



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Faculdade de Odontologia de São José dos Campos

ROBERTO HIROSHI MATSUI

**AVALIAÇÃO ANATÔMICA DAS VÉRTEBRAS CERVICAIS
EM RATOS *WISTAR* POR MEIO DE RADIOGRAFIAS
DIGITAIS E SUA CORRELAÇÃO COM OS ESTÁGIOS DA
MATURAÇÃO DAS VÉRTEBRAS CERVICAIS EM HUMANOS**



2009

ROBERTO HIROSHI MATSUI

**AVALIAÇÃO ANATÔMICA DAS VÉRTEBRAS CERVICAIS EM RATOS
WISTAR POR MEIO DE RADIOGRAFIAS DIGITAIS E SUA
CORRELAÇÃO COM OS ESTÁGIOS DA MATURAÇÃO DAS
VÉRTEBRAS CERVICAIS EM HUMANOS**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de DOUTOR, pelo Programa de Pós-Graduação em BIOPATOLOGIA BUCAL, Área Radiologia Odontológica.

Orientador Prof. Adjunto Julio Cezar de Melo Castilho

São José dos Campos

2009

Apresentação gráfica e normalização de acordo com:
Alvarez S, Coelho DCAG, Couto RAO, Durante APM. Guia prático para
Normalização de Trabalhos Acadêmicos da FOSJC. São José dos
Campos: FOSJC/UNESP; 2008

M429a Matsui, Roberto Hiroshi.

Avaliação anatômica das vértebras cervicais em ratos *wistar* por meio de radiografias digitais e sua correlação com os estágios da maturação das vértebras cervicais em humanos / Roberto Hiroshi Matsui. ____ São José dos Campos : [s.n.], 2009
86f. : il.

Tese (Doutorado em Biopatologia Bucal) – Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, 2009.

Orientador: Prof. Dr. Julio Cezar de Melo Castilho.

1. Maturação óssea. 2. Pico de velocidade de crescimento puberal. 3. Idade óssea. 4. Densitometria ótica I. Castilho, Julio Cezar de Melo II. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Odontologia de São José dos Campos. III. Título

tD433

Ficha catalográfica elaborada pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da
Faculdade de Odontologia de São José dos Campos – UNESP

AUTORIZAÇÃO

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

São José dos Campos, 22 de setembro de 2009.

Assinatura:

E-mail: matsuirh@ hotmail.com

FOLHA DE APROVAÇÃO

Matsui R H. Avaliação anatômica das vértebras cervicais em ratos *wistar* por meio de radiografias digitais e sua correlação com os estágios da maturação das vértebras cervicais em humanos [tese]. São José dos Campos: Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, UNESP; 2009.

São José dos Campos, 22 de setembro de 2009.

Banca examinadora

Prof. Adj. Julio Cezar de Melo Castilho
Faculdade de Odontologia de São Jose dos Campos - UNESP
(Orientador)

Prof. Tit. Edmundo Medici Filho
Faculdade de Odontologia de São José dos Campos - UNESP

Prof. Dr. Kurt Faltin Junior
Faculdade de Odontologia da Universidade Paulista - UNIP

Prof^a. Dra. Cristina Lúcia Feijó Ortolani
Faculdade de Odontologia da Universidade Paulista - UNIP

Prof^a. Adj. Mônica Fernandes Gomes
Faculdade de Odontologia de São José dos Campos - UNESP

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”,
Faculdade de Odontologia de São José dos Campos;

Ao Programa de Biopatologia Bucal, coordenadora Prof^a. Dr^a.
Cristiane Yumi Koga Ito, meu orientador prof. Dr. Julio Cezar de Melo
Castilho, profs. Drs. Luiz César de Moraes, Edmundo Médici Filho, Mari
Eli Leonelli de Moraes;

Ao CEBAPE pelo espaço, à Prof^a. Mônica F. Gomes, Maria das
Graças R. Villela e Vivian Valva pela ajuda e apoio;

Aos amigos da Pós-Graduação da Biopatologia Bucal pelo
companheirismo e amizade;

Aos profs.: Kurt Faltin Jr; Cristina L. F. Ortolani; Sandra M. N.
David, pela oportunidade de ser professor;

A todos os amigos da APCD e UNIP;

Aos meus familiares, à minha esposa Dirce, e às filhas Vivian e
Miriam por todo amor, incentivo e compreensão nos momentos em que
estive ausente;

“A Deus por tudo que ele me proporciona.”

DEDICATÓRIA

“Dedico este trabalho a todos os pesquisadores que buscam a evidência.”

Epígrafe

***“Se você pode contar sua
história com 100 palavras
não use 200”***

***“A vida não é tão curta,
sempre há tempo para
cortesia”***

DOMINGOS A. Meira.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELA E QUADROS	10
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	12
RESUMO	14
1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO DA LITERATURA	18
3 PROPOSIÇÃO	31
4 MATERIAL E MÉTODOS	32
4.1 Material	32
4.1.1 Animais	32
4.1.2 Drogas utilizadas	32
4.1.3 Equipamentos	33
4.2 Métodos	34
4.2.1 Características das amostras para início da análise radiográfica	34
4.2.2 Preparo dos animais para análise radiográfica	34
4.2.3 Período de observação	35
4.2.4 Análise radiográfica	35
4.2.5 Análise da densidade óptica	37
4.2.6 Análise anatômica das vértebras cervicais em ratos	42
4.2.7 Análise do comprimento do corpo dos ratos	46

4.2.8 Análise do peso dos ratos	47
5 RESULTADOS	48
5.1 Sequência das medidas e análise progressiva do comprimento e peso	48
5.2 Resultados da densitometria	55
5.3 Resultados das alterações observadas nas vértebras cervicais dos ratos Wistar segundo programa “Radio IMP”	59
6 DISCUSSÃO	62
7 CONCLUSÕES	67
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
ANEXO	72
APÊNDICE	73
ABSTRACT	86

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Representação esquemática das tomadas radiográficas pelo Sistema Visualix Gx-S-HDI (projeto inicial)	36
Figura 2	Representação real da aquisição da imagem radiográfica digital	37
Figura 3	Radiografia da escala utilizada.....	39
Figura 4	A) Escala graduada 2,5; 2,0; 1,5; 1,0 mm de alumínio em barra; B) Escala contínua em óxido de alumínio de 0 a 4 mm utilizada para teste	39
Figura 5	Áreas para análise da densidade	40
Figura 6	Resultado da densitometria óssea da fase inicial do crescimento	40
Figura 7	Resultado da densitometria óssea do pico de crescimento	41
Figura 8	Resultado da densitometria óssea da fase final do crescimento	42
Figura 9	Medição das vértebras C-2; C-3 dos ratos	43
Figura 10	Seis estágios de maturação das vértebras cervicais de acordo com Hassel e Farman ¹³ , 1995	45
Figura 11	Ilustração das vértebras cervicais de um indivíduo do sexo feminino com 7, 11, 12 e 15 anos de idade	45
Figura 12	Localização das vértebras cervicais de humanos	46
Figura 13	Obtenção da medida do comprimento	47
Figura 14	Raios X das vértebras cervicais de rato adulto	47
Figura 15	Representação gráfica do peso das fêmeas	49
Figura 16	Representação gráfica do comprimento das fêmeas	49
Figura 17	Representação gráfica do peso dos machos 1º Grupo	51

Figura 18	Representação gráfica do comprimento dos machos 1º Grupo	51
Figura 19	Representação gráfica do peso dos machos 2º Grupo	53
Figura 20	Representação gráfica do comprimento dos machos 2º Grupo	53
Figura 21	Representação gráfica da evolução da DMO normalizada	57
Figura 22	Representação gráfica da Densidade Mineral Óssea	58
Figura 23	Representação gráfica da evolução do crescimento das vértebras	61
Figura 24	Indivíduo de 41 anos com 1,90 m e indivíduo de 41 anos com 1,56 m respectivamente	63

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Quadro 1	Mensurações do comprimento e peso das fêmeas	48
Quadro 2	Mensurações do comprimento e peso dos machos 1º Grupo	50
Quadro 3	Mensurações do comprimento e peso dos machos 2º Grupo	52
Tabela 1	Medidas de Densidade Mineral Óssea e Densidade das partes moles adjacentes (DMO e DPM)	55
Tabela 2	Densidade mineral óssea normalizada em relação à densidade de partes moles adjacentes (DMO / DPM)	56
Tabela 3	Evolução da DMO normalizada em função do tempo (Fase), nas fêmeas.....	57
Tabela 4	Valor médio da DMO normalizada em função do tempo (Fase), todas as fêmeas.....	58
Tabela 5	GRUPO = Fêmeas	59
Tabela 6	GRUPO = Machos	59
Tabela 7	Evolução do comprimento das fêmeas	73
Tabela 8	Evolução do peso das fêmeas	73
Tabela 9	Evolução do comprimento dos machos 1º Grupo	74
Tabela 10	Evolução do peso dos machos 1º Grupo	74
Tabela 11	Evolução do comprimento dos machos 2º Grupo	75
Tabela 12	Evolução do peso dos machos 2º Grupo	75
Tabela 13	Medidas da 2ª e 3ª vértebras cervicais dos machos 1º grupo, 1ª medição (1ªM)	76
Tabela 14	Medidas da 2ª e 3ª vértebras cervicais dos machos 1º grupo, 2ª medição (2ªM)	76
Tabela 15	Medidas da 2ª e 3ª vértebras cervicais dos machos 1º	

	grupo, 3ª medição (3ªM)	77
Tabela 16	Medidas da 2ª e 3ª vértebras cervicais dos machos 1º grupo, 4ª medição (4ªM)	77
Tabela 17	Medidas da 2ª e 3ª vértebras cervicais dos machos 1º grupo, 5ª medição (5ªM)	78
Tabela 18	Medidas da 2ª e 3ª vértebras cervicais dos machos 1º grupo, 6ª medição (6ªM)	78
Tabela 19	Medidas da 2ª e 3ª vértebras cervicais dos machos 1º grupo, 7ª medição (7ªM)	79
Tabela 20	Medidas da 2ª e 3ª vértebras cervicais dos machos 1º grupo, 8ª medição (8ªM)	79
Tabela 21	Medidas da 2ª e 3ª vértebras cervicais dos machos 1º grupo, 9ª medição (9ªM)	80
Tabela 22	Medidas da 2ª e 3ª vértebras cervicais dos machos 2º grupo 1ª medição (1ªM2)	80
Tabela 23	Medidas da 2ª e 3ª vértebras cervicais dos machos 2º grupo 2ª medição (2ªM2)	81
Tabela 24	Medidas da 2ª e 3ª vértebras cervicais dos machos 2º grupo 3ª medição (3ªM2)	81
Tabela 25	Medidas da 2ª e 3ª vértebras cervicais dos machos 2º grupo 4ª medição (4ªM2)	82
Tabela 26	Medidas da 2ª e 3ª vértebras cervicais dos machos 2º grupo 5ª medição (5ªM2)	82
Tabela 27	Medidas da 2ª e 3ª vértebras cervicais dos machos 2º grupo 6ª medição (6ªM2)	83
Tabela 28	Medidas da 2ª e 3ª vértebras cervicais dos machos 2º grupo 7ª medição (7ªM2)	83
Tabela 29	Análise até o momento 7 das fêmeas e machos 2º grupo	84

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

T1 a T6 = Teste inicial, até o sexto teste

Co-Gn = Condílio a Gnátio

C1 = Primeira vértebra cervical

C2 = Segunda vértebra cervical

C3 = Terceira vértebra cervical

C4 = Quarta vértebra cervical

CVM = Maturação das vértebras cervicais

CVMS = Estágio de maturação das vértebras cervicais

CVMSI = Primeiro estágio de maturação das vértebras cervicais

CVMSII = Segundo estágio de maturação das vértebras cervicais

CVMSIII = Terceiro estágio de maturação das vértebras cervicais

CVMSIV = Quarto estágio de maturação das vértebras cervicais

CVMS V = Quinto estágio de maturação das vértebras cervicais

CEBAPE = Centro de Biociências Aplicado a Pacientes com Necessidades Especiais

IM = Intramuscular

IMVC = Indicadores de maturação das vértebras cervicais

PVCP = Pico de velocidade de crescimento puberal

R1 a R15 = Rato 1 até rato 15

R1- Mpd= marca no membro posterior direito

R2- Mad= membro anterior direito

R3- Mpe= membro posterior esquerdo

R4- Mae= membro anterior esquerdo

R5- Dorso= marca no dorso

R6- Cabeça= marca na cabeça

R7- D-rabo= marca no dorso e rabo

R8- Rabo= marca no rabo

R9- C-rabo= marca na cabeça e rabo

R10- Sem m= sem marca

R11- C-dorso= cabeça e dorso

R12- Mpdae= membro posterior direito e anterior esquerdo

R13- Madpe= membro anterior direito e posterior esquerdo

R14- Mpad-= membro posterior e anterior direitos

R15- Mpae= membro posterior e anterior esquerdos

Matsui R H. Avaliação anatômica das vértebras cervicais em ratos *wistar* por meio de radiografias digitais e sua correlação com os estágios da maturação das vértebras cervicais em humanos [tese]. São José dos Campos: Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, UNESP; 2009.

RESUMO

O presente trabalho visa identificar e evidenciar a curva de crescimento em animais utilizados em pesquisa laboratorial. Em muitos casos a idade biológica se torna fundamental para resultados precisos e confiáveis, em especial na ortodontia, pois a maturação óssea é avaliada por meio de radiografias, e as mudanças observadas indicam em qual estágio se encontra o indivíduo. A idade cronológica sem dúvida é a mais utilizada, sendo observada mesmo antes do nascimento, durante a gestação e até os últimos dias de vida deste indivíduo. Contudo a idade cronológica em alguns casos não evidencia a exatidão da fase de maturação; um dos métodos utilizados é a avaliação da maturação das vértebras cervicais. A método que foi utilizada na avaliação das alterações das vértebras em animais foi a mesma que os autores utilizam em humanos. Sendo assim, esse trabalho tem como objetivo principal a identificação da idade óssea em animais para limitar a distribuição dos mesmos, contribuindo com a eficiência nos experimentos quando a idade e fase do desenvolvimento pode influenciar nos resultados das pesquisas. Os 35 ratos Wistar foram observados por um período de 160 dias, iniciando pelo 22º dia (desmame), com cortes transversais periódicos para pesagem, medição do comprimento e radiografias digitais obtidas com os animais imobilizados por anestésicos. As imagens radiográficas das vértebras cervicais (C2 e C3) foram submetidas a densitometria ótica e mensuradas por meio de um programa de computador. As variáveis foram submetidas à análise estatística individual e relacionadas entre si obtendo resultados significantes para o crescimento ($p < 0,001$). O grupo masculino apresenta médias significantes maiores que as do grupo feminino em todas as avaliações realizadas ($p < 0,001$). Para a densidade houve aumento conforme o crescimento. Conclui-se que existe um surto de crescimento, e que as curvas de crescimentos do peso, comprimento, alterações na anatomia das vértebras e a densidade estão relacionadas, porem com valores referenciais diferentes. Esses parâmetros são eficientes para o controle da idade biológica.

