>versus</i> 2	0,006
Íntegro <i>versus</i> 3	0,002
2 <i>versus</i> 3	1,000

*p-valor corrigido pelo número de comparações.

Grupos 1 (Íntegro/controlado), 2 (osteossíntese com placas LCP), 3 (implantes transdentários com placas LC-DCP)

Figura 27: - Comparação entre os grupos quanto à Máximo Ângulo de deformação [radianos]

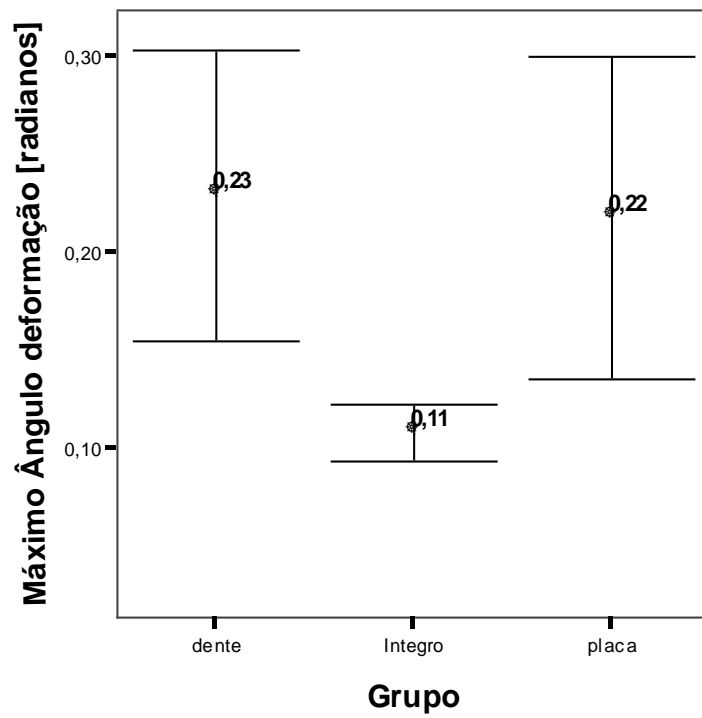


Figura 28: - Comparação entre os grupos quanto à Rigidez (N.m/radiano)

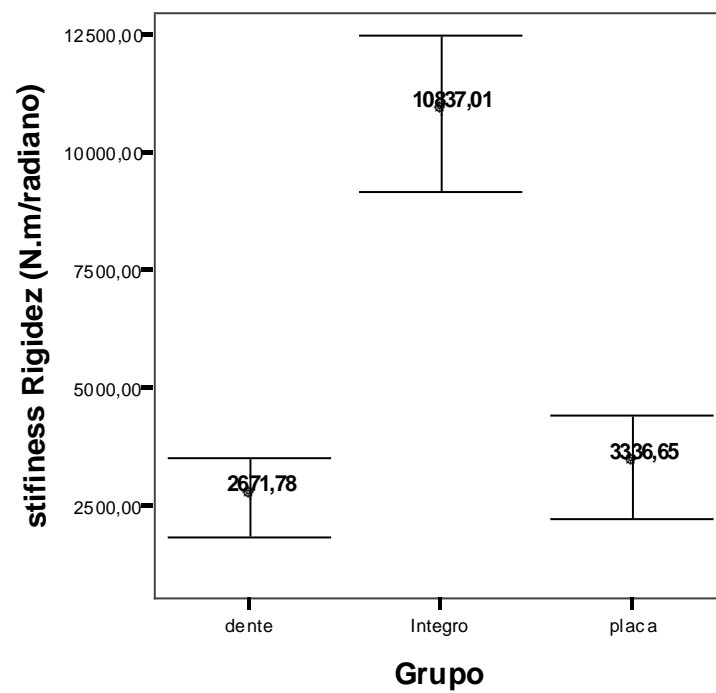


Figura 29: - Comparação entre os grupos quanto à Momento de flexão no limite elástico [10%] (N.m)

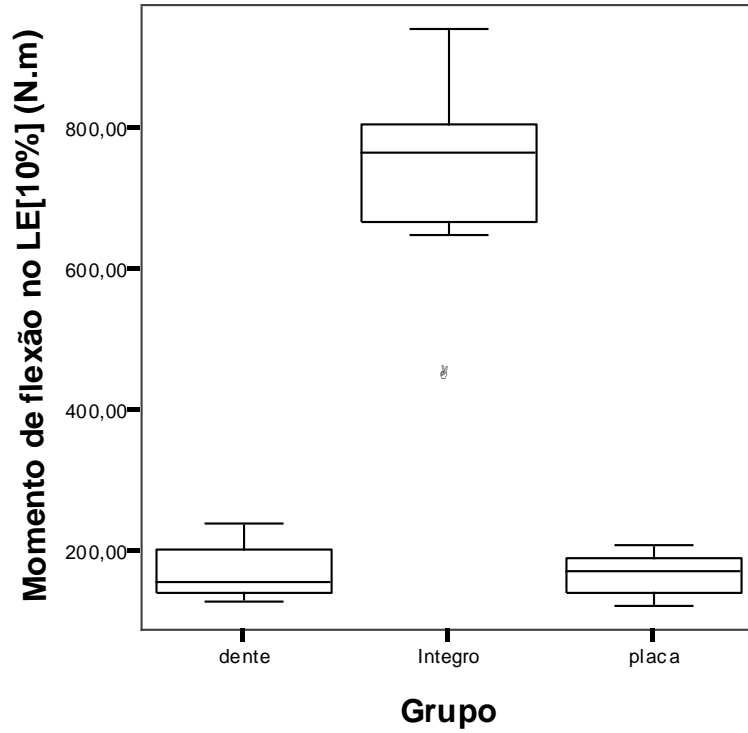
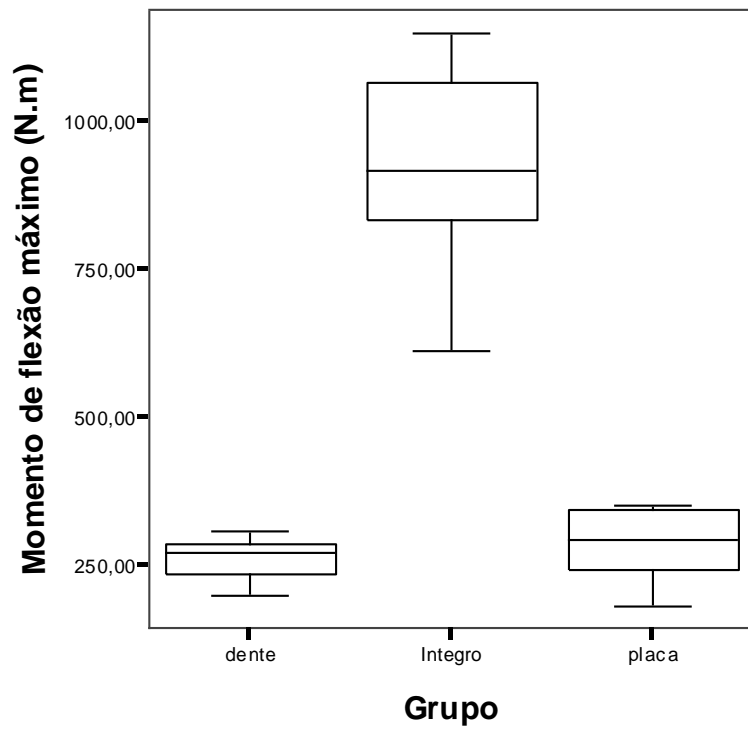


Figura 30 - Comparação entre os grupos quanto à Momento de flexão máximo (N.m)



De acordo com os resultados dos ensaios biomecânicos relacionados na Tabela 3, ao nível de significância de 5%, há diferença significativa entre os grupos quanto às variáveis: Microdeformação (ud) a 50 N.m média (FM) corrigida, microdeformação (ud) a 100 N.m média (FM) corrigida, Microdeformação (ud) no momento do Limite Elástico Médio (FM) corrigida, Microdeformação (ud) no momento máximo central (corrigida) e Microdeformação (ud) no momento máximo Média (FM) corrigida. Para todas essas variáveis (microdeformação (ud) a 50 N.m média (FM) corrigida, microdeformação (ud) a 100 N.m média (FM) corrigida, microdeformação (ud) no momento limite elástico médio (FM) corrigida, microdeformação (ud) no momento máximo central (corrigido) e microdeformação (ud) no momento máximo médio (FM) corrigido, o grupo 3 (implantes transdentários com placas LC-DCP) apresenta média significativamente maior do que o grupo 2 (osteossíntese com placas LCP). As figuras 31, 32, 33 e 34 confirmam os resultados da Tabela 3.

Tabela 3 - Comparação entre os grupos 2 (osteossíntese com placas LCP) e 3 (implantes transdentários com placas LC-DCP) quanto às variáveis: GAP (mm) 50 N.m média, GAP (mm) 100 N.m média, microdeformação (ud) a 50 N.m central (corrigida), microdeformação (ud) a 50 N.m Média (FM) corrigida, microdeformação (ud) a 100 N.m central (corrigido), microdeformação (ud) a 100 N.m média (FM) corrigida, microdeformação (ud) no momento limite elástico central (corrigida), microdeformação (ud) no momento limite elástico média (FM) corrigida, microdeformação (ud) no momento máximo central (corrigido) e microdeformação (ud) no momento máx média (FM) corrigida.

Variáveis por grupo	3	2	p-valor
GAP (mm) 50 N.m Média*			
Média ± Desvio padrão	0,85 ± 0,28	0,66 ± 0,17	0,165
Mediana (Mínimo - Máximo)	0,9 (0,54 - 1,28)	0,65 (0,4 - 0,9)	
GAP (mm) 100 N.m Média*			
Média ± Desvio padrão	1,8 ± 0,46	1,55 ± 0,4	0,320
Mediana (Mínimo - Máximo)	2,06 (1,13 - 2,19)	1,61 (0,95 - 2,1)	
Microdeformação (ud) a 50 N.m Central (corrigido)**			
Média ± Desvio padrão	-75,76 ± 125,36	-246,33 ± 473,56	0,668
Mediana (Mínimo - Máximo)	-36,6 (-338 - 34)	-70,38 (-1055,68 - 256,18)	
Microdeformação (ud) a 50 N.m Média (FM) corrigido*			
Média ± Desvio padrão	-87,51 ± 73,91	-224,51 ± 67,11	0,005
Mediana (Mínimo - Máximo)	-125,27 (-156,5 - 24,5)	-205,51 (-323,74 - -160,46)	
Microdeformação (ud) a 100 N.m Central (corrigido)*			
Média ± Desvio padrão	-41,48 ± 269,31	-767,6 ± 943,54	0,076
Mediana (Mínimo - Máximo)	24 (-615 - 202,69)	-719,27 (-2291,53 - 470,13)	
Microdeformação (ud) a 100 N.m Média (FM) corrigido*			
Média ± Desvio padrão	-209,96 ± 91,87	-431 ± 160,47	0,012
Mediana (Mínimo - Máximo)	-240,7 (-316,5 - -83,05)	-418,05 (-610,89 - -194,25)	
Microdeformação (ud) no momento LE Central (corrigido)**			
Média ± Desvio padrão	-65,73 ± 458,35	-1793,25 ± 1818,89	0,063
Mediana (Mínimo - Máximo)	142 (-1031 - 287,15)	-1966,38 (-4383,19 - 706,6)	
Total	6	7	

*p-valor do teste paramétrico t-Student.

**p-valor do teste não paramétrico de Mann-Whitney.

*p-valor corrigido pelo número de comparações.

Continua...

Tabela 3 (**continuação**) - Comparação entre os grupos 2 (osteossíntese com placas LCP) e 3 (implantes transdentários com placas LC-DCP) quanto às variáveis: GAP (mm) 50 N.m média, GAP (mm) 100 N.m média, microdeformação (ud) a 50 N.m central (corrigida), microdeformação (ud) a 50 N.m Média (FM) corrigida, microdeformação (ud) a 100 N.m central (corrigido), microdeformação (ud) a 100 N.m média (FM) corrigida, microdeformação (ud) no momento limite elástico central (corrigida), microdeformação (ud) no momento limite elástico média (FM) corrigida, microdeformação (ud) no momento máximo central (corrigido) e microdeformação (ud) no momento máx média (FM) corrigida.