Palavras-chaves: Maturação óssea. Pico de velocidade de crescimento. Idade óssea. Densitometria óptica.

1 INTRODUÇÃO

O sucesso do tratamento ortodôntico em muitos casos depende diretamente do crescimento facial, principalmente o tratamento que envolve bases ósseas, maxila e mandíbula. Os aparelhos ortopédicos faciais dão estímulo e a orientação da direção do crescimento, portanto é imprescindível o conhecimento da curva de crescimento puberal, pois é durante o surto do crescimento que se consegue o melhor resultado ortopédico e ortodôntico.

Vários métodos de avaliação para estimar a idade biológica são utilizados para identificar em qual estágio de desenvolvimento se encontra o indivíduo. A idade cronológica sem dúvida é a mais utilizada, sendo observada mesmo antes do nascimento, durante a gestação e até os últimos dias de vida deste indivíduo, contudo a idade cronológica em maioria casos não mostra a exatidão da fase de maturação óssea.

A literatura relata vários métodos para avaliar o crescimento e desenvolvimento em geral, dentre eles, os mais freqüentes: idade cronológica, dentária, variações de altura e peso, manifestação das características sexuais secundárias, avaliação da radiografia da mão e punho e a determinação da idade óssea (Greulich; Pyle¹⁰, 1949).

Um parâmetro de avaliação da idade pode ser mais importante que o outro de acordo com os de interesses para o diagnóstico. O peso e a altura têm importância fundamental no controle desde a gestação, recém nascido e até os primeiros anos de vida, e vai perdendo a eficácia com o crescimento, influenciado pelo tipo de

alimentação, fatores hereditários e do meio ambiente, voltando mais tarde a ter importância caso o indivíduo necessite do controle do peso.

O método de Hassel e Farman¹³ elaborado em 1995 analisa os estágios de maturação óssea observados nas radiografia cefalométrica em norma lateral em seis estágios, iniciação, aceleração, transição, desaceleração, maturação e final. Para classificação dos estágios foram observados alterações na anatomia radiográfica das vértebras cervicais 2, 3 e 4.

Nos estudos das vértebras em humanos, são observados em alguns casos que a maturação não correlaciona totalmente com a idade cronológica. São nesses intervalos que a Ortodontia e Ortopedia podem se beneficiar aproveitando um crescimento residual e conseguir resultados mais satisfatórios.

O tratamento de um paciente pode ser prolongado por um período se na análise do desenvolvimento ósseo indicar que o mesmo ainda está em crescimento. Se o final da maturação foi observado, significa que o final do crescimento já ocorreu, limitando a terapia que requer crescimento ósseo.

Com base na literatura, não há estudos que avaliem radiograficamente os estágios de desenvolvimento ósseo em animais experimentais e a sua correlação com as fases de maturação óssea e o desenvolvimento das vértebras cervicais durante o crescimento puberal, o que despertou o interesse neste estudo. As vértebras cervicais em humanos são estudadas por vários autores. A avaliação dos estágios de maturação nas vértebras cervicais é utilizada como indicativo na ortodontia para a escolha da terapia ideal como um diagnóstico diferencial.

Este estudo teve como objetivo observar métodos para avaliação dos estágios de crescimento ósseo em animais (*Rattus norvegicus*, albinus, Wistar) para que sirva como referência para futuras

pesquisas, melhorando assim a eficácia, fidelidade, confiabilidade, validade e efetividade de seus resultados. Nos animais foram estudadas as vértebras cervicais 2 e 3 e observadas as alterações anatômicas e a variações da densidade conforme crescimento e desenvolvimento, na radiografia digital. A densidade óssea tornou-se um atributo importante para a implantodontia, um critério para avaliar a quantidade e qualidade do osso. O estudo das características e do desenvolvimento dos animais estudados e a evolução das mudanças anatômicas das vértebras reforçam a validade da idade biológica para pesquisa em um grupo controle.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Segundo Linden¹⁵ (1990), do nascimento à idade adulta, os indivíduos passam pelo processo de crescimento e desenvolvimento, sendo caracterizados por uma multiplicidade de alterações morfológicas e psíquicas. O desenvolvimento dentário e o crescimento facial têm seus próprios espaços neste contexto. Muitas características do crescimento físico geral, também estão presentes no crescimento da cabeça e da face ainda que, algumas vezes, de forma um tanto diferente. Vários sistemas orgânicos com diferentes funções efetuam demandas específicas sobre a morfologia e a estrutura da cabeça. Ossos separados se unem de uma maneira complexa para formar um só corpo. Além disso, no interior da mandíbula, as duas dentições seguem uma trajetória de desenvolvimento bem independente. A forma do corpo da criança recém-nascida é em grande extensão governada pelos órgãos e sistemas que são literalmente de significância vital. A cabeça, particularmente o neurocrânio, que encerra a maior parte do sistema nervoso, bem como o tronco, onde está o sistema cardiovascular, o trato respiratório e digestivo, predominam amplamente sobre outras partes do corpo. Os braços e pernas são relativamente pequenos e o pescoço curto. No primeiro ano de vida a criança cresce rapidamente, e o corpo se desenvolve no sentido de adquirir um maior número de funções para utilizá-las com efetividade. A criança aprende a falar, a andar e assume o comando de outras atividades, e as proporções do corpo se modificam até a maturidade.

Segundo Armond² em 2000, o desenvolvimento dos ossos da face ocorre simultaneamente ao crescimento do corpo apresentando um surto de crescimento na adolescência. O comportamento do

crescimento da cabeça está de algum modo relacionado com o do crescimento físico geral, guardando suas proporções especiais. Isto se aplica não apenas a proporção de crescimento alcançado nas idades precoces, mas também, ao aparecimento de um surto de crescimento na adolescência. Das mudanças que ocorrem na face durante a adolescência, as que afetam a mandíbula e a maxila são clinicamente de maior importância. Estas mudanças são menos evidentes no gênero feminino do que no masculino. O aspecto facial de um adulto masculino geralmente demonstra um perfil mais reto do que o do feminino. O sexo feminino atinge sua forma facial adulta numa idade consideravelmente mais jovem do que o masculino. Na idade de quatorze ou quinze anos o sexo feminino exibe poucas mudanças adicionais, enquanto que o masculino, entre quinze e vinte anos de idade exibe mudanças bastante evidentes, que não se restringem apenas às diferenças estruturais da voz, mas a nítidas diferenças na forma e expressão facial.

Para os pesquisadores McNamara e Brudon¹⁶ em 1995, o enfoque do tratamento ortodôntico aplicado durante a dentição mista e ocasionalmente na dentição mista tardia, é o tratamento das discrepâncias esqueléticas, dento alveolares e musculares já existentes, ou em processo de desenvolvimento, com o objetivo de evitar maiores danos bucofaciais, antes de completada a dentição permanente. Ao se iniciar os tratamentos ortodônticos e ortopédicos numa idade bem jovem, a necessidade de um tratamento mais complexo é minimizada, especialmente aquelas que evoluem para a extração de dentes permanentes ou de cirurgia ortognática.

Em 1959, Greulich e Pyle¹¹ apresentaram um método para avaliação da fase de desenvolvimento e maturação esquelética usando a radiografia de mão e punho. Este método foi desenvolvido a partir do Atlas de Todd, no qual foram estudadas 1000 crianças brancas, todas nascidas nos EUA, e quase todas com ancestrais do norte da Europa,

possuíam boa condição sócio-econômica e não apresentavam nenhum tipo de patologia. As radiografias de mão e punho foram realizadas com seleção de padrões para cada idade. As crianças foram examinadas em intervalos de 3 meses durante o primeiro ano pós-natal, com um intervalo de seis meses até os 5 anos de idade e, a partir de então, anualmente. Contudo foi incluído um padrão de 13 anos e 6 meses para menina e de 15 anos e 6 meses para meninos, uma vez que neste período o desenvolvimento da mão e punho se processa de forma mais acelerada estando relacionado com o período puberal.

Hassel e Farman¹³ (1995), em seus trabalhos relacionaram as mudanças observadas no tamanho e forma das vértebras cervicais de humanos e as compararam com as modificações ósseas das estruturas da mão e punho, avaliadas pelo método de Greulich e Pyle¹⁰ (1949). Após suas observações, o autor descreve seis estágios de maturação, baseado nas alterações morfológicas das vértebras cervicais, mais precisamente da segunda à sexta vértebra. Os resultados de sua pesquisa permitiram concluir que, as mudanças relativas a maturação, que ocorre entre a segunda e a sexta vértebra cervical, poderiam ser utilizados para avaliação da idade esquelética de um indivíduo. A avaliação da idade esquelética por esse meio mostrou-se estatisticamente válida e confiável apresentando o mesmo valor clínico que a avaliação da região da mão e punho. Os indicadores de maturação das vértebras cervicais constituem-se do início do desenvolvimento de concavidades nas bordas inferiores dos corpos vertebrais e de aumento sucessivo na altura vertical total. Estes corpos passam de um formato de cunha, com declive de posterior para anterior na sua superfície superior, para um formato retangular e posteriormente, quadrado, para ao final do desenvolvimento, apresentarem uma altura maior que sua largura. Esses indicadores foram os mesmos para ambos os sexos, sendo que a diferença constitui-se no fato de que o sexo feminino alcançou a maturação antes do sexo masculino, como era previsto. A vantagem inerente ao método seria,

como já mencionado anteriormente, a eliminação da necessidade de uma radiografia adicional, além daquelas que fazem parte da documentação ortodôntica regular.

Fishman⁷ em 1982, realizou estudo longitudinal e avaliou radiografias cefalométricas laterais e radiografias carpais, a relação entre idade cronológica e idade óssea. Esse estudo de caráter misto envolveu 60 meninos e 68 meninas, com idade variando entre 7 anos e meio a 15 anos. Semestralmente foram obtidos desses pacientes medidas cefalométricas, análise carpal e registro de desenvolvimento estatural. Os resultados mostraram que, nem sempre a idade cronológica de um indivíduo correlaciona-se adequadamente com sua idade óssea, podendo essa última, apresentar-se avançada ou atrasada em relação a primeira.

Hägg e Taranger¹² (1980) determinaram a época de ocorrência de eventos como a estatura, a ocorrência da menarca das meninas e a mudança de voz nos meninos em 212 crianças suecas escolhidas aleatoriamente. O objetivo desse trabalho foi determinar a época da ocorrência desses eventos e sua relação com o crescimento puberal, uma vez que, a menarca nas meninas e a mudança de voz nos meninos, são utilizadas como indicadores de maturação puberal, em especial pelos ortodontistas. Os resultados foram: a menarca nas meninas ocorre entre 10,7 e 16,1 anos com média de 13,1 anos, sendo que essa fase não ocorreu antes do pico de velocidade de crescimento, mas todas elas tiveram a primeira menstruação antes do final do crescimento puberal. A alteração na voz nos meninos observada clinicamente, ficou entre 11,5 e 16,5 anos com a média de 13,9 anos. Essa alteração variou de duração entre 1 a mais de três anos e a voz com características adultas foi observada em média aos 15 anos de idade. Seis estágios diferentes estão relacionados com a maturação da vértebra cervical e mudança de crescimento, importante para avaliar idade biológica.

Tavano et al.²³ (1982) descreveram que o crescimento ósseo é fundamental no desenvolvimento humano e é responsável pelo desenvolvimento da estatura, justificando o aumento do uso da idade óssea que é considerada o verdadeiro registro da idade biológica em estudos do crescimento e desenvolvimento. Para esses autores o processo de crescimento pode ser avaliado quantitativamente ou por mudanças de formas diferentes dos diferentes ossos e o melhor local para avaliação, seria a análise da radiografia de mão e punho ao contrário de antigas tendências que utilizavam radiografias dos tornozelos, joelho, cotovelo bacia e ombro, expondo o paciente a uma quantidade grande de radiação ionizante.

Em 1997, Aguila e Berdasco¹, descreveram a importância da idade cronológica, idade dentária e idade esquelética para identificação do surto puberal, pois em alguns estudos esta fase tem se mostrado uma boa referência para a previsão da época de maior velocidade de crescimento facial, favorecendo o plano de tratamento ortodôntico-ortopédico. Como somente a idade cronológica não é confiável para avaliar o verdadeiro estágio de desenvolvimento do paciente, outros métodos são utilizados; idade dentária, idade esquelética, crescimento corporal, menarca, mudança de voz, entre outros, são indicados como métodos alternativos para avaliar o grau de desenvolvimento esquelético do pacientes. Por meio deles é possível indicar o estágio que um sistema particular atingiu no seu desenvolvimento, porque durante o processo de crescimento e desenvolvimento, os indivíduos passam por diferentes estágios que implicam um grau crescente de maturação. O conceito de tratamento preventivo e interceptivo devem ser definidos dentro de um contexto geral da terapia ortodôntica e com este princípio, guiar os especialistas para um tratamento efetivo. É fundamental para aqueles que os praticam, a compreensão profunda do crescimento craniofacial e dos desenvolvimentos dos arcos dentários, para oferecer aos pacientes um tratamento mais eficiente.

Conforme Tavano et al.²³ em 1982, a idade morfológica consiste na estimativa do desenvolvimento biológico pelo registro da altura e do peso, podendo ser determinada quando comparamos com tabelas e padrões existentes, às medidas do nosso paciente. Este método de avaliação não é eficaz para pessoas de raça ou nacionalidades diferentes dos padrões existentes. A estimativa da idade biológica pelo grau de desenvolvimento ósseo é mais precisa do que as medidas comparativas em tabelas de peso e altura. Deve-se ser salientar, que o surto de crescimento puberal obedece a um dimorfismo sexual, iniciando-se nas meninas brasileiras por volta de 10 anos e alcançando o pico de crescimento estatural máximo aos 12 anos, e que nos meninos, o mesmo ocorre em média dois anos mais tarde.