Variáveis por grupo	3	2	p-valor
Microdeformação (ud) no momento			
Limite elástico Média (FM) corrigido*			
Média ± Desvio padrão	-389,23 ± 193,36	-720,12 ± 145,15	0,009
Mediana (Mínimo - Máximo)	-454 (-688 - -161,87)	-684,08 (-871,29 - -529,25)	
Microdeformação (ud) no momento			
max Central (corrigido)*			
Média ± Desvio padrão	-193,31 ± 594,78	-2729,29 ± 2698,4	0,033
Mediana (Mínimo - Máximo)	-244 (-993 - 656)	-2535,04 (-7308,13 - 805,13)	
Microdeformação (ud) no momento			
max Média (FM) corrigido**			
Média ± Desvio padrão	-356,68 ± 470,33	-1639,26 ± 1243,49	0,012
Mediana (Mínimo - Máximo)	-579 (-753 - 561,62)	-952,93 (-3659,7 - -674,23)	
Total	7	6	

*p-valor do teste paramétrico t-Student.

**p-valor do teste não paramétrico de Mann-Whitney.

Figura 31:- Comparação entre os grupos quanto à microdeformação (ud) a 50 N.m média (FM) corrigido

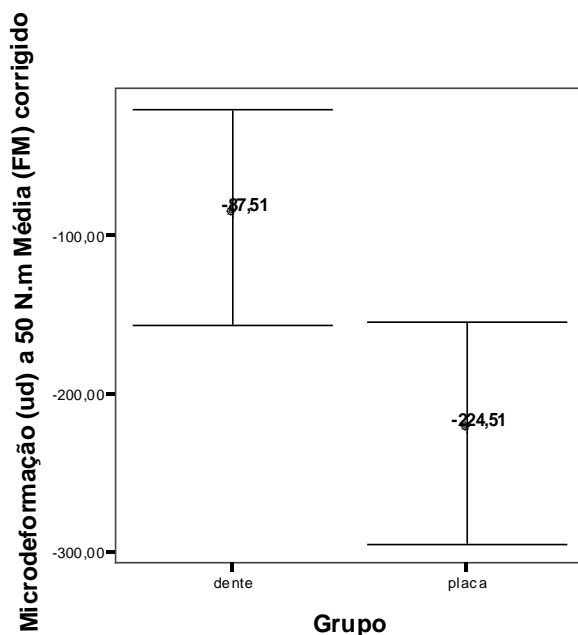


Figura 32: - Comparação entre os grupos quanto à microdeformação (ud) a 100 N.m média (FM) corrigido

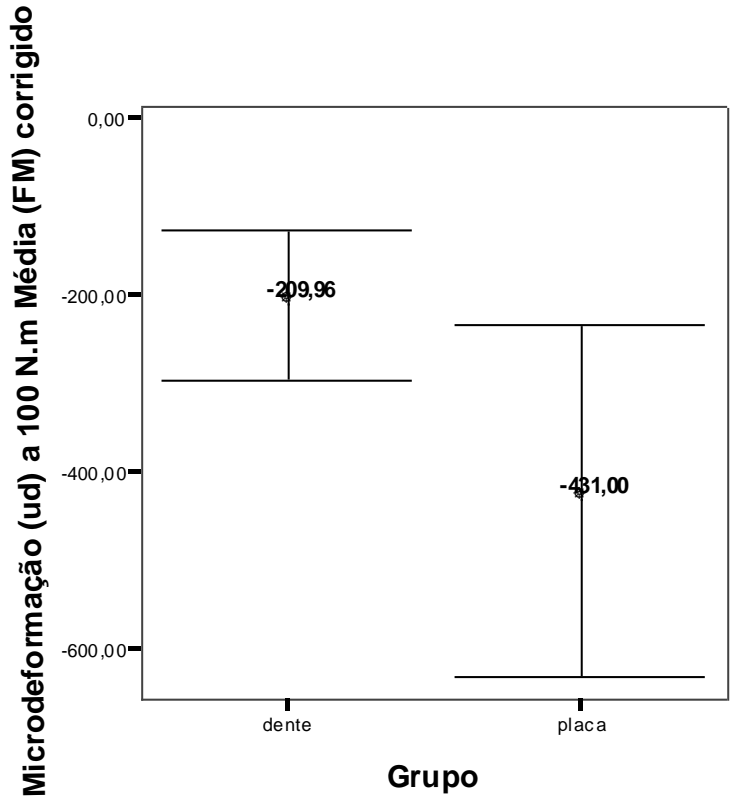


Figura 32: - Comparação entre os grupos quanto à microdeformação (ud) no momento limite elástico média (FM) corrigido

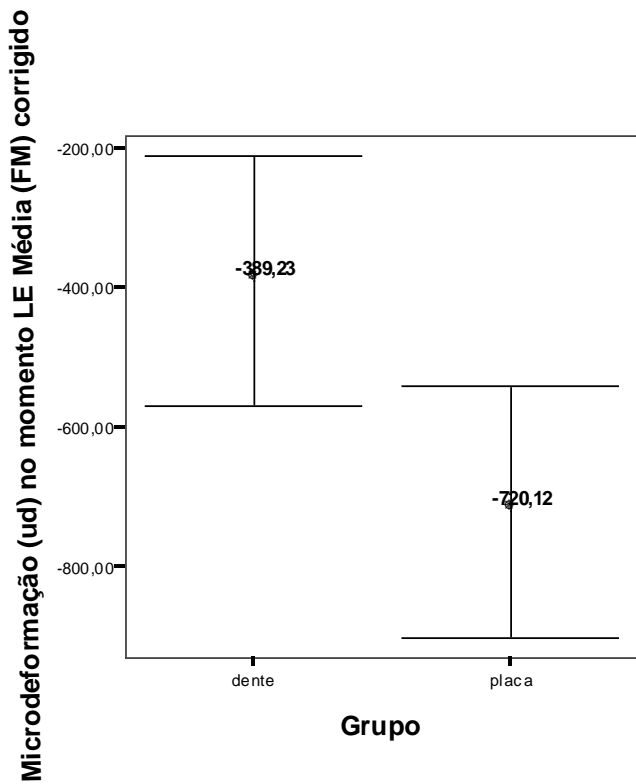


Figura 33: - Comparação entre os grupos quanto à microdeformação (ud) no momento máximo central (corrigido)

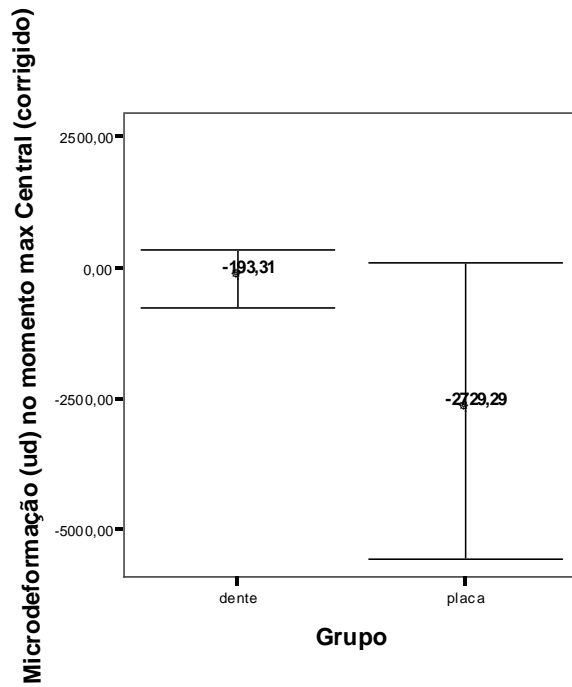
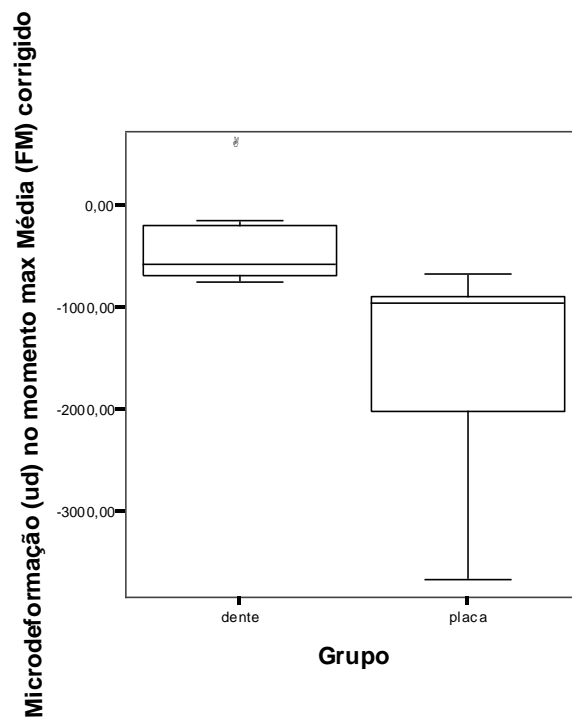


Figura 34: - Comparação entre os grupos quanto à microdeformação (ud) no momento máxima média (FM) corrigido



Todos os resultados de cada ensaio biomecânico dos grupos 1, 2 e 3 estão registrados no apêndice B.

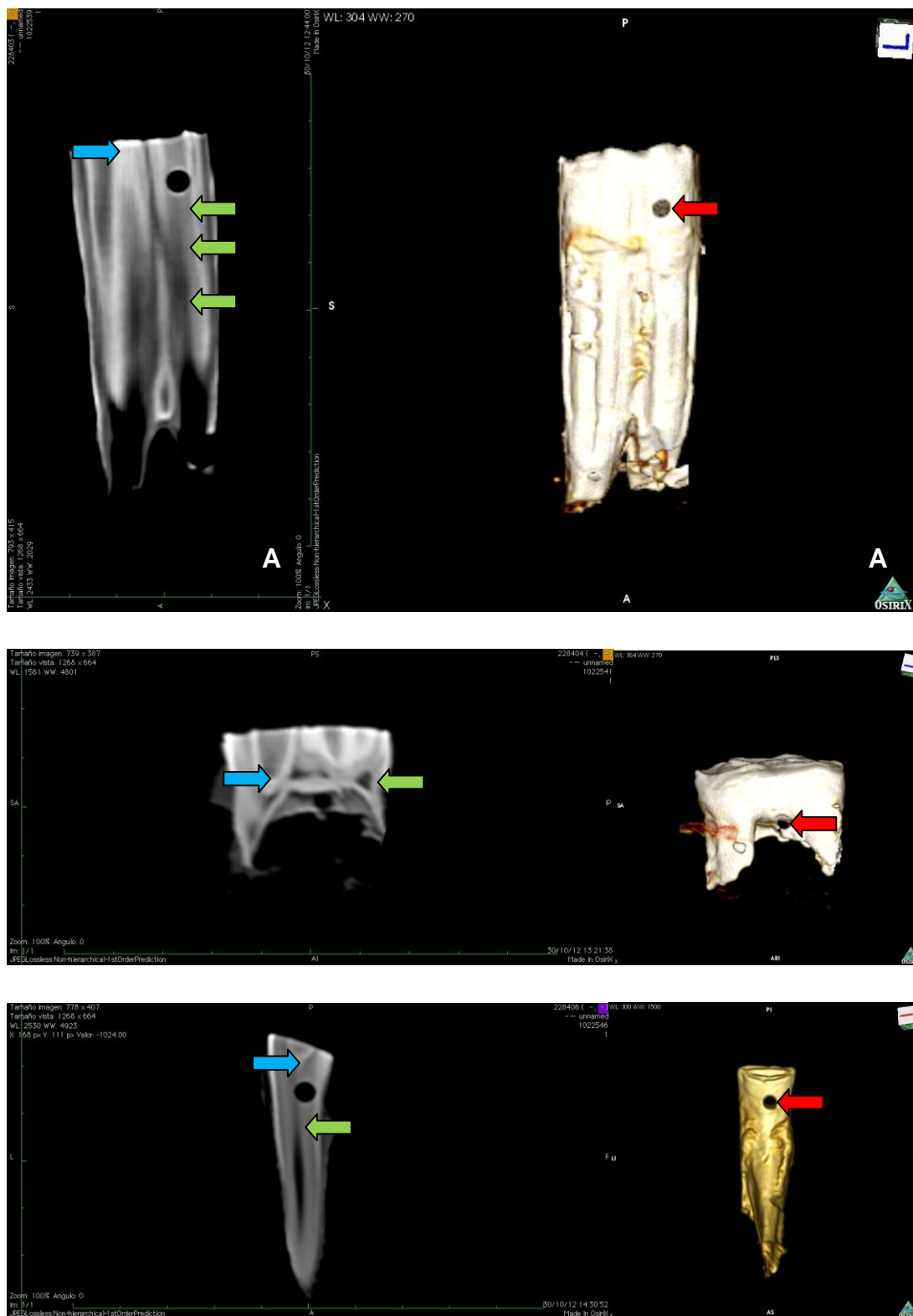
7.5 AVALIAÇÕES HISTOLÓGICA E TOMOGRÁFICA DOS ELEMENTOS DENTÁRIOS SUBMETIDOS AOS IMPLANTES TRANSDENTÁRIOS

Foram avaliados, por meio de estudos tomográficos (figura 35 A, 35 B e 35 C) e cortes histológicos (Figura 36 A e 36 B, Figura 37 A e 37 B), 28 elementos dentários, sendo 14 dentes incisivos e 14 dentes 3° pré molares.

Para revelar se os implantes penetraram nas câmaras pulpares e polpa dentária e quais as células dos tecidos na interface com o implante, os resultados da análise tomográfica no sentido do eixo longo e dos cortes histológicos no sentido transversal de cada elemento dentário foram analisados em conjunto.

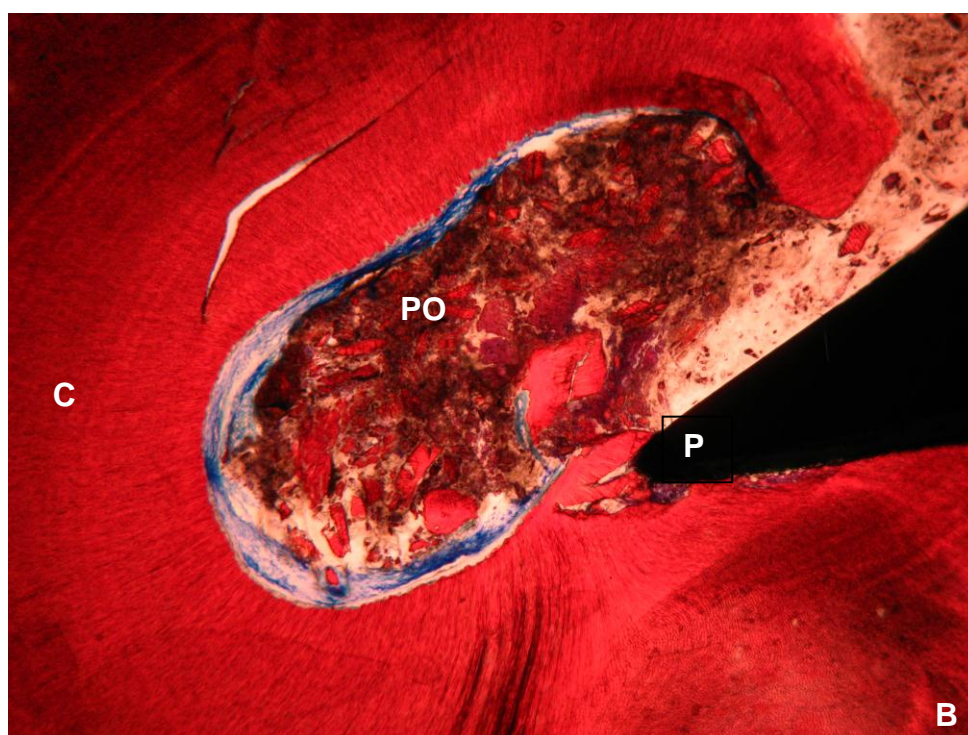
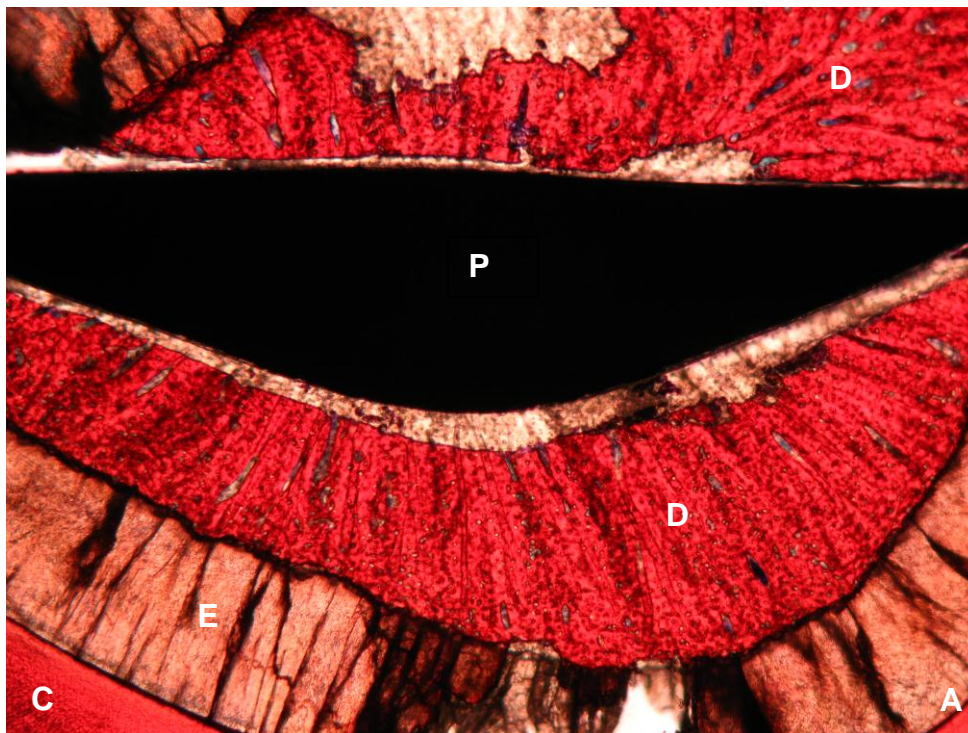
Foi observado a invasão das cavidades pulpares em 10 (71%) dentes incisivos e 6 (43%) dentes pré molares.

Figura 35: Imagens tomográficas e reconstrução em 3D de elementos dentários de equinos. **(A)** Pré molar permanente. **(B)** Pré molar permanente. **(C)** Incisivo. As setas verdes indicam as câmaras pulpares; as azuis a camada de dentina suboclusal e as vermelhas os locais de perfuração para inserção dos implantes



Fonte: FMVZ/USP, 2012

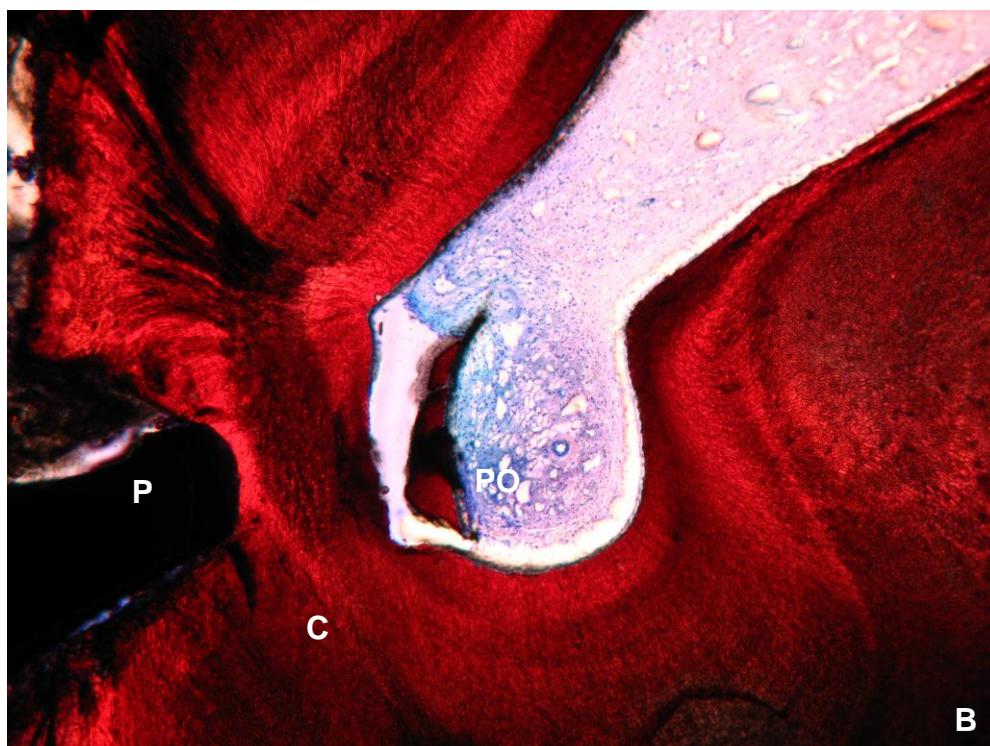
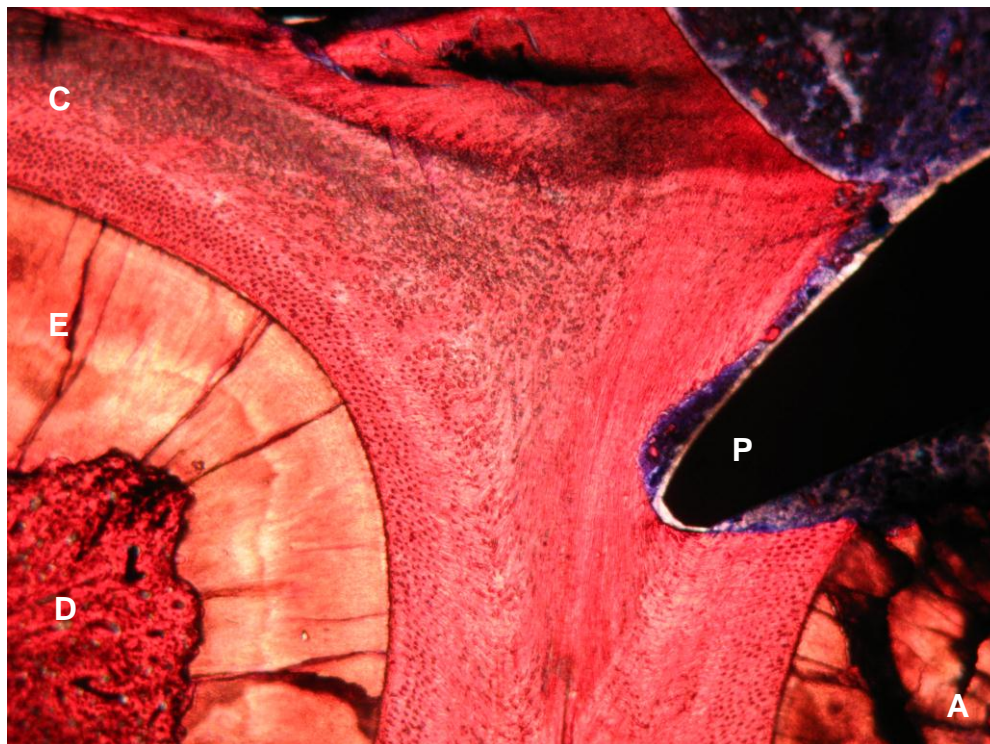
Figura 36 - Cortes histológicos calcificados de dentes incisivos de equinos. **(A)** Parafuso inserido acima da polpa. **(B)** Parafuso inserido ao lado da camera pulpar.



Fonte: Pimentel, 2012

Legenda: P, parafuso; D, dentina; E, esmalte PO, polpa; C, cimento

Figura 37 - Cortes histológicos calcificados de dentes 3° pré molar de equinos. **(A)** Parafuso inserido acima da polpa. **(B)** Parafuso inserido ao lado da camara pulpar



Fonte: Pimentel, 2012

Legenda: P, parafuso; D, dentina; E, esmalte PO, polpa; C, cimento

8 DISCUSSÃO

8.1 PEÇAS ANATÔMICAS

Baseado nos prontuários dos animais doadores das peças anatômicas foi constatado que alguns animais foram a óbito devido a enfermidades debilitantes que causaram perda de peso; considerando-se ainda se tratar de animais provenientes de diferentes raças e conformações, considerar o peso como forma de padronização dos grupos poderia afetar os resultados dos ensaios biomecânicos. Para padronizar o estudo foi considerada a extensão do diastema mandibular (distância “L”). Essa medida foi utilizada para calcular o momento de flexão aplicado na mandíbula durante o ensaio e foi obtida através do produto da força registrada pela célula de carga e a distancia “L” medida anteriormente. A idade média foi outra variável considerada para padronização do estudo para evitar que diferentes padrões de ossificações pudessem afetar os dados obtidos relacionados à rigidez, microdeformação e limite elástico.

O controle do descongelamento se fez necessário para manter a integridade dos feixes de fibras periodontais que são capazes de suportar cargas de 875N com picos de 1758N durante a mastigação nos dentes (Staskyz et al., 2006a). O periodonto é metabolicamente muito ativo. Possui requerimentos funcionais contrários; suporta o dente em sua posição e permite sua contínua erupção, o que indica que o aparato de fibras colágenas do LP é altamente adaptativo. Portanto, considerando a intensa atividade metabólica do periodonto, esta estrutura pode se degradar com facilidade como foi observado em 05 espécimes.

O BMM conseguiu auxiliar na manutenção do alinhamento dos segmentos ósseos osteotomizados e da oclusão de incisivos mandibulares e maxilares. A adoção na rotina cirúrgica desta técnica em casos de fraturas mandibulares impactará na redução dos casos de maloclusão pós cirúrgica. Em concordância com Yamamoto e Luz (2006) em humanos e com Saldern e Keeffe (2006) em

equinos, esta técnica é de simples utilização e pode permitir a redução do tempo cirúrgico. Neste estudo, o uso de parafusos autoperfurantes permitiu sua fixação nos ossos esponjosos da mandíbula sem dificuldades. Isto pode possibilitar a fixação dos parafusos autoperfurantes durante o pré operatório com a realização da cerclagem no trans operatório possibilita reduzir-se ainda mais o tempo de cirurgia.