O'Reilly e Yanniello¹⁸ (1988) relacionaram a maturação das vértebras cervicais com as alterações de crescimento da mandíbula, a partir de radiografias cefalométricas laterais tomadas anualmente de trinta indivíduos de sexo feminino com idades variando entre 9 anos e 15 anos. Os autores utilizaram as medidas do comprimento do corpo da mandíbula e a altura do ramo, comparando essas alterações com os estágios de maturação das vértebras cervicais descrito por Hassel e Farman¹³ (1995). Analisando os resultados os autores concluíram que: existiu um significativo aumento nas dimensões do corpo e altura do ramo da mandibular durante a maturação das vértebras, sendo que estão relacionados com o crescimento puberal. Assim sendo esse método pode ser usado com uma alternativa de confiança para avaliar maturações ósseas e crescimento mandibular.

Os resultados dos trabalhos de Santos et al.²⁰ (1998) permitiram inferir que a observação das mudanças morfológicas que ocorrem nas vértebras cervicais, visualizadas nas telerradiografias laterais, mostrou-se um método útil e aplicável na avaliação do estágio de maturação de um paciente na prática clínica. Entretanto, como ocorre com

qualquer outro método utilizado com este objetivo, deve-se complementá-lo com o maior número de recursos e informações disponíveis a respeito do desenvolvimento de cada indivíduo, para que se possa obter um diagnóstico mais preciso e fidedigno.

Santos e Almeida²¹ em 1999 tiveram como objetivo verificar a confiabilidade da utilização das alterações morfológicas das vértebras cervicais como um método de determinação do estágio de maturação esquelética, comparando com os eventos de ossificação que ocorrem na região da mão e punho. Os autores concluíram que a observação das mudanças morfológicas das vértebras cervicais nas telerradiografias laterais de rotina, constitui um método adicional útil de avaliação da maturação esquelética, que vem complementar a gama de informações que se deve obter de cada paciente e que pode, circunstancialmente, substituir outros métodos de avaliação. A sua comparação com um método convencional de avaliação da idade esquelética por meio das radiografias carpais apresentou uma correlação estatisticamente significativa. O método de observação das mudanças morfológicas que ocorrem nas vértebras cervicais, visualizadas nas telerradiografias laterais pode ser empregado para a avaliação do estágio de maturação de um paciente, na prática clínica com relativa confiabilidade. Porém, como qualquer outro método de determinação da idade esquelética disponível, não deve ser utilizado isoladamente quando necessita de um diagnóstico mais preciso, mas sim, complementado com o maior número de informações possíveis a respeito do paciente.

Armond² (2000) estimou o crescimento e o desenvolvimento esquelético observando radiograficamente as alterações morfológicas da primeira, segunda e terceira vértebra cervical de acordo com o método proposto por Hassel e Farman¹³ (1995) em indivíduos que encontravam no surto do crescimento puberal. A inspeção radiográfica das vértebras cervicais foi realizada por meio de telerradiografias laterais, o surto de crescimento foi identificado através dos eventos de ossificação

da mão e punho. Os resultados revelaram que houve uma correlação significativa entre indicadores de maturação das vértebras cervicais (IMVC). Conclui-se que a avaliação radiográfica das alterações morfológicas das vértebras cervicais, nas telerradiografias laterais, constitui um parâmetro alternativo, confiável e prático na avaliação esquelética, complementando as informações que se deve obter do paciente em tratamento ortodôntico e circunstancialmente, substituir outros métodos de avaliação.

Franchi et al.⁸ em seus estudos em 2000 tiveram como objetivo fornecer uma versão do método de Maturação da Vértebra Cervical (CVM) para a detecção do pico no crescimento mandibular baseado na análise da segunda até a quarta vértebra cervical em um só cefalograma. A morfologia dos corpos da segunda (C2), terceira (C3), e quarta (C4) vértebras cervicais foram analisadas em seis consecutivas observações cefalométricas (T1 até T6) de 30 indivíduos não tratadas ortodonticamente. A observação para cada indivíduo consistia de dois cefalogramas consecutivos compreendendo o intervalo do crescimento mandibular máximo (como avaliado por meio do incremento máximo no comprimento mandibular total, Co-Gn) junto com dois cefalogramas consecutivo anteriores e dois cefalogramas consecutivos posteriores. A análise consistiu-se de valores visuais e cefalométricos das características morfológicas das três vértebras cervicais. A formulação da nova versão do método CVM baseou-se nos resultados da ANOVA para medidas repetidas com o teste ($P < 0,05$) e em análises discriminantes. O novo método CVM apresenta 5 estágios de maturação (Cervical Vertebral Maturarion Stage [CVMS] I até CVMS V, em vez de Cvs 1 até Cvs 6 no método CVM anterior). O pico no crescimento mandibular ocorre entre o CVMS II e o CVMS III, e ele não foi alcançado sem a realização do CVMS I e do CVMS II. O CVMS V acontece pelo menos dois anos antes do pico. As vantagens da nova versão do método CVM são que a maturidade mandibular do esqueleto pode ter seu valor obtido em um só cefalograma

e por meio de análises apenas da segunda, terceira e quarta vértebras cervicais, que geralmente são visíveis mesmo quando um protetor de radiação é utilizado.

Ursi²⁴ em 1996, no artigo intitulado de “Crescimento e alterações nas relações mandibulares dos 6 aos 18 anos de idade”, cita que: o principal mecanismo de crescimento mandibular, no sentido sagital, constitui-se na aposição óssea na borda posterior do ramo, coordenada com o crescimento compensatório da cartilagem secundária. A cabeça da mandíbula é uma região de crescimento extremo durante as duas décadas de vida, possui variabilidade na direção de crescimento de acordo com diversos fatores que influenciam o crescimento do complexo craniofacial. Normalmente o crescimento da mandíbula acompanha o crescimento da face média, coordenados pelas alterações do complexo craniofacial, bases ósseas, formas de arcos de um crescimento normal. De maneira geral, durante a puberdade, para cada incremento de crescimento maxilar na direção anterior e inferior, a mandíbula deve crescer aproximadamente o dobro, para manter o seu relacionamento normal com a face média. O autor concluiu que o aumento no comprimento mandibular acompanhou a curva de desenvolvimento esquelético geral, apresentando um pico de crescimento puberal.

Moraes et al.¹⁷ realizaram um estudo em 1998, utilizando radiografias panorâmicas e carpais, com finalidade de correlacionar as fases da curva do surto de crescimento puberal com fases da mineralização dentária. Foram também correlacionadas as idades cronológicas, dentária e óssea. Os resultados confirmaram o desenvolvimento simultâneo entre diferentes áreas do organismo, como dentes, mão e punho, estatura tanto para o sexo masculino, como para o feminino, conservando as diferenças de desenvolvimento entre os sexos. Por meio das radiografias é possível estimar a época do surto de crescimento puberal.

Em 2002 Schusterchitz e Haiter²² fizeram um estudo comparativo entre a maturação óssea das vértebras cervicais e índice carpal, e verificaram que a estimativa da idade biológica é de grande utilidade na odontologia, já que a idade cronológica nem sempre é um bom parâmetro para avaliação do estágio de maturação em que o corpo se encontra. Correlacionou à idade cronológica os estágios de maturação óssea da região do carpo. Para a estimativa da maturação óssea, foi utilizado o método de Grave-Brown et al.⁹ (1999), que analisa a seqüência de eventos de ossificação observada numa radiografia de mão e punho. A amostra estudada foi composta de 240 indivíduos brasileiros, de ambos os sexos, aparentando bom estado de saúde e com idade variando de 7 a 15 anos. Os resultados encontrados demonstraram que, de um modo geral, o surto de crescimento puberal ocorre mais precocemente na população brasileira, se comparado com os dados descritos na literatura mundial. Com base nos dados obtidos concluiu que houve uma correlação entre os métodos de estimativa da maturação óssea, no entanto um estágio cervical pode estar correlacionado com mais de um estágio carpal e, ainda estas correlações são diferentes entre os sexos.

Horliana¹⁴ em 2005 relatou a relação entre estágios da maturidade óssea avaliados em radiografia de mão e punho e vértebras cervicais em telerradiografia em norma lateral. Chegou à conclusão que a maturidade óssea pelas vértebras cervicais oferece confiabilidade para identificação do início e pico do surto do crescimento puberal, mas não para identificar os estágios na fase descendente, portanto deve se continuar a utilização da radiografia de mão e punho para identificação de algum potencial de crescimento restante.

Em 2005, Baccetti et al.⁴ apresentaram uma versão modificada dos EMVC para a avaliação do pico no crescimento mandibular, baseado na análise das vértebras C2, C3 e C4 em 214 radiografias cefalométricas laterais. A morfologia dos corpos das vértebras cervicais foi analisada por inspeção visual utilizando o novo

método modificado e cefalometricamente, em que foram traçados os corpos das vértebras e localizados pontos de referência e mensurada. Por meio dos resultados observaram que os EMVC 1 e 2 são pré-pico; o pico no crescimento mandibular ocorre entre os estágios 3 e 4; o estágio 6 foi encontrado nos indivíduos 2 anos após o pico. Concluíram que o uso do método dos EMVC permite o clínico identificar a melhor época de tratamento de uma série de desarmonias dento-esqueléticas.

Paiva et al.¹⁹ em 2007 avaliaram a aplicação clínica de dois métodos para estimativa da maturidade esquelética por meio da observação das vértebras cervicais. Telerradiografias em normal lateral e radiografias de mão e punho de 220 pacientes com 9 a 16 anos de idade (107 do sexo masculino e 113 do feminino), foram interpretadas por examinador calibrado segundo os métodos de Baccetti et al.³ (2002) e Hassel; Farman¹³ (1995). Com base nos resultados obtidos, concluíram que: os métodos de estimativa da maturidade esquelética por meio da observação radiográfica das vértebras cervicais propostos por Baccetti et al.³ (2002) e Hassel e Farman¹³ (1995) apresentaram boa reprodutibilidade. Embora o dimorfismo não tenha sido estatisticamente comprovado para todos os estágios de maturação esquelética dos métodos estudados, nos grupos etários avaliados, constatou-se a predominância de estágios mais avançados em pacientes do sexo feminino. Conforme as interpretações radiográficas pelo método de Hassel e Farman¹³ (1995), as diferenças significantes ocorreram nas idades de 11, 12 e 13 anos. Por outro lado, de acordo com o método de Baccetti et al.³ (2002), foi possível identificar diferenças estatísticas nas idades de 11 e 13 anos. Testes de correlação e Kappa (K) intra-examinador foram utilizados para análise da precisão das estimativas. O dimorfismo entre gêneros foi analisado com a utilização de testes Qui-Quadrado.

Em 2007, Camargo e Cunha⁵ realizaram um estudo comparando índice de maturação das vértebras cervicais, idade

esquelética e idade dentária com a idade cronológica, observando-se o sincronismo, utilizando telerradiografias em norma lateral para o estudo da maturação das vértebras cervicais, método (CVM), Greulich Pyle “Índice carpal”, a “Tabela de Nicodemo-Moraes-Medici Filho” para avaliação dos estágios de mineralização dos dentes. Concluiu nesse estudo que: a idade carpal e a idade dentária apresentaram estatisticamente uma relação próxima com a idade cronológica; a idade carpal subestima a idade cronológica até por volta dos 10 anos e meio (idade cronológica) e superestima acima de 10 anos e meio de idade, ou seja, ocorreu um sincronismo entre elas, por volta desse grupo estudado. A idade dentária sempre subestima a idade cronológica, sendo que esta subestimação é de cerca de um ano, não sendo observado sincronismo; já o método utilizado para o estudo da idade vertebral não apresentou estatisticamente uma relação próxima com a idade cronológica, por ser muito ampla a primeira fase do CVMS; portanto há necessidade de estudos complementares, com amostras mais homogêneas. Em relação ao sexo, não houve diferenciação estatística no grupo estudado.

Segundo Farris e Griffith⁶ (1949) as ratas atingem o período de puberdade entre 50 a 60 dias, período de ovulação de 45 a 147 dias e a menopausa ocorre aproximadamente entre 15 a 18 meses, portanto tem um longo período de fertilidade. A coluna vertebral desses animais consiste de 7 vértebras cervicais, 13 torácicas, 6 lombares, 4 sacrais e 27 a 30 vértebras caudais.

Watanabe et al.²⁵ em 2008 adequaram uma técnica para avaliar com exatidão a densidade mineral, especificamente na maxila e mandíbula e sua aplicação em procedimentos odontológicos. Absortimetria de raios X é uma técnica amplamente utilizada para a mensuração de densidade mineral óssea. O propósito desse estudo foi determinar o referencial populacional de densidade mineral óssea para que esta técnica seja capaz de realizar o diagnóstico diferencial entre normalidade e osteopenia, na região bucal. Para a mensuração de

densidade mineral óssea em maxila e mandíbula através de absorptimetria computadorizada de raios X em energia simples, foram geradas radiografias intra-orais periapicais utilizando-se uma escala densitométrica de alumínio. Os valores de densidade medidos em 55 indivíduos adultos foram organizados em quatro grupos populacionais, com distinção entre maxila e mandíbula e sexo do indivíduo. As medidas foram analisadas estatisticamente, resultando na determinação do referencial populacional com base na densidade média aritmética e respectivo desvio-padrão para cada grupo. Com a adoção de intervalo de confiança de um desvio-padrão. Esta implementação permite o uso da técnica de densitometria óssea em maxila e mandíbula na prática clínica, possibilitando a determinação da densidade mineral óssea (DMO) bucal do indivíduo e respectiva classificação diagnóstica, associada à aplicação de baixa dose efetiva de radiação em uma metodologia mais acessível à população.

3 PROPOSIÇÃO

- a) Verificar por meio da radiografia digital as alterações anatômicas e a densidade óptica das vértebras cervicais C-2, C-3, dos ratos na fase inicial, pico de crescimento e a fase final de crescimento ósseo;
- b) Confeccionar curvas de crescimento ósseo relacionando idade cronológica, peso corpóreo e comprimento dos animais;
- c) Observar as fases de maturação óssea dos animais (iniciação, aceleração, transição, desaceleração, maturação e final) e do desenvolvimento das vértebras cervicais durante o crescimento puberal e a sua correlação com os dados da literatura relativos as mesmas fases, em seres humanos;
- d) Comparar os resultados obtidos entre os ratos machos e fêmeas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

4.1.1 Animais

Para este estudo foram utilizados 35 ratos *Wistar* (*Rattus norvegicus*, *albinus*), sendo 25 machos e 10 fêmeas, fornecidos pelo Biotério da Faculdade de Odontologia da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Campus de São José dos Campos – SP.

O trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Animal Local - número do processo 46/2007 PA/CEP (ANEXO).

4.1.2 Drogas utilizadas

Cloridrato de ketamina - Vetaset[®] (cloridrato de ketamina) Fort Dodge Animal Health Fort Dodge, Iowa, USA anestésico geral de uso veterinário, na dose de 5 mg/kg;

Cloridrato de 2-(2,6-xilidino) – 5,6-DIHIDRO-4H-1,3-TIAZINA, (ROMPUM[®], Bayer S.A. - Saúde Animal, São Paulo, Brasil), sedativo, analgésico e relaxante muscular, na dose de 10 mg/kg;

Albendazol (Zentel[®]), vermífugo polivalente em dose única;

Polivitaminico (Vita Gold[®]) potenciado, na proporção de 40 gotas/litro de água.

4.1.3 Equipamentos

- a) Aparelho de Raios X Gendex 765DC (Gendex Systems, Milão, Itália), com 65 kV e 7 mA;
- b) Visualix 2 – Gendex Dental Systems, Milão, Itália – 0,01 seg.;
- c) Computador Itautec, scanner HP Photosmart, impressora HP Deskjet 3745 com programas convencionais, Windows XP, Office 2003;
- d) Imagens digitais – ap. sensor para captação (GENDEX);
- e) Posicionador para animal para radiografia (confeccionado especialmente para esse fim);
- f) Método HASSEL – FARMAN¹³ indicador biológico de crescimento (6 estágios de maturação das vértebras cervicais C2, C3).

4.2 Métodos

4.2.1 Características dos animais para início da análise radiográfica

O trabalho foi iniciado após o desmame dos animais e início da dieta alimentar sólida, aos 22 dias após o nascimento.

Ao início das experiências, os 25 machos e 10 fêmeas tinham 22 dias de idade e peso em cerca de 80-100 gramas. Os animais foram mantidos em gaiolas, cada uma com cinco ratos, em ciclo claro-escuro de 12h com controle de temperatura e umidade e alimentados com dieta labina balanceada (GUABI - Guabinutrilabor para ratos e camundongos) e água *ad libitum*.

Antes dos procedimentos experimentais, os animais foram tratados com dose única de vermífugo polivalente (Zentel®, São Paulo, Brasil) e com polivitamínico (Vita Gold potenciado®, Tortuga Companhia Zootécnica Agrária, São Paulo, Brasil), na proporção de 40 gotas/litro de solução durante 5 dias.

4.2.2 Preparo dos animais para as análises radiográficas

Após a pesagem, os animais foram anestesiados com associação de cloridrato de ketamina (5 mg/Kg) associado à xilazina (10mg/kg), administrado por via intramuscular (IM), colocados em uma mesa de madeira em decúbito lateral, fixados com elásticos e preparados para obtenção das medidas de comprimento e posterior captura de imagens radiográficas digitais.

4.2.3 Períodos de observação

Todos os animais foram analisados após 22 dias do nascimento e posteriormente, nos períodos iniciais a cada 14 dias até a observação do pico de crescimento, e de 29 dias até a fase completa de maturação e fase adulta (160 dias), totalizando 9 aquisições de imagens radiográficas por animal. Os animais foram posteriormente sacrificados por dose excessiva de anestésico.

4.2.4 Análise Radiográfica

4.2.4.1 Protocolo de aquisição das imagens das vértebras cervicais

Foi utilizada a mesa de madeira adaptada para posicionamento do animal e acomodação do sensor em um nicho escavado na referida mesa. Após imobilização e posicionamento adequado foram obtidas as imagens radiográficas, utilizando o sistema Visualix Gx-S-HDI (Gendex Dental System, Dentsply International, Chicago, IL, USA). Este sistema consiste de um software VixWin 1.9 (Gendex Dental System, Dentsply International, Chicago, IL, USA) que capta a imagem radiográfica digital por meio de um sensor CCD (Charge –Coupled Device), com área ativa 20,0mm de largura por 30,0mm de comprimento. O aparelho de raios-X utilizado foi o Gendex 765 DC (Gendex Dental X-Ray Division, Dentsply International Inc., IL, USA), regulado para 65KVp e 7mA. Os ratos foram colocados sobre o referido

sensor que estava posicionado paralelamente ao solo e o feixe central de raios-X direcionado perpendicularmente a esse dispositivo. A distância foco-objeto foi de 40 cm, a 90 graus de ângulo de incidência e o tempo de exposição aos raios-X de 0,01 segundos respectivamente com potência de 65 mA. As imagens radiográficas digitais obtidas foram armazenadas em arquivo de formato JPEG.

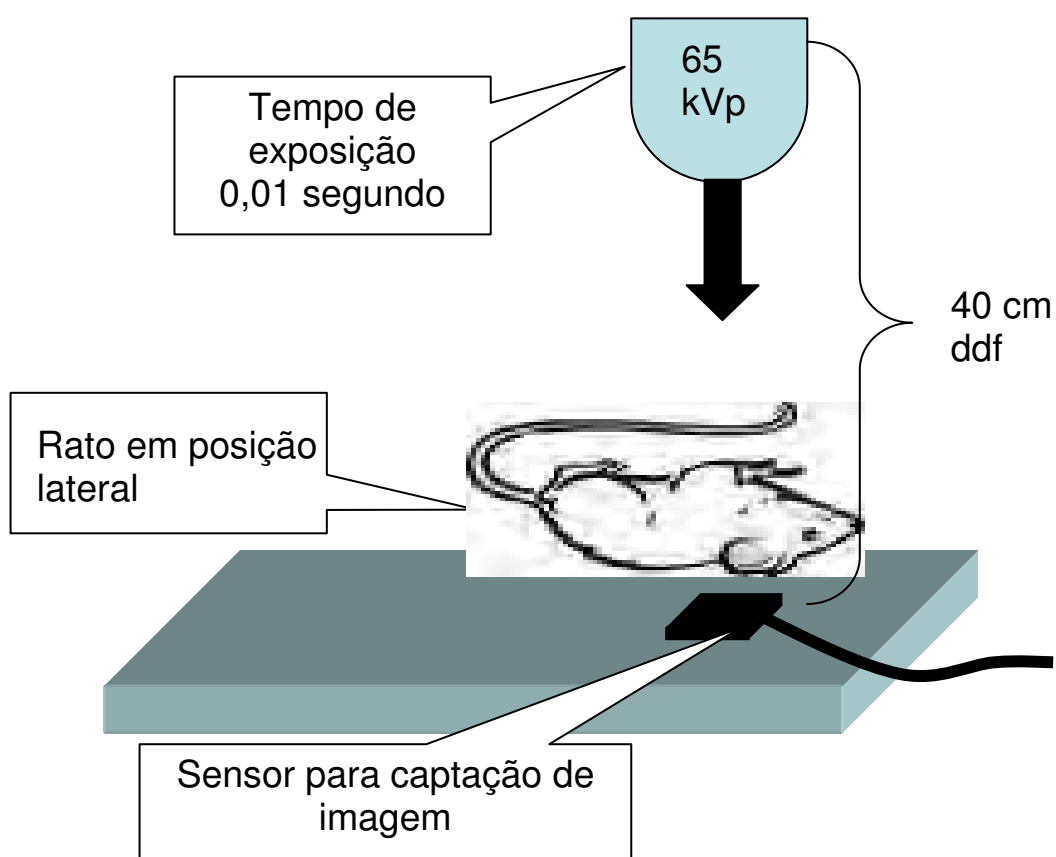


Figura 1 - Representação esquemática das tomadas radiográficas pelo Sistema Visualix Gx-S-HDI (projeto inicial)



Figura 2 - Representação real da aquisição da imagem radiográfica digital

4.2.5 Análise da densidade óptica

O estudo densitométrico foi realizado através do sistema CROMOX DOMM versão 3.2.2, de fabricação da ATHENA-SIA Sistemas de Inteligência Avançada Com. Imp. e Exp. Ltda., para as vértebras 2 e 3 da coluna vertebral, na região cervical. Os animais foram radiografados usando-se técnica de 65 kVp, 07 mA e tempo de exposição de 0.01 s, e as imagens coletadas digitalmente através do equipamento Gendex 765 DC. Uma escala de alumínio com 4 degraus, cujas espessuras são 1.5, 2.0, 2.5 e 3.0 mm, foi radiografada com a mesma metodologia para que

seus dados absortimétricos permitissem a determinação da função de absorção de raios X do sistema, e os valores de atenuação da radiação nos animais pudessem ser traduzidos em espessura do material dessa escala, ou seja, em milímetros de alumínio.

O tratamento matemático dos dados de absortimetria foi realizado através do estudo da equação de transmissão de radiação em cada ponto da matriz de imagem do segmento analisado. Para cada ponto da imagem a equação de transmissão, com relação exponencial entre conteúdo radiopaco e potência atenuada da radiação transmitida, foi convertida para equação linear através da aplicação de função logarítmica. Determinada a atenuação de tecidos moles adjacentes à região óssea de interesse, a equação linear resultante em cada ponto da imagem contém apenas uma grandeza incógnita: a densidade por área de constituinte mineral ósseo. A integração em área da densidade do constituinte mineral ósseo, seguida da divisão do valor integrado pela área total, resultou na média aritmética da densidade mineral óssea para o sítio analisado, expressada em milímetros de alumínio (mm Al).

Sendo P a potência medida de radiação que atravessou o material, P_o a potência incidente no material, μ o coeficiente de absorção de radiação do material, e ρ e h respectivamente a densidade e espessura do material, as funções de absorção de radiação envolvidas são:

$$P = P_o \cdot \exp(\sum(-\mu \cdot \rho \cdot h))$$

$$P_{\text{alumínio}} = P_o \cdot \exp(-\mu_{\text{Al}} \cdot \rho_{\text{Al}} \cdot h_{\text{Al}})$$

$$P(\text{osso} + p_{\text{moles}}) = P_o \cdot \exp(-\mu_{\text{osso}} \cdot \rho_{\text{osso}} \cdot h_{\text{osso}} - \mu_{p_{\text{moles}}} \cdot \rho_{p_{\text{moles}}} \cdot h_{p_{\text{moles}}})$$

$$P(p_{\text{moles}}) = P_o \cdot \exp(-\mu_{p_{\text{moles}}} \cdot \rho_{p_{\text{moles}}} \cdot h_{p_{\text{moles}}})$$

$$\ln P_{\text{alumínio}} = \ln P_o - (\mu_{\text{Al}} \cdot \rho_{\text{Al}} \cdot h_{\text{Al}})$$

$$\ln P(\text{osso} + p_{\text{moles}}) = \ln P_o - (\mu_{\text{osso}} \cdot \rho_{\text{osso}} \cdot h_{\text{osso}} + \mu_{p_{\text{moles}}} \cdot \rho_{p_{\text{moles}}} \cdot h_{p_{\text{moles}}})$$

$$\ln P(p_{\text{moles}}) = \ln P_o - (\mu_{p_{\text{moles}}} \cdot \rho_{p_{\text{moles}}} \cdot h_{p_{\text{moles}}})$$

Quando a absorção no animal (osso sobreposto a partes moles, ou exclusivamente partes moles) é igual à absorção de uma

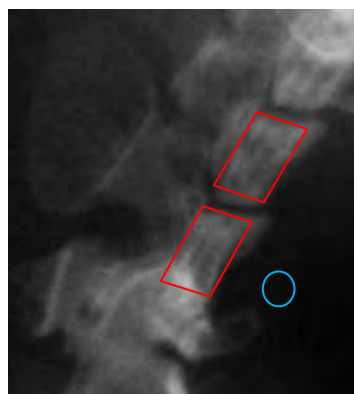
determinada espessura de alumínio (h_{Al}), essa absorção pode ser descrita como uma espessura de alumínio equivalente.



Figura 3 - Radiografia da escala utilizada



Figura 4 – A) Escala graduada 2,5; 2,0; 1,5; 1,0 mm de alumínio em barra;
B) Escala contínua em óxido de alumínio de 0 a 4 mm utilizada para teste



 DMO= densidade mineral óssea  DPM = densidade partes moles adjacentes

Figura 5 - Áreas para análise da densidade

Nas figuras seguintes, exemplos dos resultados obtidos em cada análise nas três fases: inicial, pico de crescimento e final.