Neste estudo, optou-se pela cerclagem com fios de aço, ancorados em parafusos autoperfurantes inseridos no espaço intermesial dos dentes incisivos, para que os implantes funcionassem como guia no momento da fixação dos parafusos bloqueados durante a osteossíntese com placas LCP. Isto pode reduzir os casos de perfuração de raízes dentárias dos incisivos durante osteossínteses com placas ou instalação de parafusos de tração para reduzir fraturas mandibulares em equinos.

8.2 TÉCNICAS CIRÚRGICAS

A execução do grupo 2 (osteossíntese com placas LCP) seguindo a técnica sugerida pelos “princípios AO de tratamento de fraturas” ocorreram sem maiores intercorrências com boa coaptação dos ossos mandibulares, é resultado de décadas de pesquisa em traumatologia humana que começa a ter disponibilidade para uso em equinos no Brasil. De acordo com Schatzker (2002) o grupo Arbeitsgemeinschaft osteosynthesefragen (AO) foi criado em 1958 e atualmente é uma fundação cirúrgica e científica de nível mundial. A Fundação AO desenvolveu uma abordagem coordenada para identificar os obstáculos, para estudar as dificuldades que estes causavam e encontrar alternativas para superá-los. A preocupação central da Fundação AO são todos os pacientes com lesões esqueléticas e problemas relacionados; sua filosofia tem sido direcionada ao oferecimento de um padrão de atendimento que visa o retorno precoce à mobilidade e a função. Considerando-se os desafios encontrados na recuperação do paciente equino, esta filosofia da Fundação AO de retorno precoce à função corrobora com os anseios de todos os cirurgiões envolvidos com traumatologia equina. A execução de uma técnica cirúrgica já padronizada permitiu a realização com sucesso da osteossíntese das

mandíbulas osteomizadas com placas LCP sem maiores intercorrências em razoável tempo cirúrgico de 1 hora e 15 minutos.

Para realização do reparo de fraturas com placas LCP, é necessário que o cirurgião tenha á disposição o instrumental cirúrgico adequado para aplicação da técnica sugerida pelos “princípios AO de tratamento de fraturas”.

A execução do grupo 3 (implantes transdentários com placas LC-DCP), inicialmente foi realizado com dificuldade. A técnica tem apenas um relato mais detalhado publicado por Saldern e Keeffe (2006). Como em todo princípio inovador e fora de uma rotina, alguns obstáculos precisaram ser superados. A primeira dificuldade foi a moldagem das placas. Devido ao desnível ente as coroas clínicas dos pré molares e incisivos, além da moldagem tradicional convencional, foi preciso realizar uma torção acentuada das placas. Esta dificuldade inicial não permitiu alinhar os segmentos mandibulares osteotomizados das mandíbulas 19 e 29. Conforme as dificuldades foram compreendidas e a habilidade de moldagem foi melhorada, obteve-se resultados adequados como pode ser observado na mandíbula de número 33 (Figura 15). O tempo de cirurgia que inicialmente foi de aproximadamente 4 horas, foi reduzido para pouco menos de 2 horas nas últimas cirurgias. Isto está em concordância com o relato de Saldern e Keeffe (2006) que indica que as placas para implante transdentário devem ser submetidas à uma pré moldagem no período que antecede o ato cirúrgico e o cirurgião deve possuir experiência e habilidade para realizar uma moldagem de placa mais complicada. A dificuldade de moldagem fica evidente nos casos de desnível acentuado entre incisivos e pré molares, como foi observado em animais mais velhos.

Nas mandíbulas 29, 34 e 36 do grupo 3, a distância da perfuração dos dentes segundos pré molares em relação à face oclusal destes dentes foi acima de 8mm. Para evitar a perfuração acima do limite de 8 mm, os autores recomendam a cimentação da placa nos incisivos com resina de metilmetacrilato. Este recurso não foi utilizado neste estudo por que a cimentação poderia afetar os resultados obtidos durante os ensaios biomecânicos.

O fator limitante para a realização dos implantes transdentários com placas LC-DCP é que os dentes incisivos e pré molares devem estar íntegros, sem sinais de mobilidade e não deve haver presença de doença periodontal na inserção destes elementos dentários.

Para realização do reparo de fraturas com implantes transdentários com placas LC-DCP, é necessário que o cirurgião tenha à disposição o instrumental cirúrgico adequado para aplicação da técnica sugerida pelos “princípios AO de tratamento de fraturas”, motor de implante dentário e brocas diamantadas de tamanho adequado para realizar a perfuração dos elementos dentários.

Considerando o relato de Saldern e Keeffe (2006) da possibilidade do uso de placa já utilizadas em ortopedia para fixação interna rígida, esta técnica pode ter seus custos bem reduzidos. Esta possibilidade precisa ser analisada em animais vivos portadores de fraturas mandibulares.

A fratura longitudinal no dente 3° pré molar esquerdo da mandíbula 24 possivelmente foi causada pelo uso de fresa acoplada ao motor elétrico. A menor plasticidade, menor elasticidade e maior rigidez do esmalte dentário em relação ao osso (KILIC; DIXON; KEMPSON, 1997a; DIXON, 2005), torna um elemento dentário mais delicado para realização da trefinagem. A fratura provavelmente ocorreu devido ao torque e rotação do motor elétrico. Após a ocorrência desta fratura, todas as trefinagens foram realizadas com fresa manual e não foram observadas outras intercorrências.

8.3 ENSAIOS BIOMECÂNICOS DESTRUTIVOS DO GRUPO 1 (INTEGRO/CONTROLE)

Para possibilitar a fixação das mandíbulas ao dispositivo de suporte e manutenção foi necessário dissecar as mandíbulas. No entanto, durante os ensaios piloto, as fraturas das mandíbulas íntegras localizaram-se no ramo vertical. Como o objetivo deste estudo foi analisar biomecanicamente o comportamento de fraturas

localizadas no diastema mandibular, o projeto do dispositivo de suporte e manutenção das mandíbulas descrito por Peavey et al. (2003) foi modificado. Após a modificação do projeto original foi possível a reprodução de fraturas no diastema mandibular. Possivelmente, isto ocorreu porque ao serem dissecadas, as mandíbulas, em seu ramo vertical, perderam a rigidez e plasticidade conferidas em seu aspecto lateral pelo músculo masséter e pelos músculos digástrico e pterigóideo em sua superfície medial. Os músculos masséter e pterigóideo são os músculos mastigatórios mais desenvolvidos no cavalo. Como citado anteriormente na revisão de literatura, este arranjo muscular resulta em uma superfície de tensão que começa no aspecto oral, especialmente durante a mastigação, a qual se torna importante durante a fixação de fraturas (TREMAINE, 1998; PEAVEY et al., 2003). A alta incidência de fraturas localizadas no diastema mandibular é consequência da pobre cobertura muscular local, o que confere menor rigidez a região. A inclusão do apoio na altura dos segundos pré molares e do prato do espelho odontológico sobre os incisivos, provavelmente simulou as características biomecânicas que ocorrem no diastema mandibular no momento de fraturas por avulsão quando os equinos mordem objetos estacionários.

No relato de Peavey et al. (2003) as osteotomias mandibulares foram realizadas 1 cm caudal ao forame mentoniano. Como todas as fraturas obtidas localizadas no diastema mandibular, independente de sua configuração, foram rostrais ao forame mentoniano, as osteotomias deste estudo foram realizadas 1cm rostral a esta referência anatômica. Esta diferença de posicionamento das fraturas provavelmente deve estar ligada às modificações realizadas no dispositivo de suporte e manutenção das mandíbulas.

As diferentes configurações e posições das fraturas: lineares, oblíquas, rostrais e caudais aos caninos, obtidas neste estudo estão em conformidade aos relatos literatura; não há padrão definido das fraturas localizadas no diastema mandibular. A presença de caninos nos machos poderia favorecer o posicionamento das lesões, porém, foram obtidas fraturas rostrais e caudais à estes elementos dentários (Figuras 24 D, 24 E e 24 F).

8.4 ENSAIOS BIOMECÂNICOS

A análise da filmagem do ensaio biomecânico do espécime 9 do grupo 2 (osteossíntese com placas LCP) tornou evidente uma falha no ajuste e fixação da mandíbula ao dispositivo de suporte e manutenção. Isto permitiu o seu deslizamento e a alteração de leitura dos dados. Desta forma, os resultados do espécime 9 não foram considerados válidos.

A constatação da integridade dos locais de perfuração óssea nas mandíbulas com os parafusos discretamente alterados após os ensaios biomecânicos do grupo 2 (osteossíntese com placas LCP), evidenciou que o estresse resultante da carga aplicada concentrou-se sobre a placa. Isto é uma importante vantagem para manutenção do aparato de fixação e estabilização de fraturas mandibulares (Figura 24).

As fraturas de elementos dentários durante a execução da fase destrutiva do ensaio biomecânico do grupo 3 (implantes transdentários com placas LC-DCP) aliadas à perda do alinhamento do eixo longo de 14 (58%) dos parafusos evidenciou, que os locais de perfuração e seus respectivos implantes foram submetidos ao estresse resultante da carga aplicada.

A constatação de que todos os dentes e suas respectivas margens gengivais permaneceram em sua posição original nos grupos 1 e 3, demonstra que o aparato de fibras colágenas multidirecionais do LP é capaz de fixar o dente ao osso alveolar e suportar intensas resultantes de forças mesmo quando os implantes foram instalados em dentes decíduos como foi descrito por Mitchell; Kempson; Dixon (2003), Staszuk e Gasse (2004) e Staszuk et al. (2006b).

As características biomecânicas das mandíbulas do grupo 1 que apresentaram média de rigidez (N.m/radiano), momento de flexão no limite elástico [10%] (N.m) e momento de flexão máximo (N.m) significativamente maior do que os grupos 2 e 3; média de máximo ângulo de deformação [radianos] significativamente menor do que os grupos 2 e 3 corroboram com os resultados obtidos por Peavey et

al. (2003). As mandíbulas intactas sofreram deformação plástica no diastema mandibular, entretanto, nos ensaios piloto as fraturas ocorreram no ramo vertical. Provavelmente a fratura ocorreu no ramo vertical devido a presença do fino osso cortical desta região, assim como a elevação do estresse nos pontos de fixação das mandíbulas dissecadas no aparato de suporte e manutenção. O grupo 1 foi 75% mais rígido que o grupo 2 e 69% mais que o grupo 3.

O comportamento do local das osteotomias foi distinto entre os grupos 2 e 3 durante os ensaios biomecânicos com a formação de uma fenda no grupo 2 (Figura 26 A) e a formação de um degrau no grupo 3 (Figura 26 B) pode ser responsável pela diferença significativa entre os 3 grupos quanto às variáveis biomecânicas ao nível de significância de 5%. Portanto, mais importante do que comparar os resultados entre os grupos 2 e 3 que não apresentaram diferença significativa, é a comparação dos resultados de cada grupo com as variáveis relatadas por Peavey et al. (2003) para estabilização de fraturas localizadas no diastema mandibular. Apesar das osteotomias estarem localizadas em pontos distintos com diferença de apenas 2 centímetros nos dois estudos, as diferenças entre os resultados dos ensaios biomecânicos devem ser notadas. No ensaio desenvolvido por Peavey et al. (2003) as placas DCP produziram uma rigidez média de 492 ± 81 N.m/radianos, momento de flexão no limite elástico de 175 ± 8 N.m e momento de flexão máximo de 317 ± 33 N.m. Neste estudo, as placas LCP produziram uma rigidez média de $2671,78 \pm 899,57$ N.m/radianos, momento de flexão no limite elástico de $173,71 \pm 41,94$ N.m e momento de flexão máximo de $258,13 \pm 43,34$ N.m, enquanto os implantes transdentários com placas LC-DCP produziram uma rigidez média de $3336,65 \pm 1051,05$ N.m/radianos, momento de flexão no limite elástico de $168,23 \pm 32,73$ N.m e momento de flexão máximo de $283,91 \pm 68,27$ N.m.

A rigidez média 81,5% maior obtida no grupo 2 em relação às placas DCP pode ser explicada pela configuração das placas e parafusos LCP. Analisando as figuras 24 e 26 A, percebe-se que o local da osteotomia e os parafusos sofreram mínimo estresse durante o ensaio biomecânico. A resultante de força foi, em sua maior parte, concentrada sobre a placa LCP.

A rigidez média 85,4% maior obtida no grupo 3 em relação às placas DCP pode ser explicada por dois aspectos: O esmalte é a substância mais resistente do organismo do equino. É composto por 98% de cristais de hidroxiapatita (composição inorgânica) e 2% de queratina (composição orgânica), porém é frágil (quebradiço) por ser pouco elástico e por possuir pequena deformação plástica (KILIC; DIXON; KEMPSON, 1997a; DIXON, 2005). Isto explica a ocorrência das fraturas de coroas clínicas dos elementos dentários ocorridas durante os ensaios destrutivos. O outro aspecto a ser considerado na análise desta rigidez maior obtida pelo grupo 3 em relação às placas DCP é o local de instalação das placas LC-DCP. Os implantes transdentários com placas LC-DCP permitem a estabilização no aspecto dorsal em relação à osteotomia, o que biomecanicamente é uma vantagem para suportar a superfície de tensão no aspecto oral, especialmente durante a mastigação. Este é um importante aspecto a ser considerado durante a fixação de fraturas mandibulares (TREMAINE, 1998; PEAVEY et al., 2003; BEARD, 2009; DIXON et al. 2009).

Nas fraturas localizadas no diastema mandibular, se uma cortical óssea permitir a instalação do implante, o uso de placas LCP poderá ser uma vantagem, pois, não será preciso avançar com as perfurações em direção caudal, o que poderia danificar as raízes do dente 2° pré molar.

Nas fraturas cominutivas localizadas no diastema mandibular, em que os dentes 2° e 3° pré molares estão intactos e incisivos não apresentem mobilidade, o uso de implantes transdentários com placa LC-DCP pode ser considerado.

De acordo com Kuemmerle et al. (2009), nos relatos de redução de fraturas mandibulares de equinos com placas bloqueadas, ao final do procedimento cirúrgico, os incisivos maxilares e mandibulares foram aparados para prevenir o contato oclusal durante a mastigação. As forças geradas durante a mastigação afetam os dentes, o periodonto, os ossos mandibulares, as ATMs, assim como os materiais a serem usados na terapia odontológica (HUTHMANN et al., 2008). A ausência de contato oclusal favorece a redução da mobilidade do foco de fratura pela ausência de resultante de força local e certamente auxilia na consolidação da fratura. Este mesmo recurso pode ser usado nas diferentes técnicas de redução de

fraturas localizadas no diastema mandibular, incluindo os implantes transdentários com placas LC-DCP.

8.5 AVALIAÇÕES HISTOLÓGICA E TOMOGRÁFICA DOS ELEMENTOS DENTÁRIOS SUBMETIDOS AOS IMPLANTES TRANSDENTÁRIOS

Saldern e Keeffe (2006) relataram o uso de placas DCP com aplicação de parafusos de 4,5mm sobre a coroa clínica dos dentes 2° e 3° pré-molares e sobre a coroa clínica de incisivos, para reduzir fraturas mandibulares e maxilares bilaterais localizadas no espaço interdental, em 21 equinos com idades variando entre 1,5 e 16 anos. Segundo estes autores, como os parafusos foram implantados nos 8 mm superiores da coroa clínica, a penetração da cavidade pulpar sensível seria improvável .

No entanto, o presente estudo revelou a invasão das cavidades pulpares em 10 (71%) dentes incisivos e 6 (43%) dentes pré molares pelos parafusos implantados nos dentes 2° incisivo e 3° molar.

Inicialmente deve-se considerar a variabilidade da extensão da dentina oclusal. Isto foi descrito por Dacre, Shaw e Dixon (2008) que estudaram a anatomia endodôntica normal de 100 elementos dentários de equinos entre 1 e 12 anos de idade, por meio de cortes histológicos descalcificados e tomografia computadorizada axial. Nos cortes realizados a partir de 2 a 6 mm da superfície oclusal foi verificado que o tecido pulpar estava presente em 22% dos dentes mandibulares e não tinham sido substituídos por dentina. Portanto, parte dos resultados positivos para invasão das cavidades pulpares pode ser creditada a esta variabilidade, pois, os implantes foram instalados até 8 mm da superfície oclusal nos dentes analisados.

Outro aspecto a ser discutido é que no relato de Saldern e Keeffe (2006), estes autores não analisaram se ocorreu a invasão de cavidades pulpares durante a instalação dos implantes. Informaram apenas que não foram encontradas

complicações nos pacientes no momento da retirada dos parafusos, no período de 3 a 6 meses após o implante cirúrgico.

É possível que o insulto da perfuração das cavidades pulpares tenha estimulado a ação reparo e defesa da dentina e da polpa. De acordo com Dixon e Toit (2012) a dentina terciária, que se forma em resposta a insultos locais, pode ser subdividida em dentina terciária reacionária se formada a partir de odontoblastos pré existentes ou dentina terciária reparativa se for a partir de células mesenquimais indiferenciadas. De maneira semelhante, células de tecido conectivo indiferenciado da polpa podem ser estimuladas a se diferenciar em odontoblastos. No dente equino, odontoblastos sintetizam dentina secundária regular e irregular na periferia da cavidade pulpar ao longo da maior parte da vida do dente, a qual gradualmente reduz o tamanho da cavidade pulpar e eventualmente é totalmente preenchida. No dente, logo após ser submetido a um insulto como uma injúria traumática, cáries ou atrito excessivo, a dentina primária pode responder por meio do desenvolvimento de esclerose dos túbulos dentinários o que pode evitar que, microrganismos ou seus produtos moleculares ganhem acesso à polpa, um mecanismo de defesa adicional à deposição de dentina terciária.

Portanto, a ausência de sinais clínicos de lesões 3 a 6 de meses após a cirurgia, mesmo com a possibilidade de invasão de cavidades pulpares, pode ser creditada ao mecanismo de reparo da dentina e polpa frente ao insulto da perfuração e instalação dos implantes transdentários. Além disto, segundo Saldern e Keefe (2006) no pós operatório imediato, os animais foram submetidos à terapia com analgésicos, anti inflamatórios e antibióticos. Esta terapia poderia conter a inflamação e a disseminação de infecções causadas pela instalação de implantes, ou então, poderiam mascarar e retardar o aparecimento de evidências clínicas de lesões nos elementos dentários submetidos aos implantes.

As características físicas do esmalte dentário devem ser consideradas na análise de possíveis lesões provocadas pelos implantes transdentários. O esmalte é a substância mais resistente do organismo do equino, o qual permite que estes dentes resistam às forças de desgaste intenso e repetitivo da mastigação por mais de 20 horas por dia (KILIC; DIXON; KEMPSON, 1997a; DIXON, 2005). Desta forma,

é ponderável que alterações radiográficas dos elementos dentários submetidos aos implantes sejam perceptíveis apenas à longo prazo, em um período de tempo superior ao relatado no pós operatório por Saldern e Keeffe (2006). Portanto, seria interessante que animais vivos submetidos ao implante transdentários sejam monitorados por meio de exames radiográficos e da cavidade oral, por um período maior de que a cada 6 meses, sendo sugerido o período de 2 anos. Desta forma, seria possível avaliar se, os insultos causados pela instalação de implantes transdentários na cavidade pulpar resultariam em deposição de dentina de reparo, ou, em alterações pulpares que poderiam causar lesões irreversíveis e perda do elemento dentário.

9 CONCLUSÃO

Baseado em relatos de literatura e considerando os resultados obtidos neste estudo, pode-se concluir que:

Neste estudo as placas LCP produziram uma rigidez média 81,5% superior, momento de flexão no limite elástico semelhante e momento de flexão máximo 19% menor em relação às placas DCP. Estas características biomecânicas permitem a utilização de placas LCP em fraturas localizadas no diastema mandibular de equinos.

Os implantes transdentários com placas LC-DCP produziram uma rigidez média 84,5% superior, momento de flexão no limite elástico semelhante e momento de flexão máximo 08% menor em relação às placas DCP. Estas características biomecânicas também permitem a utilização de implantes transdentários em fraturas localizadas no diastema mandibular de equinos.

A execução da osteossíntese com placas LCP seguindo a técnica sugerida pelos “princípios AO de tratamento de fraturas permite a realização, com sucesso, da fixação de fraturas em equinos portadores de fraturas no diastema mandibular, sem maiores intercorrências, em um razoável tempo cirúrgico.

Para execução dos implantes transdentários com placas LC-DCP é essencial que as placas sejam submetidas à uma moldagem no período pré operatório para evitar o prolongamento do trans cirúrgico. Por se tratar de uma moldagem complexa, o cirurgião deve possuir experiência e habilidade para realizar e a moldagem de placa de forma adequada.

São necessários estudos controlados e o monitoramento de equinos submetidos à instalação de parafusos sobre a coroa clinica de pré-molares e incisivos. Como há grande possibilidade de invasão de cavidades pulpares durante o procedimento é necessário determinar quais seriam as consequências á longo prazo.

REFERÊNCIAS

- ALIEVI, M. M.; ARAÚJO, A.; FERREIRA, M.; FREIRE, C.; TREVIZAN, L.; STREDA, R. Reconstrução facial de cães associando-se hemicerclagem e acrílico autopolimerizável. In: XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE MEDICINA VETERINÁRIA – COMBRAVET, 29, 2002, Gramado, R.S. **Anais...** 2002.
- ALLEGRI JR., S. **Atuação da proteína morfogenética óssea bovina ou complexo vitamínico, associados à hidroxiapatita natural, no processo de osteointegração em diferentes superfícies de implante de titânio.** 2003. 142p. Tese (Doutorado). Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- ALVES, G. E. S.; PAGLIOSA, G. M.; OLIVEIRA, H. P.; GHELLER, V. A.; FALEIROS, R. R. Fraturas odontomaxilares e mandibulares em eqüídeos tratados por diferentes técnicas de osteossíntese. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, n. 6, p. 1382-1387, 2008.
- ASHDOWN, R.R.; DONE, S.H. The head (including the skin). In: **ASHDOWN, R.R.; DONE, S.H. The color atlas of veterinary anatomy.** Volume 2. London, Mosby Elsevier, p.1-54. 2011.
- AUER, J. A. The management of craniomaxilofacial fractures in the horses. In: **AUER, J. A. AOVET – Equine Principles Course Brazil**, handout - summaries of presentation, p. 32-39, July, 2010.
- AUER, J. A. Fractures of incisors, mandibule and premaxila. In: **AUER, J. A.; STICK, J.A. Equine Surgery.** 3rd ed. St. Louis, Saunders Elsevier, 2006. p.1341-1362.
- AUER, J. A. Fractures of incisors, mandibule and premaxila. In: **AUER, J. A.; STICK, J.A. Equine Surgery.** 4th ed. St. Louis, Saunders Elsevier, 2012. p.1456-1470.
- BAKER, G. J. Dental physical examination. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v. 14, n. 2, p. 247–25. 1998.
- BAKER, G. J. Mastication -the chewing cycle. In: EASLEY, K. J.; BAKER, G. J. **Equine dentistry.** 2. ed. London. W.B. Saunders, 2005, p. 50-53.
- BELSITO, K. A.; FISCHER, A. T. External skeletal fixation in management of equine mandibular fractures: 16 cases (1988-1998). **Equine Veterinary Journal**, n.33, p. 176-183. 2001.
- CRABILL, H. R.; HONNAS, C. Mandibular and maxillary fracture osteosynthesis. In: BAKER, G.J.; EASLEY, J. 2ND Ed. **Equine dentistry.** London: Saunders, 2002. p.259-270.

CADWELL, L. A. Equine canine teeth. Normal and pathologic conditions. In: AMERICAN ASSOCIATION OF EQUINE PRACTITIONERS - AAEP - FOCUS MEETING, 2006, Indianapolis, IN, USA. **Proceedings...** 2006.

COLAHAN P. T.; PASCOE, J. R. Stabilisation of equine and bovine mandibular and maxillary fractures using an acrylic splint. **Journal of American Veterinary Medicine Association**, p.112-117. 1983.

COLOMBINI, N.E.P. **Cirurgia maxilo facial: cirurgia do terço inferior da face.** São Paulo: Pancast, 1991.

DACRE, K.; EM, C. Gross Anatomy of the Skull. In: AMERICAN ASSOCIATION OF EQUINE PRACTITIONERS - AAEP - FOCUS MEETING, 2006, Indianapolis, IN, USA. **Proceedings...**, 2006.

DACRE, K.; KEMPSON, S.; DIXON, P. M. Pathological studies of cheek teeth apical infections in the horse: 4. Aetiopathological findings in 41 apically infected mandibular cheek teeth. **The Veterinary Journal**, n. 178, p. 341–351. 2008.

DeBOWES, R. M.; CANNON, J. H.; GRANT, B. D.; NICKELS, F. A.; WAGNER, P. C. Lag screw fixation of rostral mandibular fractures in the horse. **Veterinary Surgery**, v. 10, p.153-158. 1981.