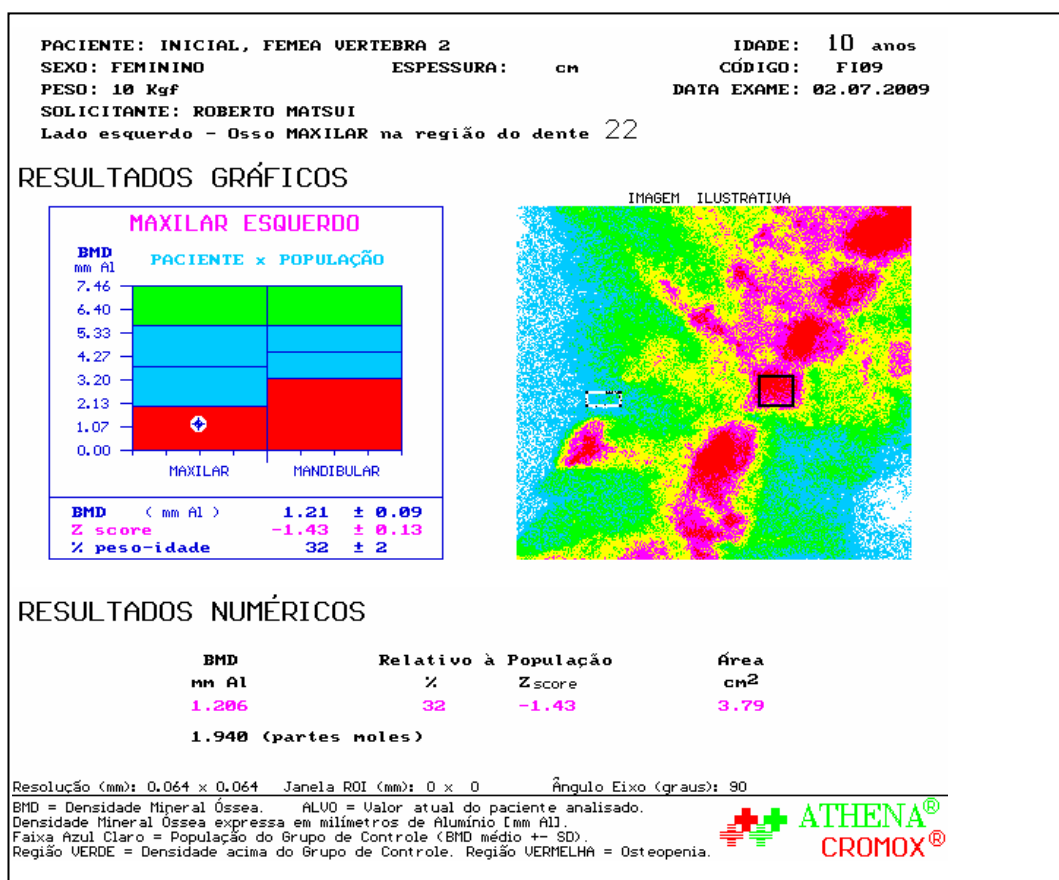


Figura 6 - Resultado da densitometria óssea da fase inicial do crescimento

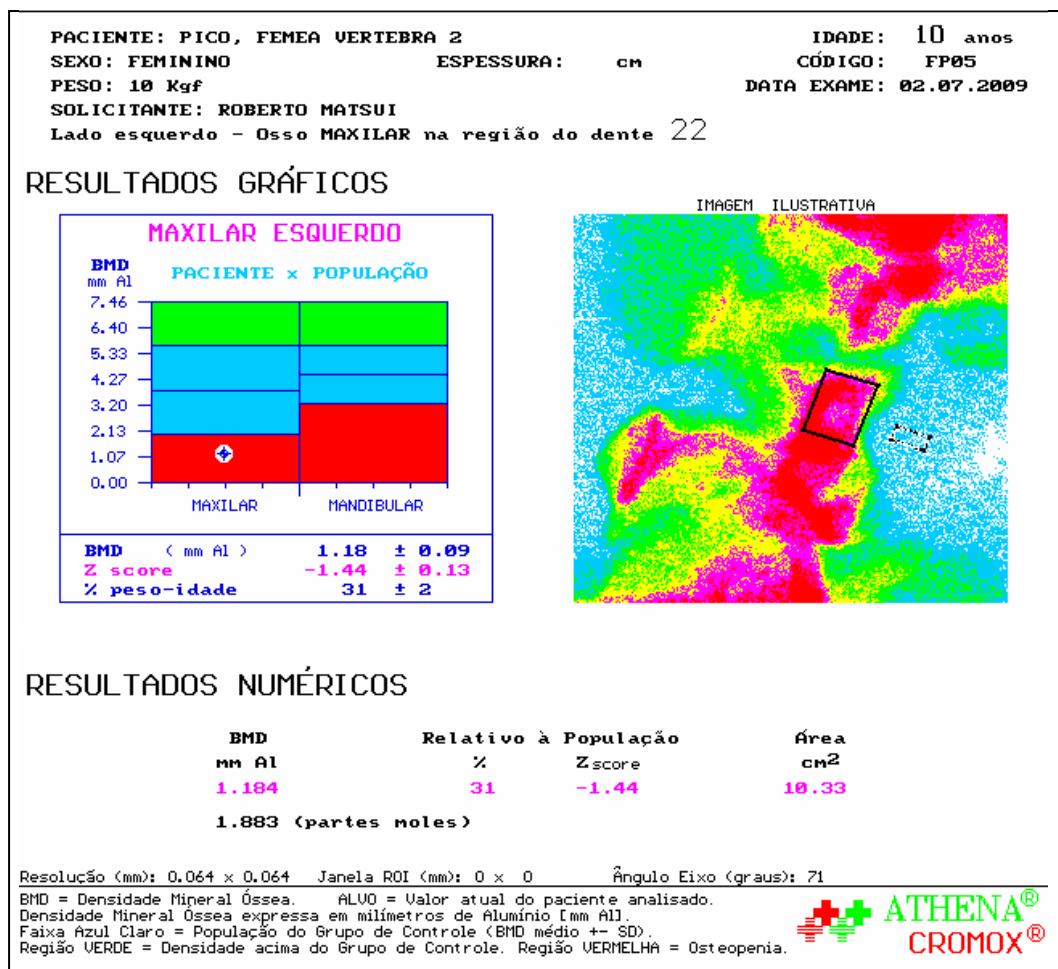


Figura 7- Resultado da densitometria óssea do pico de crescimento

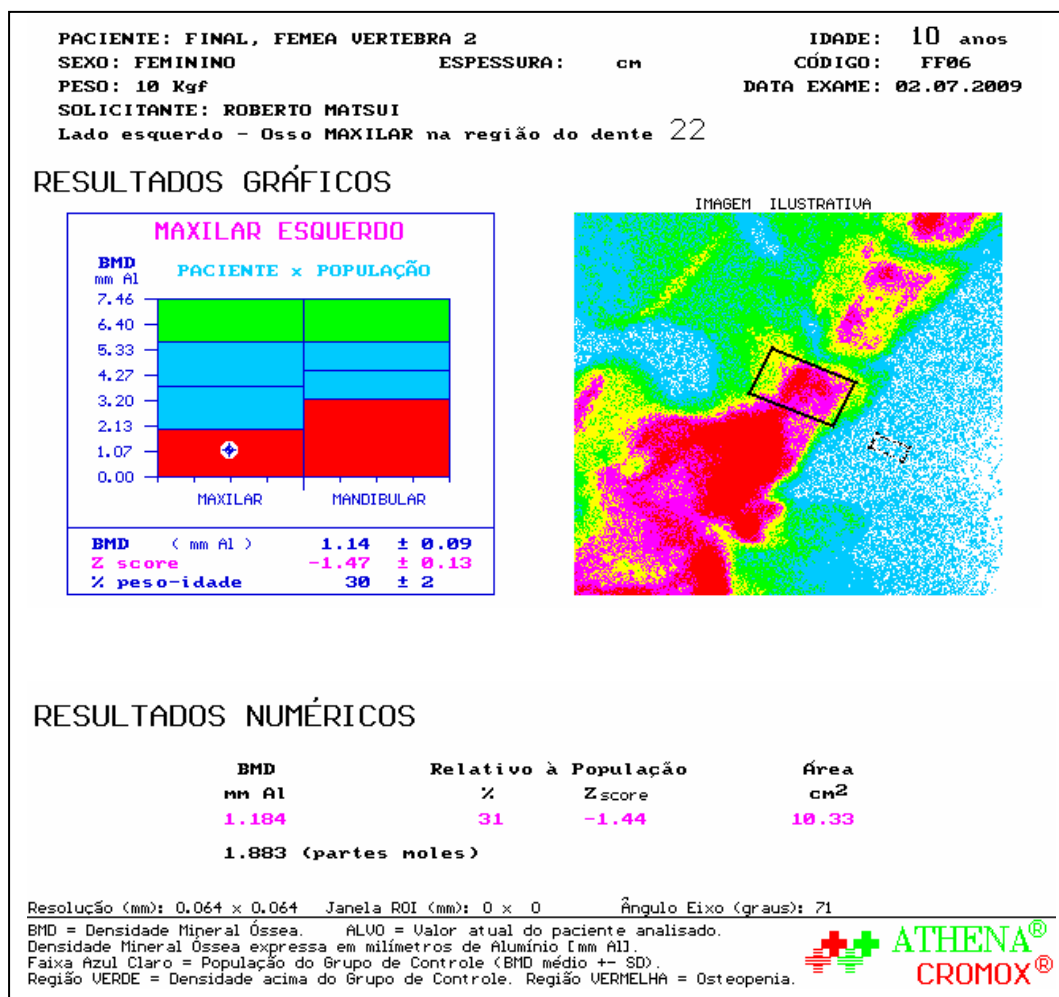


Figura 8 - Resultado da densitometria óssea da fase final do crescimento

Os intervalos selecionados para observação foram de acordo com a evolução do comprimento desta mesma pesquisa, pré-surto, pico e final do crescimento (animais adultos).

4.2.6 Análise anatômica das vértebras cervicais em ratos

Os animais foram acompanhados até a fase final do crescimento (160 dias). Cada animal teve um gráfico e planilha para análise de curva de crescimento, fases de maturações das vértebras cervicais (C-2 e C-3) correlacionando-os com outros índices de crescimento como comprimento do corpo, peso, idade cronológica, para efeito comparativo dos estágios do desenvolvimento e crescimento. Para acompanhar o crescimento e as mudanças anatômicas das vértebras foram medidos o diâmetro do comprimento e a largura e o cálculo da área, figura abaixo:

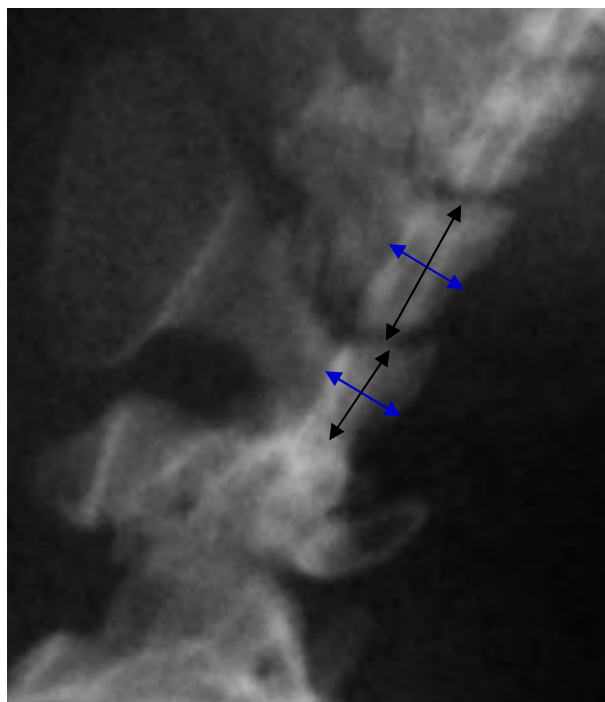


Figura 9 - Medição das vértebras C-2; C-3 dos ratos

A análise da maturação das vértebras cervicais (C2,C3) dos animais experimentais foi realizada baseada no método de HASSEL–FARMAN¹³, que consiste em analisar uma radiografia cefalométrica lateral e permite a classificação em seis fases: iniciação, aceleração, transição, desaceleração, maturação e final em humanos.

Foram feitas adaptações e modificações, como radiografias digitais e mensuração das vértebras cervicais por meio do programa da Radio IMP (Radiocef).

- a) Iniciação: Quantidade muito significativa de crescimento esperado.
Bordas inferiores das vértebras C2, C3, C4 planas.
Bordas superiores das vértebras cônicas, de posterior para anterior.
- b) Aceleração: Quantidade significativa de crescimento esperado.
Concavidades desenvolvendo na borda inferior de C2 e C3.
Corpo de vértebra C4 na borda inferior é plano.
C3 e C4 têm a forma mais retangular.
- c) Transição: Quantidade moderada de crescimento esperado.
Concavidade evidente na borda inferior de C2 e C3.
C4 desenvolvendo concavidade em sua borda inferior.
C3 e C4 com forma retangular.
- d) Desaceleração: Quantidade pequena de crescimento esperado.
Concavidade evidente na borda inferior de C2, C3 e C4.
C3 e C4 estão quase em forma de quadrado.
- e) Maturação: quantidade insignificante de crescimento esperado.
Concavidade acentuada na borda inferior de C2, C3 e C4.
C3 e C4 em forma de quadrado.
- f) Final: Crescimento completado.

Concavidade profunda presente na borda inferior de C2, C3 e C4.

C3 e C4 apresentam maior altura que largura.

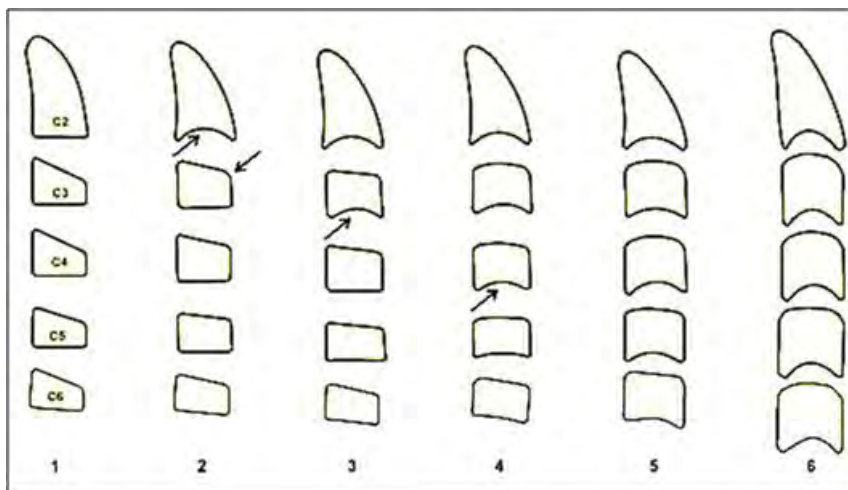


Figura 10 – Seis estágios de maturação das vértebras cervicais de acordo com Hassel e Farman ¹³, 1995



Figura 11 - Ilustração das vértebras cervicais de um indivíduo do sexo feminino com 7, 11, 12 e 15 anos de idade

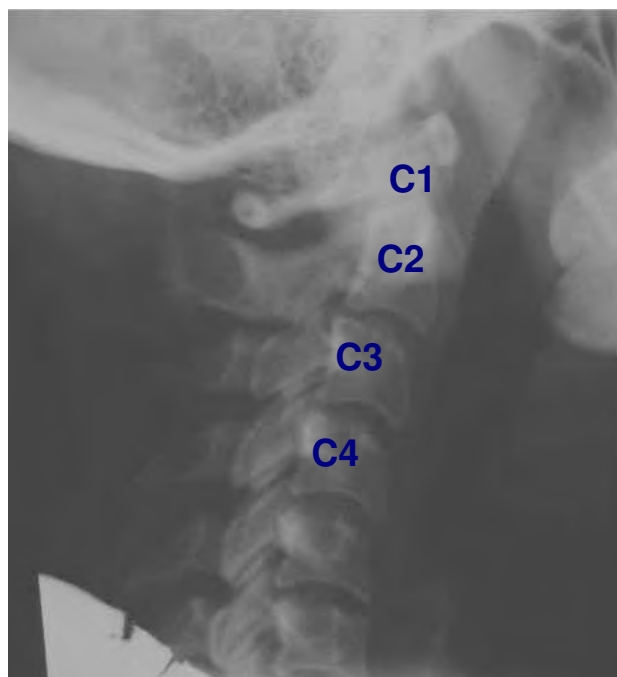


Figura 12 - Localização das vértebras cervicais de humanos

A pesquisa realizada é do tipo longitudinal, assim a análise foi feita com base em testes que levem em consideração a replicação do indivíduo ao longo dos momentos: Temos um grupo de ratos fêmeas ($n=10$) e machos ($n=10$) que foram observados em 9 momentos.