DeBOWES, R. M. Fractures of the mandible and maxilla. In: NIXON, A.J. (Ed). **Equine fracture repair.** Philadelphia: Saunders, 1996. p.323-336.

DIXON, P. M. Dental anatomy. In: BAKER, G. J.; EASLEY, K. J. **Equine dentistry** 2. ed. London. W. B. Saunders, 2005. p. 25-48.

DIXON, P. M. The aetiology, diagnosis and current therapy of developmental and acquired equine dental disorders. In: CONGRESS ON EQUINE MEDICINE AND SURGERY, 8., 2003, Geneva. **Proceedings...** Geneva: IVISO, 2003. Disponível em: <www.ivis.org>. Acesso em: 29 jan. 2009.

DIXON, P. M.; GERARD, M. Oral cavity and salivary glands. In: AUER, J. A.; STCK, J.A. **Equine sugery.** 4th ed. St.Louis. Elsevier, 2012. p. 343-344..

DIXON, P. M.; TOIT, N. Dental anatomy. In: EASLEY, K. J.; DIXON, P. M.; SCHUMACHER, J. **Equine dentistry.** 3^a ed. London. Saunders Elsevier, 2011. p. 71-72..

DIXON, P.M.; HAWKES, C.; TOWNSEND, N. Complications of equine oral surgery. **Veterinary Clinic Equine**, v. 24, p. 499–514. 2009.

DONATH, K.; BREUNER, G. Method for study of undecalcified bones and teeth with attached soft tissues. The Sage-Schliff (sawing and grinding) technique. **Journal of Oral Pathology.**, v. 15, p. 232-234, 1994.

EASLEY, K. J. Equine dental development and anatomy. In: ANNUAL CONVENTION OF THE AMERICAN ASSOCIATION OF EQUINE PRACTITIONERS, 42., 1996, Phoenix, Arizona. **Proceedings...**, 1996. p. 1-10.

EASLEY, K. J. Equine canine and first premolar (wolf) teeth. In: ANNUAL CONVENTION OF THE AMERICAN ASSOCIATION OF EQUINE PRACTITIONERS, 50., 2004, Denver, CO. **Proceedings...** 2004. p. 112.

FONSECA, R. J.; WALKER, R. V. **Oral and maxilla facial trauma**. 2. ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1997.

GALLO, M. A.; PAVEZI, K. S. Técnicas radiológicas intraorais em equinos. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIRURGIA E ANESTESIOLOGIA VETERINÁRIA 7., 2006, Santos, SP. [**Anais...**] Santos: Mini Curso de Odontologia Equina, 2006. p. 29-36.

GETTY, R. Osteologia equina – Mandíbula. In: GETTY, R. **Anatomia dos animais domésticos**. 5. ed., Rio de Janeiro: Interamericana, 1986, p.311.

GIECHE, J. M. How to assess the equine periodontium. In: ANNUAL CONVENTION OF THE AMERICAN ASSOCIATION OF EQUINE PRACTITIONERS, 56., 2010, Baltimore, MD. **Proceedings...** 2010. p. 441-449.

GIOSSO, M. A.; VIANNA, R. S.; VENTURINNI, M. A. F. A.; CORREA, L. H.; VENCESLAU, A.; ARAÚJO, V. C. Análise clínica e histológica da utilização da resina acrílica autopolimerizável nas fraturas de mandíbula e maxila e separação da sínfise mentoniana em cães e gatos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 2, p.291-298, 2001.

GOLDMAN, H. M.; COHEN, D. W. **Periodontia**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1983. p. 1-5.

GORDON, S.; MOENS, N. M. M.; RUNCIMAN, J.; MONTEITH, G. The effect of the combination of locking screws and non-locking screws on the torsional properties of a locking-plate construct. **Veterinary Compendium of Orthopedics and Traumatology**. v.1, p. 7-13, 2010.

HARALAMBUS, R.; WERREN, C.; BREHM, W.; TESSIER, C. Use of a pinless external fixator for mandibular fracture repair in 9 equids. **Veterinary Surgery**. v. 39, p.761-764, 2010.

HENNINGER, R.; BEARD, W.; SCHNEIDER, R.; BRAMLAGE, L.; BURKHARDT, H. Fractures of the rostral portion of the mandible and maxilla in horses: 89 cases (1979-1997). **Journal of American Veterinary Medicine Association**. v. 214, p. 1648-1652, 1999.

HUTHMANN, S.; STASZYK, C.; JACOB, H. G.; ROHN, K.; GASSE, H. Masticatory forces occurring on the cheek tooth battery. **Journal of Biomechanics**. v. 42, p. 67-70, 2009.

KEMPSON, S. A.; DAVIDSON, M. E. B.; DACRE, I. T. The effect of three types of rasps on the occlusal surface of equine cheek teeth: a scanning electron microscope study. **Journal of Veterinary Dentistry**, v. 20, n. 1, p. 19-27, 2003.

KILIC, S.; DIXON, P. M.; KEMPSON, S. A. A light microscope and ultrastructural examination of calcified dental tissues of horses: 1. The occlusal surface and enamel thickness **Equine Veterinary Journal**, v. 29, n. 3, p. 190-197, 1997a.

KILIC, S.; DIXON, P. M.; KEMPSON, S. A. A light microscope and ultrastructural examination of calcified dental tissues of horses: 3. Dentine. **Equine Veterinary Journal**, v. 29, n. 3, p. 206-212, 1997b.

KILIC, S.; DIXON, P. M.; KEMPSON, S. A. A light microscope and ultrastructural examination of calcified dental tissues of horses: 4. Cement and amelocemental junction. **Equine Veterinary Journal**, v. 29, n. 3, p. 213-219, 1997c.

KLUGH, D. O. A Review of equine periodontal disease. In: ANNUAL CONVENTION OF THE AMERICAN ASSOCIATION OF EQUINE PRACTITIONERS, 52., 2006, Orlando, FL. **Proceedings...**, 2006. p. 551-558.

KNOTTENBELT, D. C.; PASCOE, R. R. **Afecções e distúrbios do cavalo**. São Paulo: Manole, 1998, p.432.

KNOX, P. M.; CRABILL, M. R.; HONNAS, C. M. Mandibular and maxillary fracture osteosynthesis. In: EASLEY, K. J.; BAKER, G. J. **Equine dentistry**. 2nd ed. London: W.B. Saunders. 2005. p.313-324.

KOO, S. **Avaliação histológica e morfométrica da bioatividade do pirofosfato de cálcio na osteointegração dos implantes de titânio em coelhos**. 2004. 71p. Dissertação (Mestrado) Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004

KÖNIG, H. E.; LIEBICH, H. G. **Anatomia dos animais domésticos: texto e atlas colorido**. Porto Alegre. Artmed, 2002. P. 106-108.

KUEMMERLE, J. M.; KUMMER, M.; AUER, J. A.; NITZL, D.; FÜRST, A. E. Locking compression plate osteosynthesis of complicated mandibular fractures in six horses. **Veterinary Compendium Orthop Traumatology**. v. 22, 2009. p. 54–58

LYCZEWSKA-MAZURKIEWICZ, S.; KURYSZKO, J.; PRZETOCKA-WYDRO, A.; KUROPKA, A. equine masticatory organ, Part II. Parodontium. **Acta of bioengineering and biomechanics**. v.5, n. 2, p.37-45, 2003.

LANDGRAF, H. **Avaliação da estabilidade na fixação da osteotomia sagital mandibular utilizando parafusos bicorticais inseridos com angulação de 60° e 90°**. Estudo biomecânico em mandíbulas de carneiro. 2008.67p. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

LEONARD, M. S. The use of lag screws in mandibular fractures. **Otolaryng Clin of North America**, v.3, n. 20,p. 479-493, 1987.

MARRETA, S. M.; SCHRADER, S. C.; MATTHIESEN, D. T. Problems associated with the management and treatment of jaws fractures. **Problems in veterinary medicine**. Dentistry. Philadelphia : Lippincott, 1990, p. 220-247.

MUIR, W. W. In: MUIR, W. W.; JOHN A. E. HUBBELL, J. A. E.; ROMAN T. SKARDA, R. T.; BEDNARSKI, R. M. **Manual de Anestesia Veterinária**. 3ª. São Paulo: Artmed, 2001, 432 p.

MITCHELL, S. R.; KEMPSON, S. A.; DIXON, P. M. Structure os peripheral cementum of normal equine check teeth. **Journal of Veterinary Dentistry**, v.20, p. 199-208, 2003.

MÜLLER, M. E.; ALLGÖWER, M.; SCHNEIDER, R.; WILENEGGER, H. In: MÜLLER, M. E.; ALLGÖWER, M.; SCHNEIDER, R.; WILENEGGER, H. **Manual de Osteossíntese – Técnicas recomendadas pelo grupo AO-ASIF**. 3ª. São Paulo Manole, 3ª Ed., 1993. p. 200-240.

NUNAMAKER, D. M. General techniques and biomechanics. In: FACKELMANN, G. E.; AUER, J. A.; NUNAMAMAKER, D. M. **AO Principles of equine osteosynthesis**. New York:Thieme, 2000. p. 17.

OKESON, J. P. Anatomia Funcional. In: _____. **Tratamento das desordens temporomandibulares e oclusão**. 4. ed. São Paulo: Artes Médicas, 2000. p. 3.

PAGLIOSA, G. M.; ALVES, G. E. S.; FALEIROS, R. R.; SALIBA, E. O. S.; SAMPAIO, I. B. M.; GOMES, T. L. S.; FANTINI, P. Influência das pontas excessivas de esmalte dentário na digestibilidade e nutrientes de dietas de equinos. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 58, n. 1, p. 94-98, 2006.

PEAVEY, C. L.; EDWARDS III, R. B.; ESCARCEGA, A. J.; MARKEL, M. D. Fixation technique influences the monotonic properties of equine mandibular fracture constructs. **Veterinary Surgery**, v. 32, p. 350-358, 2003.

PENCE, P. Dental anatomy. In: **PENCE, P. Equine dentistry: a practical guide**. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, p. 20. 2002.

PRATI, L.; CAMARGO, S. F. S.; RAISER, A. G.; NATALINI, C. C.; GAIGA, L. H.; BRONDANI, J. T.; BERTIN, A. P.; DALMOLIN, F. Acrílico autopolimerizável associado ou não a retalho mucoperiosteal simples no tratamento de fístula oronasal experimental em cães. In XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE MEDICINA VETERINÁRIA – COMBRAVET, 29, 2002, Gramado. **Anais...** Gramado: SORVERGS, 2002.

RAGLE, C. A. Head trauma. **Veterinary Clinics of North America – Equine Practice**, n. 9, p. 171-183, 1993.

RAHAL, S. C.; BERGAMO, F. M. M. H. M.; ISHIY, H. M. Prótese intraocular de resina acrílica em cães e gatos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 52, n. 4. 2000.

RIBEIRO, M. G. Técnica de reparação de fraturas de ossos incisivos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIRURGIA E ANESTESIOLOGIA VETERINÁRIA 7, 2006, Santos, SP. [Anais...] Santos-SP, 2006. p. 17-23.

SALDERN, F. C.; O'KEEFFE, A. How to stabilize mandibular and maxillary fractures using trans-dental dynamic compression-plate fixation. In: NORTH AMERICAN VETERINARY CONFERENCE, 20., 2006, Orlando, FL. **Proceedings...** 2006, p. 617-620. Disponível em: <www.ivis.org>. Acesso em: 04 jan. 2009.

STASZYK, C.; GASSE, H. Oxytalan fibres in the periodontal ligament of equine molar cheek teeth. **Anatomy, Histology and Embryology**. v. 33, 2004, p. 17–22.

STASZYK, C.; LEHMANN, F.; BIENERT, A.; LUDWIG, K.; GASSE, H. Measurement of masticatory forces in the horse. **Pferdeheilkund**. v.22, n.1, 2006, p. 12-16.

STASZYK, C.; WULFF, W.; JACOB, H.G.; GASSE, H. Collagen fiber architecture of the periodontal ligament in equine cheek teeth. **Journal of Veterinary Dentistry**. v. 23, n. 3, 2006, p. 143-147.

PERREN, S. M.; FRIGG, R.; HEHLI, M.; TEPIC, S. Novas tendências na aplicação de parafusos: fixador interno com parafusos bloqueados. In: RÜEDI, T. P.; MURPHY, W. M. **Princípios AO de tratamento de fraturas**. São Paulo: Artmed, 2002. p.165-166.

PEYER, B. **Comparative odontology**. Chicago: University of Chicago, 1968. p.17-27.

SCHUMACHER, J. The equine temporomandibular joint. In: AMERICAN ASSOCIATION OF EQUINE PRACTITIONERS - AAEP - FOCUS MEETING, 2006 - Indianapolis, IN, USA. **Proceedings...**, 2006.

STASZYK, C.; GASSE, H. Distinct fibro-vascular arrangements in the periodontal ligament of the horse. **Archives of Oral Biology**, v. 50, p. 439—447, 2005.

THOMASSIAN, A. Fratura de mandíbula. In THOMASSIAN, A. **Enfermidades dos cavalos**. 4. ed. São Paulo: Livraria Varela, 2005. p.269.

TOWNSEND, N.; WELLER, R. The temporomandibular joint. In: EASLEY, K. J.; DIXON, P. M.; SCHUMACHER, J. **Equine dentistry**. 3rd ed. London. Saunders Elsevier, 2011. p. 377-385.

TREMAINE, W. H. Management of mandibular injuries. **Equine Veterinary Education**. v.10, p. 146-154, 1998.

TREMAINE, W. H. Management of skull fractures in the horse. **In Practice**. v. 26, p .214-222, 2004. Disponível em: < inpractice.bmj.com>. Acesso em: 05 jul. 2011.

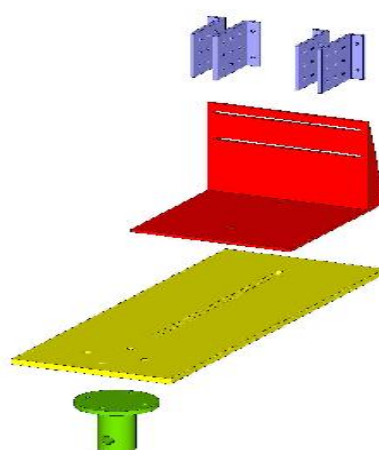
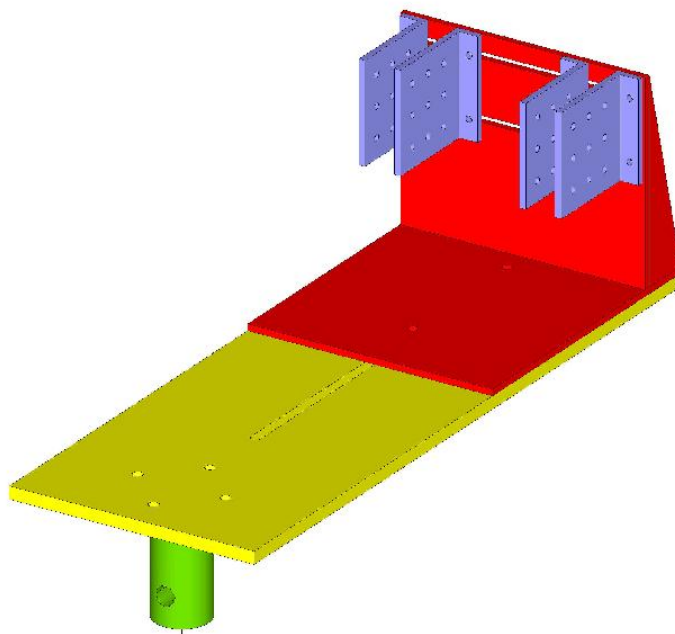
VALADÃO, C. A. A.; MARQUES, J. A.; PADILHA FILHO, J. G.; RODRIGUES, C. A.; FERREIRA, H. I . Uso de cerclagem e resina acrílica em fraturas mandibulares dos eqüídeos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v .24, n. 2, p. 323-327, 1994.

WITTNER, B.; HOLZ, U. Placas. In: RÜEDI, T. P.; MURPHY, W. M. **Princípios AO de tratamento de fraturas**. São Paulo:Artmed, 2002. p.170-174.

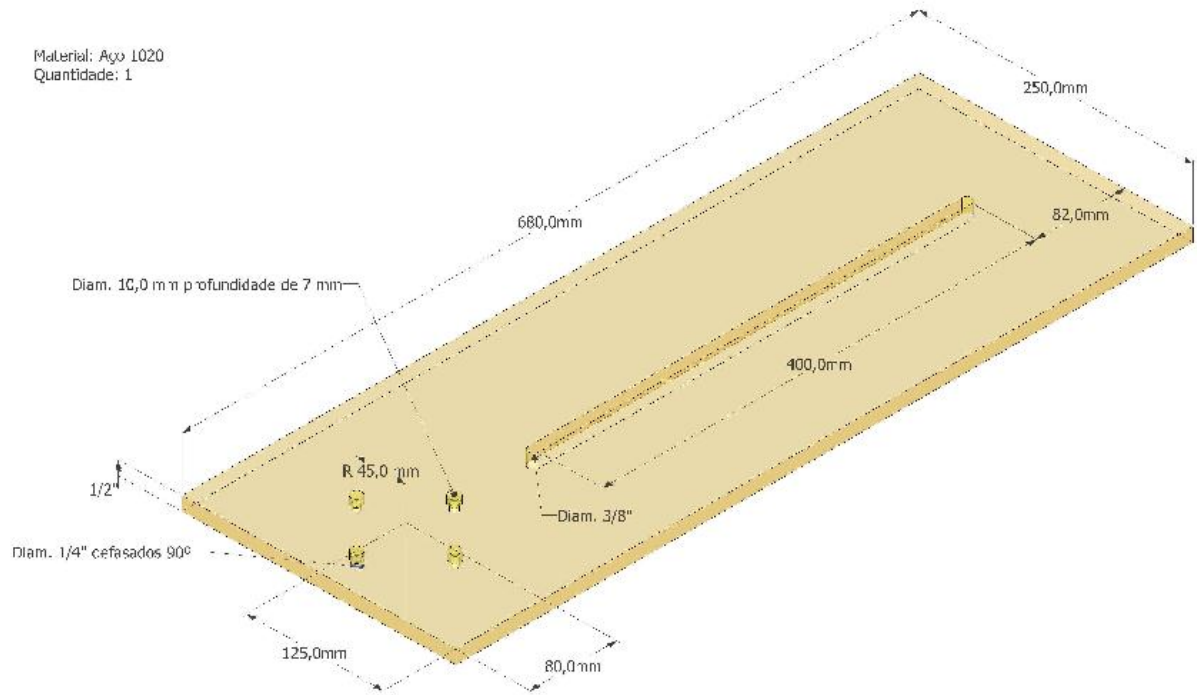
YAMAMOTO, M. K.; LUZ, J. G. C. Métodos de obtenção de bloqueio intermaxilar. In: SOUSA, L.C. M.; LUZ, J. G. C. **Tratamento cirúrgico do trauma bucomaxilofacial**. 3. ed. São Paulo. Rocca, 2006. p.181-187.

APÊNDICES

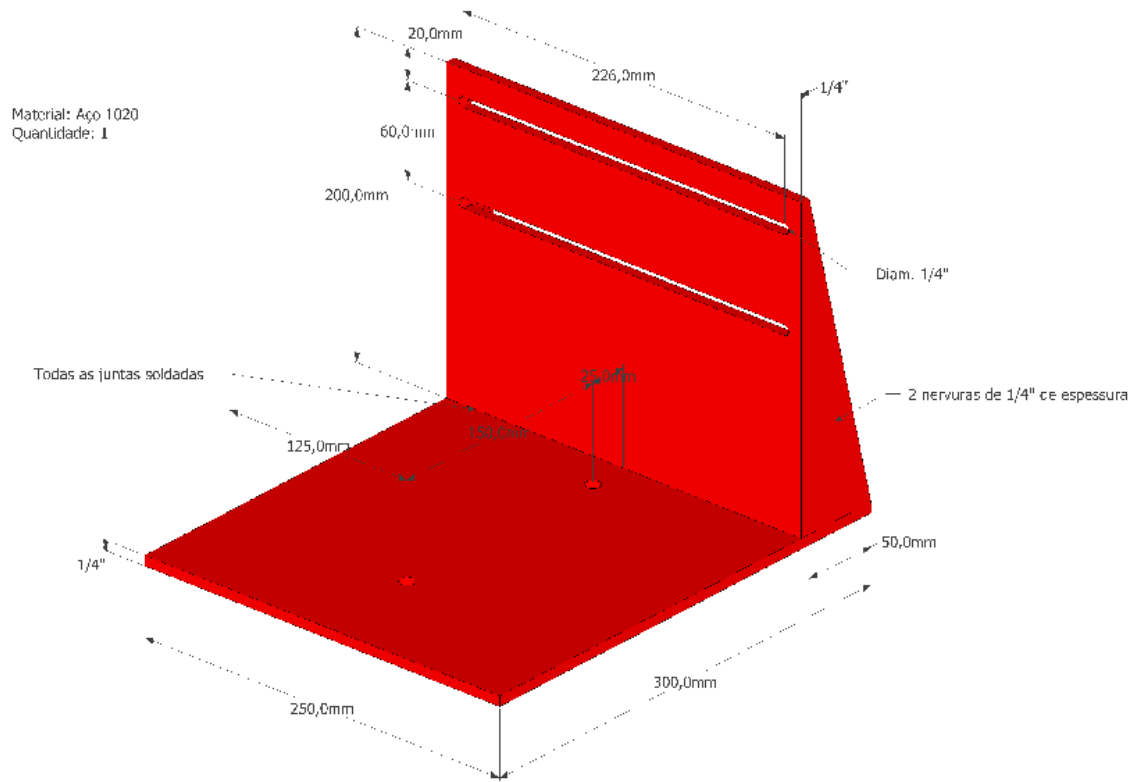
Apêndice A.1 -Projeto dispositivo de suporte e manutenção das mandíbulas de equinos dissecadas.



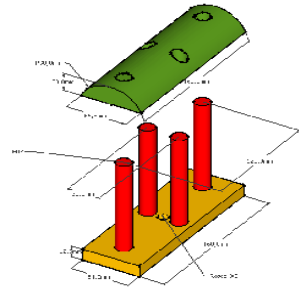
Apêndice A.2 - Projeto dispositivo de suporte e manutenção das mandíbulas de equinos dissecadas.



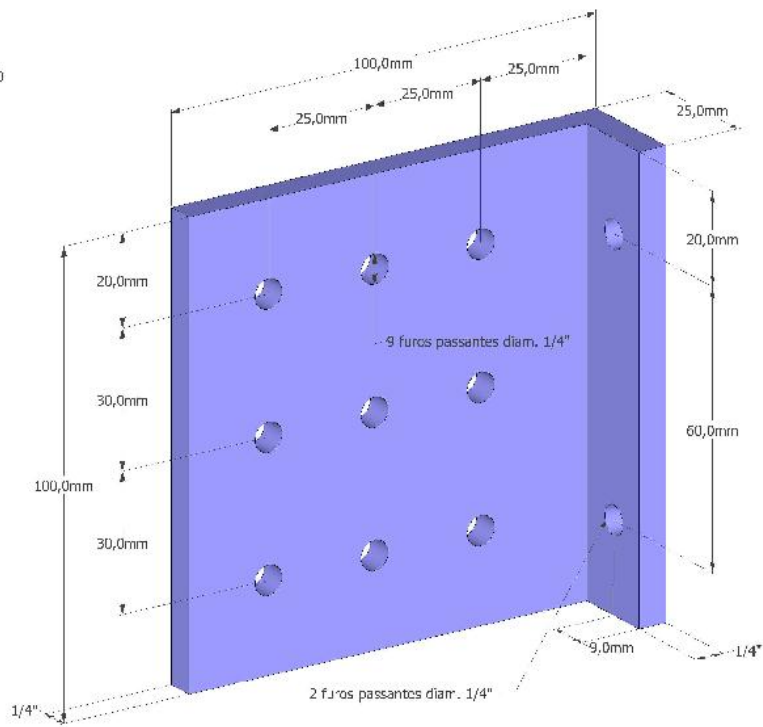
Apêndice A.3 - Projeto dispositivo de suporte e manutenção das mandíbulas de equinos dissecadas.