4.2.7 Análise do comprimento do corpo dos ratos

O comprimento corpóreo foi medido por uma régua metálica marca (Tramontina) milimetrada, da porção mais externa do nariz do animal até o início da cauda, quando estiver posicionada para a

aquisição da radiografia. Esse procedimento foi realizado em todas as fases.



Figura 13 - Obtenção da medida do comprimento

4.2.8 Análise do peso dos ratos

Antes de qualquer procedimento o animal foi pesado em uma balança digital (Filizola BP15), para o cálculo da dosagem do anestésico e para acompanhar a evolução em gramas. Os dados de cada animal de cada grupo foram submetidos à análise estatística.

Foi realizada uma análise radiográfica preliminar, constatando a viabilidade de execução do projeto, dentro da metodologia proposta.

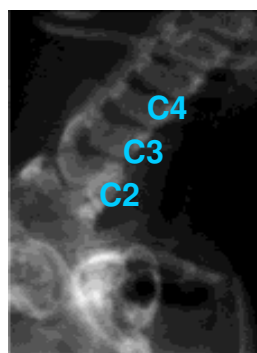


Figura 14 - Raios X das vértebras cervicais de rato adulto

5 RESULTADOS

5.1 Seqüências das medidas e análise progressiva do comprimento e peso

Quadro 1 – Mensurações do comprimento e peso das fêmeas

	Data	15/04	30/04	13/05	28/05	23/06	14/07	11/08	09/09	08/10
R1	Peso	90	150	205	230	265	275	285	335	330
	Comp	13,5	17	19	19,5	21,5	21,5	21,5	22	22
R2	Peso	75	145	205	230	265	270	270	330	325
	Comp	13,5	16	18,5	20	21,5	21,5	22	22	22,5
R3	Peso	80	140	190	210	255	255	270	275	280
	Comp	13,8	16,5	19	19,5	21	21	21,5	21,5	22
R4	Peso	90	150	210	250	295	293	295	345	330
	Comp	14	17	18,5	20	22	21,5	22	22	22
R5	Peso	85	159	205	240	275	280	285	295	300
	Comp	13,7	16,5	19	19,5	21,5	21,5	22	22	22,5
R6	Peso	90	150	205	225	260	275	285	305	305
	Comp	13	17,3	19	20	21	21	22	22	22,5
R7	Peso	90	155	205	235	275	280	290	330	320
	Comp	13,5	17	19,5	20	21	21	21,5	22	22
R8	Peso	95	165	210	245	295	300	280	330	340
	Comp	13,5	17,5	20	21	21	21,5	21,5	22	21,5
R9	Peso	90	165	220	250	290	295	315	330	335
	Comp	14	17,5	19,5	20	21,5	21,5	22	22,5	22
R10	Peso	90	165	210	235	257	275	280	300	305
	Comp	13	16,5	19	19,5	20,5	21	21,5	22	21,5

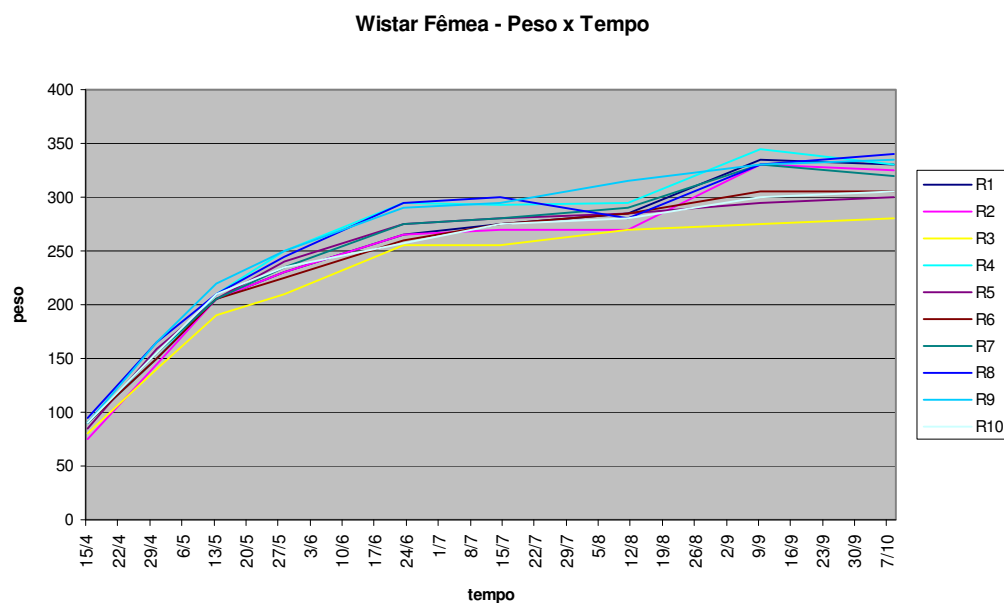


Figura 15 – Representação gráfica do peso das fêmeas

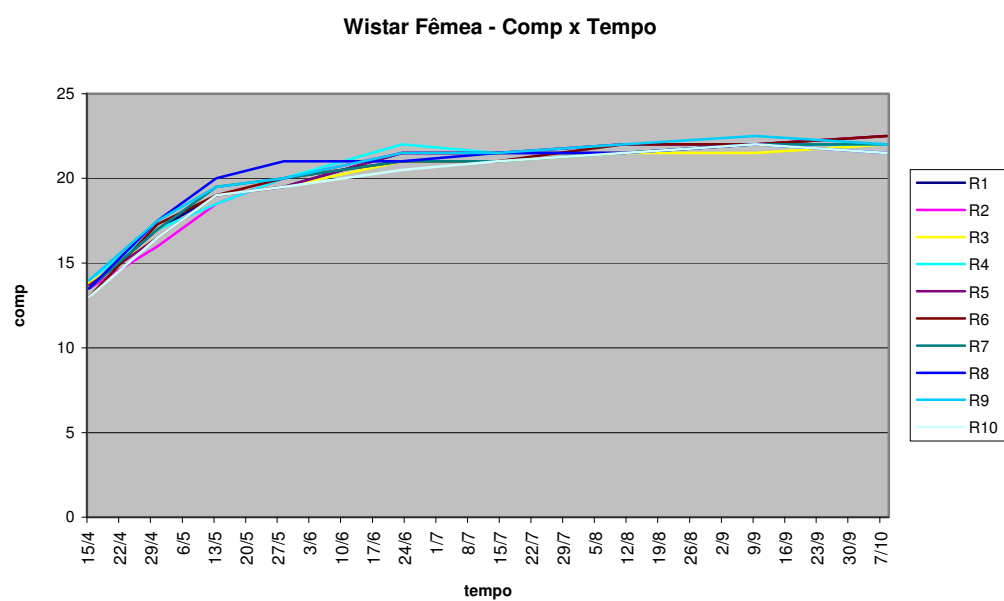


Figura 16 - Representação gráfica do comprimento das fêmeas

Quadro 2 - Mensurações do comprimento e peso dos machos 1º Grupo

	Data	15/04	30/04	13/05	28/05	23/06	14/07	11/08	09/09	08/10
R1	Peso	90	200	300						
	Comp	14	19	22						
R2	Peso	95	200	295	370					
	Comp	13,5	19	21,5	23					
R3	Peso	90	185	290	350	470	510	510	530	545
	Comp	14	18,6	21,5	23	24,5	25,5	26	26	26
R4	Peso	90	210	310	365	435	465	490	510	525
	Comp	14	19,5	22	23,5	25	25	25	25	25
R5	Peso	85	185	275	330	393	430	455	490	510
	Comp	14	18,6	21	22	24	24,2	25	25,5	25,5
R6	Peso	90	190	285	350	435	465	460	525	545
	Comp	14	18,5	21,5	22	25	25	25	25	25
R7	Peso	85	210	310	380	475	480	490	590	630
	Comp	14	19,5	22	23	25	25	25	25,5	26
R8	Peso	75	170	270						
	Comp	13,5	18,5	21						
R9	Peso	85	180	280	345	435	460	490	530	545
	Comp	14	19,5	22	22	25	25	26	26	26
R10	Peso	85	170	275	340	415	460	490	520	525
	Comp	13,5	17,5	21	22	23,5	24	24,5	25	25

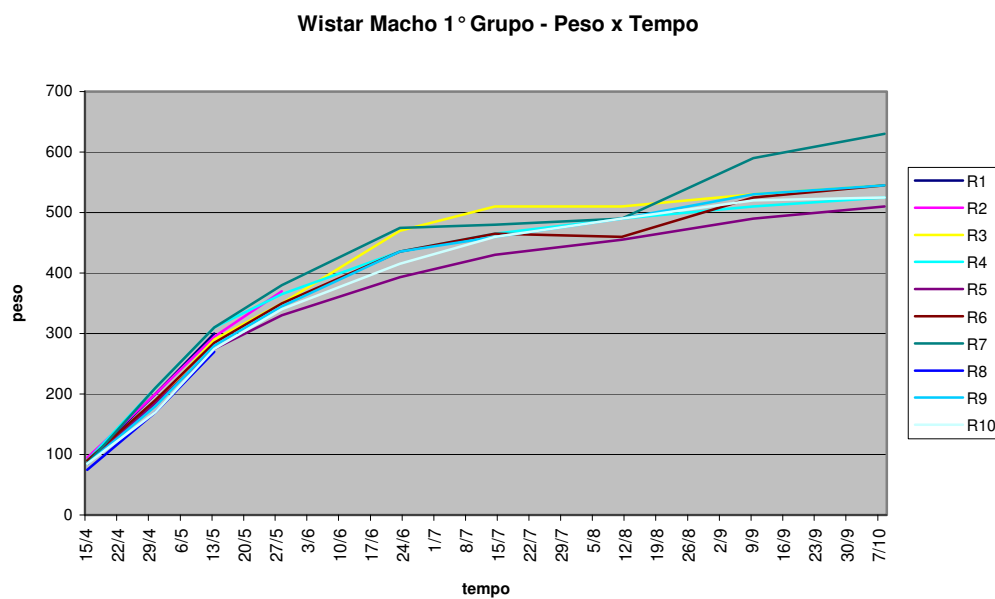


Figura 17 - Representação gráfica do peso dos machos 1º Grupo

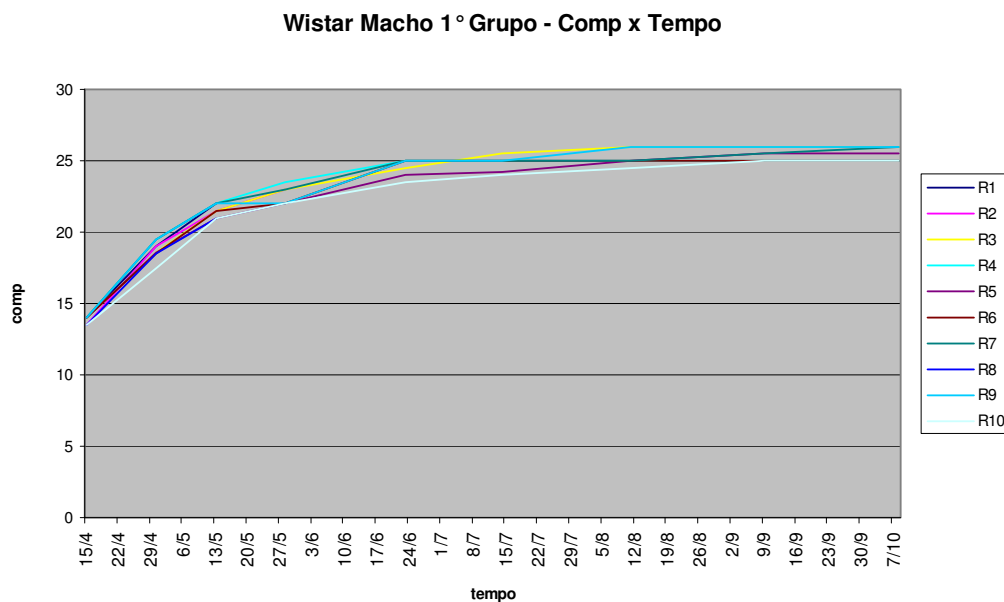


Figura 18 - Representação gráfica do comprimento dos machos 1º Grupo

Quadro 3 - Mensurações do comprimento e peso dos machos 2º Grupo

	Data	30/6	14/7	31/7	13/8	26/8	9/9	8/10
R1	Peso	130	235	365	430	470	510	510
	Comp	16	21	23	24	24,5	25,5	25
R2	Peso	125	240	360	420	455	510	510
	Comp	15,5	20,5	23	24	24,5	25,5	25,5
R3	Peso	130	240	345	405	450	490	520
	Comp	16	20,5	23	24	25	25,5	25
R4	Peso	125	220	345	400	450	490	505
	Comp	16	20	23,5	24	25	25,5	25,5
R5	Peso	120	230	365	440	480	550	560
	Comp	15,5	20	23,5	23,5	24	25	25
R6	Peso	130	225	325	335	355	385	390
	Comp	16	20	22	23,5	24	25	25,5
R7	Peso	135	265	355	410	480	510	560
	Comp	16,5	21	23,5	24,5	25	25	26
R8	Peso	130	230	325	375	420	450	460
	Comp	16	21	23	24	25	25,5	25,5
R9	Peso	135	265	380	435	480	510	505
	Comp	17	21,5	23,5	24,5	25	25	25
R10	Peso	140	285	395	450	520	530	520
	Comp	16,5	21,5	23,5	25	25,5	26	26
R11	Peso	130	235	345	405	450	490	540
	Comp	16,5	20,5	23	24,5	25	25,5	25,5
R12	Peso	130	240	320	350	370	505	490
	Comp	16	20,5	23	24	25	25,5	25,5
R13	Peso	130	240	360	400	470	490	510
	Comp	16	21,5	23,5	25	25,5	25	25
R14	Peso	135	245	360	430	475	560	560
	Comp	16	20,5	23	24	25	25,5	26
R15	Peso	155	285	410	400	490	530	535
	Comp	16,5	21	23,5	25	25	25,5	25,5