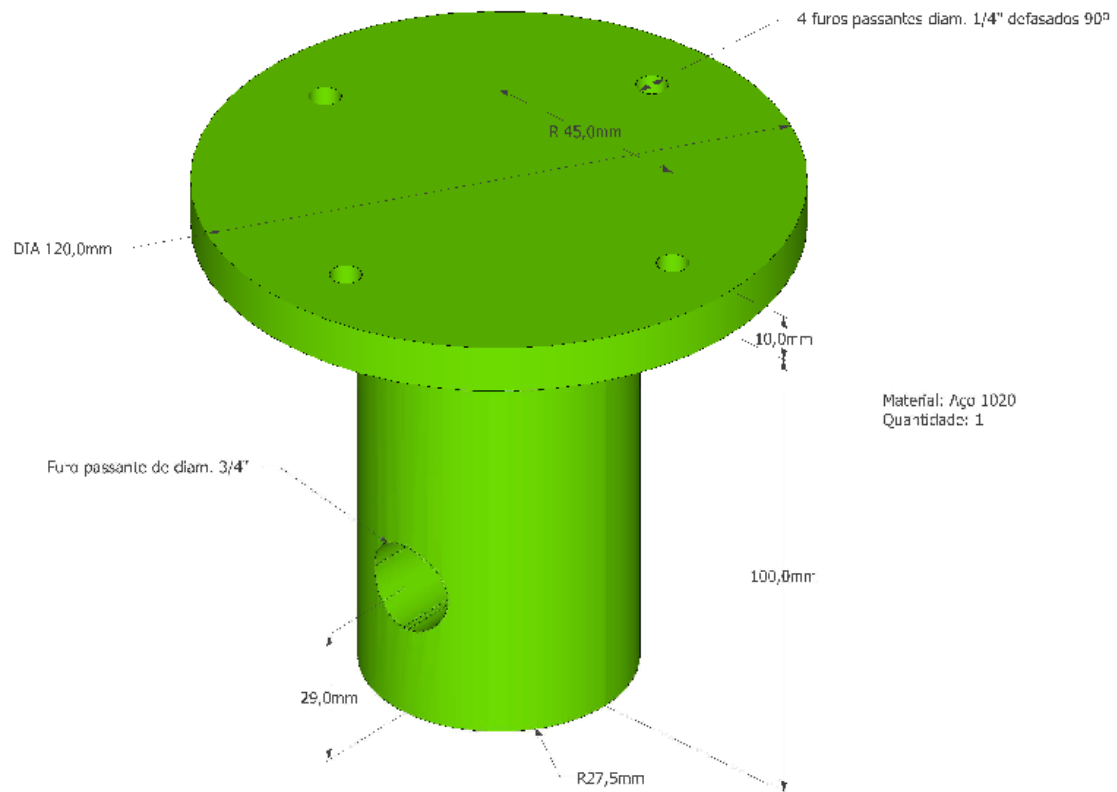
Apêndice A.4 - Projeto dispositivo de suporte e manutenção das mandíbulas de equinos dissecadas.



Material: Aço 1020
Quantidade: 4



Apêndice A.5 - Projeto dispositivo de suporte e manutenção das mandíbulas de equinos dissecadas.



Apêndice B – Resultados individuais dos ensaios biomecânicos do grupo 1

ID	G	Â D [radianos]		Rigidez	MF - LE	MF - máx	
		LE	Máx	(N.m/rad)	[10%] (N.m)	(N.m)	
1	1	0.0771399	0.1180945	8720.8413	649.1065	799.0640	
2	1	0.0829017	0.1209203	11482.8537	767.3720	960.6400	
3	1	0.0731595	0.0912299	10426.9947	769.7610	869.3950	
4	1	0.1033938	0.1252450	10245.2055	944.0963	1033.8650	
5	1	0.0673696	0.0906191	7900.4625	444.9880	609.6325	
6	1	0.0779435	0.1291083	11052.3443	791.9865	1094.8925	
7	1	0.0572829	0.0838155	12990.9450	685.5678	871.3980	
8	1	0.0632707	0.1044865	13876.4626	820.4960	1148.8160	
	M	0.0753077	0.1079399	10837.0137	734.1718	923.4629	
	DP	0.0141129	0.0176972	1998.6073	146.6080	174.5777	
	Min	0.0572829	0.0838155	7900.4625	444.9880	609.6325	
	Max	0.1033938	0.1291083	13876.4626	944.0963	1148.8160	
	CVP	18.74	16.40	18.44	19.97	18.90	
Legenda: ID, identificação; ÂD, ângulo de deformação; MF-LE, momento de flexão no limite elástico; MF-máx, momento de flexão máximo;							

Apêndice B – Resultados individuais dos ensaios biomecânicos do grupo 2

ID	G	Â D [radianos]		Rigidez (N.m/rad)	MF - LE [10%] (N.m)	MF - máx (N.m)	G (mm) 50 N.m			G (mm) 100 N.m		
		LE	Máx				Lad E	L D	Méd	Lad E	L D	Méd
10	2	0.0654118	0.1929693	3063.7645	191.5725	330.7675	0.6	0.6	0.6	1.2	1.4	1.3
11	2	0.1026680	0.1254737	2357.5123	162.3600	181.2360	0.9	0.9	0.9	2.1	2.1	2.1
14	2	0.0520121	0.1902131	2352.5882	140.5404	255.7269	0.7	0.7	0.7	1.7	1.7	1.7
9	2	0.0797182	0.2248926	4070.5222	120.9269	306.0144	0.6	0.6	0.6	1.2	1.2	1.2
27	2	0.0398259	0.2687218	4321.8636	122.6614	350.5844	0.4	0.4	0.4	0.9	1.0	1.0
20	2	0.1016617	0.1792628	3021.6015	182.3760	241.6780	0.8	0.74	0.7	1.77	1.7	1.7
16	2	0.1881846	0.3471701	4902.5499	209.8840	343.4590	0.6	0.58	0.6	1.54	1.51	1.5
	M	0.0899261	0.2183862	3441.4860	161.4745	287.0666			0.65			1.50
	DP	0.0493414	0.0716059	998.7603	34.8230	62.8833			0.16			0.38
	Min	0.0398259	0.1254737	2352.5882	120.9269	181.2360			0.40			0.95
	Max	0.1881846	0.3471701	4902.5499	209.8840	350.5844			0.90			2.10
	CVP	54.87	32.79	29.02	21.57	21.91			24.00			25.61
Legenda: ID, identificação; ÂD, ângulo de deformação; MF-LE, momento de flexão no limite elástico; MF-máx, momento de flexão máximo; G, Gap; Lad E, lado esquerdo; L D, lado direito; Máx, máximo; Méd, média.												

ID	G	ud a 50 N.m		ud no momento LE		ud no momento max	
		C (cor)	Méd(FM)cor	C (cor)	C (cor)	Méd (FM)cor	
10	2	6	-160	-2593	-3378	-892	
11	2	256	-289	707	805	-953	
14	2	-79	-324	-425	-1923	-2017	
9	2	-197	-294	-1047	-3069	-	
27	2	-543	-206	-1340	-1424	-3660	
20	2	-1056	-206	-4383	-7308	-674	
16	2	-62	-163	-2725	-3147	-	
	M	-239.3	-234.5	-1686.7	-2777.8	-1639.3	
	DP	432.7	66.7	1684.2	2466.6	1243.5	
	Min	-1055.7	-323.7	-4383.2	-7308.1	-3659.7	
	Max	256.2	-160.5	706.6	805.1	-674.2	
	CVP	-180.83	-28.44	-99.85	-88.80	-75.86	
Legenda: ud, microdeformação; C (cor), central corrigido; Méd(FM)cor, média da flexão máxima corrigida							
Obs: Mandíbula 9 deslizou durante ensaio; resultados não considerados							

Apêndice B – Resultados individuais dos ensaios biomecânicos do grupo 3

ID	G	Â D [radianos]		Rigidez (N.m/rad)	MF - máx (N.m)	G (mm) 50 N.m			G (mm) 100 N.m		
		LE	Máx			Lad E	L D	Méd	Lad E	L D	Méd
28	3	0.0812392	0.2204029	2031.8723	197.4000	0.7	0.35	0.5	1.46	1.0	1.2
29	3	0.1063350	0.2943172	2632.2885	279.8850	1.1	1.43	1.3	1.99	2.4	2.2
24	3	0.1238485	0.2133686	4302.6138	288.5382	0.4	0.92	0.6	0.81	1.4	1.1
26	3	0.1048385	0.1254590	3451.0071	269.4690	0.8	0.96	0.9	2	2.3	2.1
36	3	0.0729416	0.1567861	2401.9298	266.1780	0.5	0.58	0.6	1.4	2.0	1.7
34	3	0.1314537	0.2307018	1804.0309	198.2472	0.0	2.04	1.0	1.03	3.1	2.1
38	3	0.1147213	0.3616898	2078.7230	307.1640	1.05	1.01	1.0	2.15	2.22	2.2
M		0.1050540	0.2289608	2671.7808	258.1259			0.85			1.80
DP		0.0213841	0.0797179	899.5721	43.3392			0.28			0.46
Min		0.0729416	0.1254590	1804.0309	197.4000			0.54			1.13
Max		0.1314537	0.3616898	4302.6138	307.1640			1.28			2.19
CVP		20.36	34.82	33.67	16.79			33.05			25.59

Legenda: ID, identificação; ÂD, ângulo de deformação; MF-LE, momento de flexão no limite elástico; MF-máx, momento de flexão máximo; G, Gap; Lad E, lado esquerdo; L D, lado direito; Máx, máximo; Méd, média.

Obs: Devido à falha do procedimento cirúrgico em coaptar os segmentos ósseos, os resultados dos ensaios das mandíbulas 19 e 28 foram desconsiderados.

ID	G	ud a 50 N.m		ud no momento LE		ud no momento max	
		C (cor)	Méd(FM)cc	C (cor)	C (cor)	Méd (FM)cor	
28	3	-65	-125	287	-749	562	
29	3	-37	-3	-42	-177	-139	
24	3	0	25	-211	-244	-750	
26	3	-338	-157	-1031	-993	-753	
36	3	-9	-140	177	467	-604	
34	3	34	-148	218	656	-579	
38	3	-116	-65	142	-313	-234	
M		-75.8	-87.5	-65.7	-193.3	-356.7	
DP		125.4	73.9	458.3	594.8	470.3	
Min		-338.0	-156.5	-1031.0	-993.0	-753.0	
Max		34.0	24.5	287.1	656.0	561.6	
CVP		-165.46	-84.45	-697.36	-307.68	-131.87	
Legenda: ud, microdeformação; C (cor), central corrigido; Méd(FM)cor, média da flexão máxima corrigida.							
Obs: Devido à falha do procedimento cirúrgico em coaptar os segmentos ósseos, os resultados dos ensaios das mandíbulas 19 e 28 foram desconsiderados.							

Apêndice B – Resultados individuais dos ensaios biomecânicos do grupo 3

ID	G	Â D [radianos]		Rigidez	MF - máx	G (mm) 50 N.m			G (mm) 100 N.m		
		LE	Máx	(N.m/rad)	(N.m)	Lad E	L D	Méd	Lad E	L D	Méd
28	3	0.0812392	0.2204029	2031.8723	197.4000	0.7	0.35	0.5	1.46	1.0	1.2
29	3	0.1063350	0.2943172	2632.2885	279.8850	1.1	1.43	1.3	1.99	2.4	2.2
24	3	0.1238485	0.2133686	4302.6138	288.5382	0.4	0.92	0.6	0.81	1.4	1.1
26	3	0.1048385	0.1254590	3451.0071	269.4690	0.8	0.96	0.9	2	2.3	2.1
36	3	0.0729416	0.1567861	2401.9298	266.1780	0.5	0.58	0.6	1.4	2.0	1.7
34	3	0.1314537	0.2307018	1804.0309	198.2472	0.0	2.04	1.0	1.03	3.1	2.1
38	3	0.1147213	0.3616898	2078.7230	307.1640	1.05	1.01	1.0	2.15	2.22	2.2
	M	0.1050540	0.2289608	2671.7808	258.1259			0.85			1.80
	DP	0.0213841	0.0797179	899.5721	43.3392			0.28			0.46
	Min	0.0729416	0.1254590	1804.0309	197.4000			0.54			1.13
	Max	0.1314537	0.3616898	4302.6138	307.1640			1.28			2.19
	CVP	20.36	34.82	33.67	16.79			33.05			25.59
Legenda: ID, identificação; ÂD, ângulo de deformação; MF-LE, momento de flexão no limite elástico; MF-máx, momento de flexão máximo; G, Gap; Lad E, lado esquerdo; L D, lado direito; Máx, máximo; Méd, média.											
Obs: Devido à falha do procedimento cirúrgico em coaptar os segmentos ósseos, os resultados dos ensaios das mandíbulas 19 e 28 foram desconsiderados.											

ID	G	ud a 50 N.m		ud no momento LE	ud no momento max							
		C (cor)	Méd(FM)cc	C (cor)	C (cor)	Méd (FM)cor						
28	3	-65	-125	287	-749	562						
29	3	-37	-3	-42	-177	-139						
24	3	0	25	-211	-244	-750						
26	3	-338	-157	-1031	-993	-753						
36	3	-9	-140	177	467	-604						
34	3	34	-148	218	656	-579						
38	3	-116	-65	142	-313	-234						
	M	-75.8	-87.5	-65.7	-193.3	-356.7						
	DP	125.4	73.9	458.3	594.8	470.3						
	Min	-338.0	-156.5	-1031.0	-993.0	-753.0						
	Max	34.0	24.5	287.1	656.0	561.6						
	CVP	-165.46	-84.45	-697.36	-307.68	-131.87						
Legenda: C (cor), central corrigido; Méd(FM)cor, média da flexão máxima corrigida.												
Obs: Devido à falha do procedimento cirúrgico em coaptar os segmentos ósseos, os resultados dos ensaios das mandíbulas 19 e 28 foram desconsiderados.												