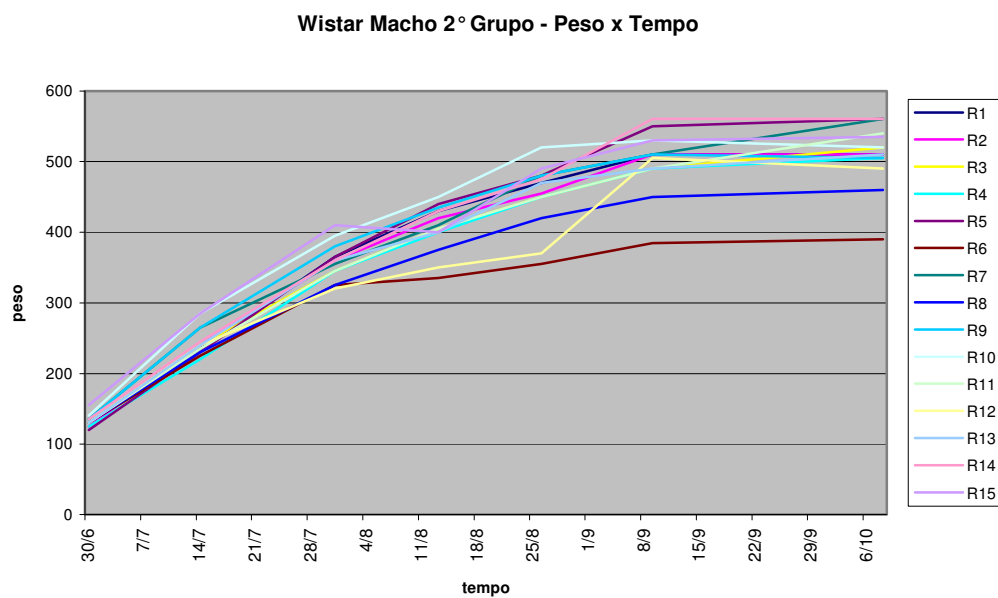


Figura 19 - Representação gráfica do peso dos machos 2º Grupo

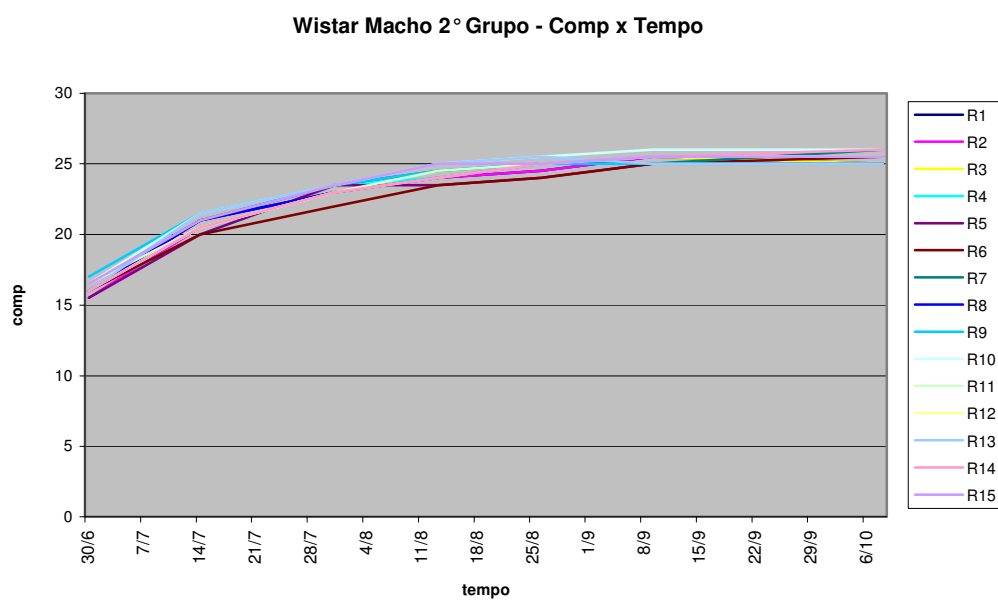


Figura 20 - Representação gráfica do comprimento dos machos 2º Grupo

- Houve uma constância nas medidas de comprimento corpóreo das fêmeas, durante os cortes estudados e o pico de crescimento foi observado nos primeiros meses após o desmame.
- A chance dos machos possuírem maior peso foi de 9 vezes em relação a fêmeas ($p= 0,05$), entre os machos houve alterações significantes, mas no final do crescimento foi praticamente constante com diferença de 3 mm entre todos os animais.
- O parâmetro peso diferencia entre machos e fêmeas, os machos continuaram a ganhar peso enquanto que as fêmeas estabilizaram.
- O ganho maior de peso se deu a partir de dois dias pós-desmame, após um período de adaptação à alimentação sólida. Esta fase se estendeu por 3 meses. Todos os animais da experiência ganharam peso enquanto houve aumento do comprimento e a fase final foi determinada pelo final do crescimento, onde foram observadas perdas ou ganhos de peso e o comprimento constante. A fase “adulta” no sentido de procriação ocorreu antes do final de crescimento do comprimento e peso, por volta de um mês de vida.
- Houve uma correlação alta ($r= 0,86$) entre as alterações das vértebras e crescimento (aumento no comprimento e peso). O comprimento e largura das vértebras C-2 e C-3 dos ratos foram aumentando de acordo com o crescimento.

Análise dos resultados densitométricos:

Como a escala de alumínio de referência não foi radiografada concomitantemente aos animais, fez-se necessária a normalização dos resultados de densidade mineral óssea das vértebras C-2 e C-3 em função da absorptimetria das partes moles adjacentes. Utilizou-se a hipótese de que todos os animais têm a mesma espessura de partes moles na região analisada, e que tais partes moles têm o mesmo coeficiente de absorção de raios X.

5.2 Resultados da densitometria

Tabela 1 - Medidas de Densidade Mineral Óssea e Densidade das partes moles adjacentes (DMO e DPM)

Fase FEMEAS	Animal	Vértebra 2 DMO [mm Al]	Adjac. vértebra 2 DPM [mm Al]	Vértebra 3 DMO [mm Al]	Adjac. vértebra 3 DPM [mm Al]
Inicial	1	1,169	2,109	1,246	2,133
Inicial	2	1,041	2,099	1,472	2,203
Inicial	3	1,311	2,122	0,686	2,489
Inicial	4	1,198	1,602	1,337	1,582
Inicial	5	1,169	2,166	0,745	2,529
Inicial	6	0,872	2,377	0,707	2,377
Inicial	7	0,861	2,475	0,669	2,425
Inicial	8	1,129	1,729	0,963	1,773
Inicial	9	1,206	1,940	1,308	1,967
Inicial	10	1,010	1,918	0,906	2,002
Pico	1	1,300	1,875	0,987	1,892
Pico	2	1,207	1,317	1,080	1,468
Pico	3	1,150	1,242	1,522	1,426
Pico	4	1,158	1,648	0,952	1,839
Pico	5	1,184	1,883	1,020	1,942
Pico	6	1,186	1,864	1,053	1,930
Pico	7	1,041	2,022	1,073	1,989
Pico	8	1,134	1,351	1,042	1,458
Pico	9	1,060	1,663	1,583	1,666
Pico	10	1,090	2,088	0,998	2,201
Final	1	1,255	0,817	1,118	0,803
Final	2	1,282	0,735	1,244	0,751
Final	3	1,241	0,927	1,154	0,954
Final	4	1,366	1,000	1,178	1,010
Final	5	1,256	1,209	1,170	1,327
Final	6	1,139	0,690	0,922	0,723
Final	7	1,013	0,766	0,989	0,801
Final	8	1,127	0,927	1,168	1,004
Final	9	1,166	1,388	1,092	1,482
Final	10	1,189	0,937	1,134	0,962

Tabela 2 - Densidade mineral óssea normalizada em relação à densidade das partes moles adjacentes (DMO / DPM) - Fêmeas

Fase	Animal	Vértebra 2 DMO2 / DPM2	Vértebra 3 DMO3 / DPM3	Vértebras 2 e 3 valor médio DMO/DPM
Inicial	1	0,554	0,584	0,569
Inicial	2	0,496	0,668	0,582
Inicial	3	0,618	0,276	0,447
Inicial	4	0,748	0,845	0,796
Inicial	5	0,540	0,295	0,417
Inicial	6	0,367	0,297	0,332
Inicial	7	0,348	0,276	0,312
Inicial	8	0,653	0,543	0,598
Inicial	9	0,622	0,665	0,643
Inicial	10	0,527	0,453	0,490
		Vértebras 2 e 3	Valor médio geral	0,519
			Desvio-padrão	0,166
Pico	1	0,693	0,522	0,608
Pico	2	0,916	0,736	0,826
Pico	3	0,926	1,067	0,997
Pico	4	0,703	0,518	0,610
Pico	5	0,629	0,525	0,577
Pico	6	0,636	0,546	0,591
Pico	7	0,515	0,539	0,527
Pico	8	0,839	0,715	0,777
Pico	9	0,637	0,950	0,794
Pico	10	0,522	0,453	0,488
		Vértebras 2 e 3	Valor médio geral	0,679
			Desvio-padrão	0,177
Final	1	1,536	1,392	1,464
Final	2	1,744	1,656	1,700
Final	3	1,339	1,210	1,274
Final	4	1,366	1,166	1,266
Final	5	1,039	0,882	0,960
Final	6	1,651	1,275	1,463
Final	7	1,322	1,235	1,279
Final	8	1,216	1,163	1,190
Final	9	0,840	0,737	0,788
Final	10	1,269	1,179	1,224
		Vértebras 2 e 3	Valor médio geral	1,261
			Desvio-padrão	0,265

Tabela 3 - Evolução da DMO normalizada em função do tempo (Fase),
nas fêmeas

Animal	Fase Inicial valor médio Vértebras 2 e 3 DMO/DPM	Fase Pico valor médio Vértebras 2 e 3 DMO/DPM	Fase Final valor médio Vértebras 2 e 3 DMO/DPM
1	0,569	0,608	1,464
2	0,582	0,826	1,700
3	0,447	0,997	1,274
4	0,796	0,610	1,266
5	0,417	0,577	0,960
6	0,332	0,591	1,463
7	0,312	0,527	1,279
8	0,598	0,777	1,190
9	0,643	0,794	0,788
10	0,490	0,488	1,224

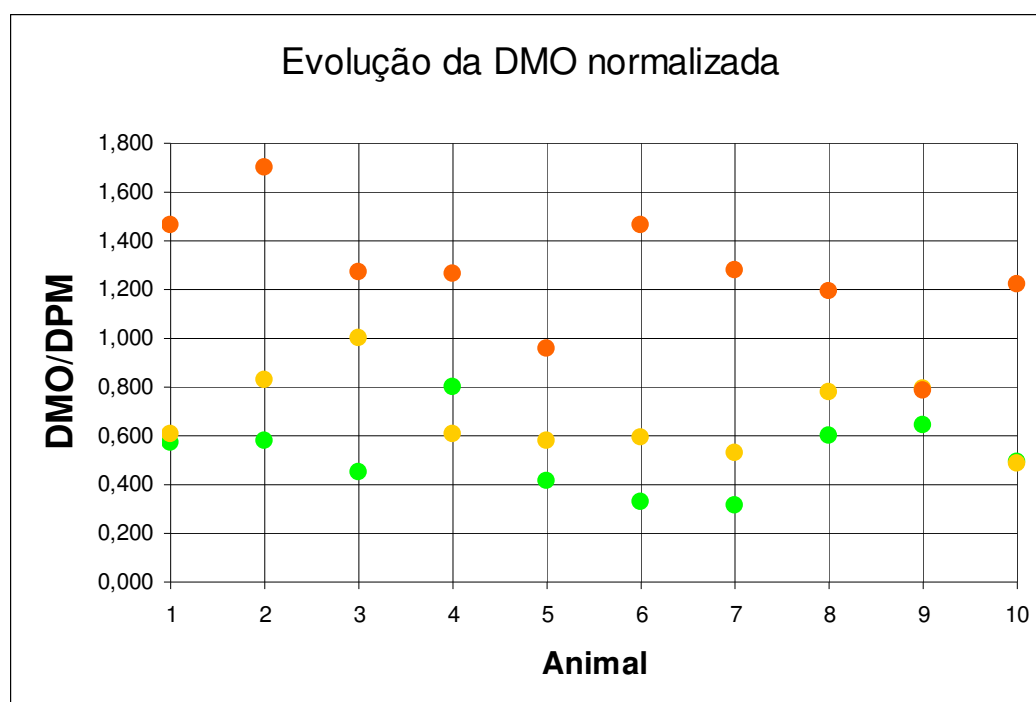


Figura 21 – Representação gráfica da evolução da DMO normalizada

Tabela 4 – Valor médio da DMO normalizada em função do tempo (Fase), todas as fêmeas

Fase	Valor médio geral Todos os animais DMO/DPM	Desvio-padrão
Inicial	0,519	0,166
Pico	0,679	0,177
Final	1,261	0,265



Figura 22 – Representação gráfica da Densidade Mineral Óssea (DMO)

5.3 Resultados das alterações observadas nas vértebras cervicais dos ratos Wistar segundo programa “Radio IMP”

Por meio da análise de variância com medidas repetidas observamos que os grupos apresentam diferenças significantes de comportamento ao longo das avaliações realizadas ($p < 0,001$). Para esses resultados os animais ausentes não apresentaram nenhuma falta de informação ao longo destas avaliações.

GRUPO	Freqüência	Porcentagem
=====		
Fêmeas (F)	10	58.8
Machos (M)	7	41.2

Tabela 5 - GRUPO = Fêmeas

Variável	N	Média	DP	Médio	Mínimo	Máximo
C2V1	10	3,51100	0,21132	3,44000	3,28000	3,90000
C2V2	10	3,95800	0,22513	3,99000	3,52000	4,23000
C2V3	10	5,08800	0,33075	5,19500	4,53000	5,46000
C2V4	10	5,75200	0,18256	5,79000	5,40000	6,01000
C2V5	10	6,28100	0,31275	6,35000	5,59000	6,62000
C2V6	10	7,03300	0,13598	7,02000	6,85000	7,26000
C2V7	10	7,26000	0,12806	7,29000	7,06000	7,44000
C2V8	10	7,25800	0,29907	7,20000	6,89000	7,72000
C2V9	10	7,38500	0,31865	7,39000	6,88000	7,80000

Tabela 6 - GRUPO = Machos

Variável	N	Média	DP	Médio	Mínimo	Máximo
C2V1	7	3,82714	0,21631	3,93000	3,52000	4,03000
C2V2	7	3,90000	0,12662	3,96000	3,73000	4,05000
C2V3	7	5,08429	0,48218	5,13000	4,24000	5,68000
C2V4	7	5,79286	0,34870	5,63000	5,31000	6,30000
C2V5	7	7,10286	0,37682	7,19000	6,56000	7,54000
C2V6	7	7,92571	0,28419	7,98000	7,50000	8,42000
C2V7	7	8,87857	0,59364	8,67000	8,36000	9,93000
C2V8	7	8,85857	0,34768	8,99000	8,25000	9,15000
C2V9	7	9,08571	0,34823	9,21000	8,36000	9,45000

Há variação significativa das medidas nos dois grupos ($p < 0,001$).

Os grupos diferem nos momentos M1, M5, M6, M7, M8, M9 ($p < 0,001$), mas não diferem nos momentos M2 ($p=0,5489$), M3 ($p=0,9852$) e M4 ($p=0,7560$).

O momento M1 difere sig. dos demais momentos no grupo feminino ($p < 0,001$). No grupo masculino o M1 difere dos demais momentos ($p < 0,001$) a menos do momento M2 ($p=0,4811$).

O momento M2 difere sig. dos demais momentos no grupo feminino ($p < 0,001$). No grupo masculino o M2 difere dos demais momentos ($p < 0,001$) a menos do momento M1 ($p=0,4811$).

O momento M3 difere sig. dos demais momentos nos dois grupos ($p < 0,001$).

O momento M4 difere sig. dos demais momentos nos dois grupos ($p < 0,001$).

O momento M5 difere sig. dos demais momentos nos dois grupos ($p < 0,001$).

O momento M6 difere sig. dos demais momentos no grupo Masculino ($p < 0,001$).

No grupo feminino o M6 apresenta diferença sig. dos momentos M1, M2, M3, M4, M5, M7 e M9 ($p < 0,001$) mas não difere do momento M8 ($p=0,0614$).

O momento M7 difere sig. dos momentos M1, M2, M3, M4, M5 e M6 para os dois grupos ($p < 0,001$), mas não difere dos momentos M8 (F: $p=1,000$ e M: $p=0,9508$) e M9 (F: $p=0,3471$ e M: $p=0,5592$) para os dois grupos.

O momento M8 não difere do momento M9 ($p=0,3837$) no grupo Feminino e difere no grupo Masculino ($p=0,0114$).

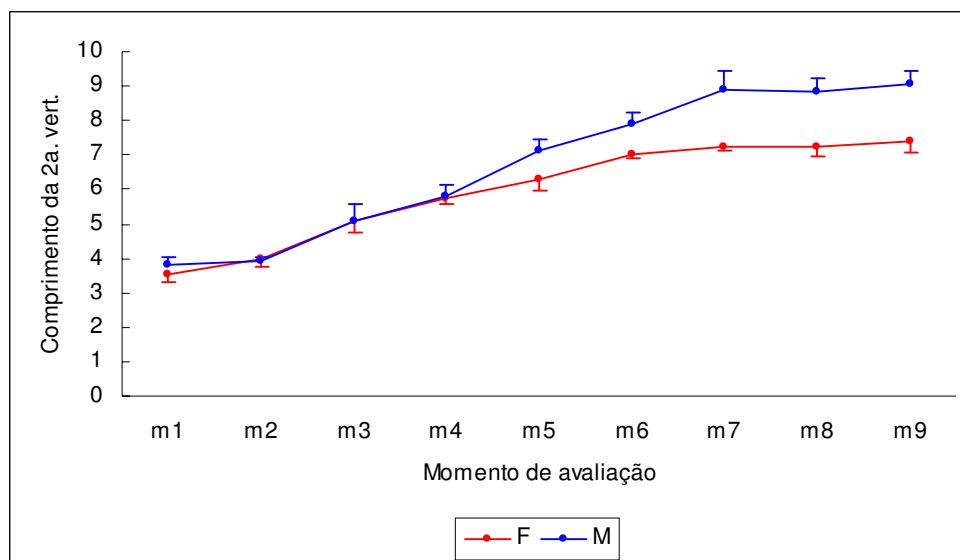


Figura 23 – Representação gráfica da evolução do crescimento das vértebras

Dados da evolução da curva de crescimento e do comportamento da vértebra encontram-se no anexo.

6 DISCUSSÃO

A forma anatômica das vértebras, as quais são formadas por um corpo em forma de disco de espessura variável, permite que elas articulem entre si, mediante apófises articulares. As vértebras têm particularidades próprias, de acordo com o lugar que ocupam na coluna vertebral, sendo classificadas em cervicais, torácicas ou dorsais, lombares, sacrais. São observadas, para a avaliação da maturação, as vértebras cervicais 2^a a 6^a, as quais produzem uma imagem trapezoidal, retangular, quadrada e retangular vertical, dependendo das fases de maturação, além dos eventos como as mudanças nas concavidades das bases inferiores. As imagens radiográficas das vértebras dos ratos mostraram diferenças nas fases conforme sua evolução com a idade. Entretanto, as medidas da largura tiveram oscilações consideráveis conforme a posição, na qual foram radiografadas. Mesmo com a padronização do posicionamento, um mínimo de giro ou inclinação da cabeça do animal em relação ao corpo pode ter causado diferenças na mensuração das larguras das vértebras cervicais, causando diferenças nos resultados. Esse evento ocorreu em algumas das medidas das vértebras cervicais dos ratos, em que num dado momento a vértebra da fase anterior apresentou maior largura que na fase seguinte. Isto pode ser creditado também ao erro na demarcação dos pontos para a análise. A preocupação no posicionamento do paciente não deve ser somente com relação à cabeça, mas com o posicionamento postural, para se obter imagens perpendiculares das vértebras em relação aos raios X. Este estudo sugere que, dentre as articulações das vértebras cervicais

estudadas, deve-se observar também o axis (primeira vértebra cervical) devido a sua relação com o movimento articular.

A análise das vértebras enfrenta algumas dificuldades na interpretação como cita Horliana¹⁴ em 1995, cuja análise mostra aumento da concavidade das vértebras de seres humanos conforme a maturação óssea, porém, falta de confiabilidade nas fases descendentes da maturação. Esta afirmação leva a deixar uma hipótese na análise quanto ao problema estatural: se o ser humano tem um número constante de vértebras entre 33 a 34 e se considerar que existe uma proporcionalidade entre estatura e formato das vértebras, o indivíduo adulto com estatura menor teria uma vértebra com imagem mais quadrada que a imagem da vértebra de um indivíduo com maior estatura retangular vertical (figura 24).



Figura 24 - Indivíduo de 41 anos com 1,90 m e indivíduo de 41 anos com 1,56 m respectivamente

Na análise visual do presente estudo, aumentos das concavidades na borda inferior também foram observados nas vértebras dos animais. As medidas do comprimento das vértebras C-2 e C-3 foram aumentando de acordo com o crescimento corpóreo nos animais. Porém, diferentemente do que se esperaria em seres humanos, não foram notadas diferenças entre os ratos no que diz respeito ao comprimento equivalente à altura das vértebras, o que deve ser decorrente de uma paridade no crescimento dos animais. A mesma linhagem, mesma alimentação e meio ambiente, são fatores que influenciaram padrão de crescimento nos animais, até atingir uma estabilidade no período final de observação.

Esta paridade tanto nos machos e nas fêmeas foi uma constante, não acontecendo o mesmo com o variável peso, principalmente nos machos, que mostraram diferenças significantes. Essa diferença no peso deve-se ao acúmulo de gordura nos machos. O comprimento e peso das fêmeas foram significantemente menores que os machos, mesmo com a mesma alimentação. Decorrente da falta de padronização em seres humanos deve haver maior dificuldade na interpretação da análise das vértebras cervicais no aspecto visual do que acontece em estudos com ratos.

Segundo Hassel e Farman¹³ em 1995, os indicadores de maturação das vértebras são baseados nas alterações morfológicas e no início do desenvolvimento das concavidades nas bordas inferiores. Alterações morfológicas observadas na radiografia digital das vértebras cervicais em ratos evidenciam a confiabilidade e uma correlação forte com a idade cronológica, bem semelhante a dos humanos, preservando aspectos individuais. A amostra padronizada pode ter influenciado no crescimento causando essa impressão. Nesse caso sugere-se um novo estudo reprodutivo com alimentação e ambientes diferentes para observação.

Tavano et al.²³ em 1982 afirmou que o crescimento ósseo é fundamental no desenvolvimento humano e é responsável pelo desenvolvimento da estatura, justificando a importância do uso da idade óssea e considerando como verdadeiro registro da idade biológica em estudos do crescimento e desenvolvimento.

Foram observadas em ratos alterações morfológicas das duas vértebras cervicais (C-2; C-3) na largura e do comprimento, assim como na avaliação da altura das vértebras vista em humanos. O desenvolvimento do comprimento das vértebras foi notado durante todo período de crescimento nos animais da amostragem independente do sexo, o que difere do presente estudo.

Em 1988, O'Reilly e Yanniello¹⁸ avaliaram a maturação das vértebras cervicais em radiografias cefalométricas laterais anuais de indivíduos do sexo feminino, na faixa etária dos 9 aos 15 anos, utilizaram o método de Hassel e Farman para analisar as vértebras, e mensuraram o comprimento e corpo mandibular e altura dos ramos da mandíbula. Encontram correlações entre o desenvolvimento mandibular e estágios de maturação das vértebras. Assim como nesse estudo, em animais foram observadas as alterações nas vértebras e crescimento corpóreo, havendo correlação dos resultados. O crescimento mandibular nos ratos, entretanto, também pode ser estudado para comparação.

Num estudo sobre a estatura e o comprimento mandibular relacionados com a maturação das vértebras Baccetti et al.⁴ em 2005, observaram incrementos significantes durante o crescimento e mostraram que a análise da maturação das vértebras cervicais é um método apropriado para a avaliação da maturidade óssea mandibular dos indivíduos pela análise da radiografia cefalométrica lateral. Essa relação da estatura nos humanos equivale ao comprimento nos animais, havendo alterações no comprimento das vértebras conforme o aumento do comprimento dos animais. Neste trabalho foi observada uma relação no

aumento do comprimento das vértebras em relação ao comprimento corpóreo tanto nos machos como nas fêmeas, e não foram observados problemas no comprimento por se tratar de animais da mesma linhagem. Acredita-se possivelmente que em ratos a mandíbula também tenha suas proporções aumentadas durante o crescimento, mas novos estudos serão necessários para esta comparação.

Em relação à densidade óssea das vértebras C-2 e C-3, não existem estudos prévios semelhantes com que se possam estabelecer uma comparação.

Os estudos de Watanabe et al.²⁵ em 2008 descrevem a importância da avaliação da densidade óssea principalmente em mulheres na terceira idade devido a osteoporose. O estudo da densidade em animais sugere que a densidade óssea pode indicar a maturidade. A alteração da densidade observada conforme o crescimento pode ser um parâmetro de avaliação da idade ou desenvolvimento ósseo, ou mesmo idade biológica.

Deve-se fazer a aplicação dessa técnica com novos experimentos para avaliação da densidade do osso, com importância para movimentação dos dentes na Ortodontia e colocação de implante na Odontologia.

7 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos na análise da amostra e a metodologia empregada neste trabalho, concluímos que:

a) Há alterações na anatomia das vértebras conforme dados estatísticos referentes à mensuração das medidas transversais e comprimento de acordo com o crescimento dos animais, nas fases: inicial, pico de crescimento e final, essas alterações pode ser considerado um parâmetro para avaliar a maturação. Por meio da variação da densidade óptica é possível estimar o estágio do desenvolvimento em que se encontra o animal.

b) As curvas de crescimento indicam a presença de fases de maior velocidade após desmame. Os dados dos gráficos evidenciaram pelo menos três fases de crescimento: 1. Primeiro crescimento: não estudado, mas que se refere aos animais recém nascidos cuja alimentação é o leite materno; 2. A segunda fase é em seguida a adaptação à alimentação sólida dando um incremento muito grande; 3. A terceira fase considerada é de pós crescimento em comprimento, partindo apenas para ganho de peso.

c) Foi observado na análise visual das vértebras cervicais um crescimento no comprimento, discreto aumento nas medidas transversais e aumento contínuo das concavidades. Não foi possível identificar seis estágios com clareza como os estudos das vértebras cervicais em humano.

d) O estudo comparativo entre ratos macho e fêmea evidenciou diferenças de comportamento das variáveis que evidenciam crescimento. Nas fêmeas, o crescimento cessou mais cedo, prevalecendo um padrão menor que nos machos. Quanto ao peso, a variável maior foi

nos machos. No estudo das vértebras foram consideradas significantes as diferenças observadas entre machos e fêmeas.

Os parâmetros estudados servem para estimar a idade biológica nos ratos Wistar, segundo a metodologia aplicada.

8 REFERÊNCIAS*

- 1 Aguilá JF, Berdasco A. Puberdade e maturação biológica. In: Aguilá JF. Crescimento craniofacial. São Paulo: 1997. p. 46-84.
- 2 Armond MC. Estimativa do surto de crescimento puberal pela avaliação das vértebras cervicais em radiografias cefalométricas laterais [dissertação]. São José dos Campos: Faculdade de Odontologia de São José dos Campos (SP): Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP; 2000.
- 3 Baccetti T, Franchi L, McNamara Jr JA. The cervical vertebral maturation method: some need for clarification. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2002;122(1):18A-9A.
- 4 Baccetti T, Franchi L, McNamara Jr JA. The cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of optimal treatment timing in dentofacial orthopedics. Semin Orthod. 2005 Sep;11:119-29.
- 5 Camargo GTL, Cunha TGE. Estudo do sincronismo entre o índice de maturação das vértebras cervicais, idade dentária e idade carpal com a idade cronológica. Sotau R virtual Odontol. 2007; 2:2-7.
- 6 Farris EJ, Griffith Jr JQ. The Rat. In: Laboratory Investigation 2nd ed. Philadelphia (EUA): J.B Lippincott Company; 1949.
- 7 Fishman LS. Radiographic evaluation of skeletal maturation: a clinically oriented method based on hand-wrist films. Angle Orthod. 1982; 52(2): 88-112.

* Baseado em:
International Comité of Medical Journal Editors. Bibliographic Services Division. Uniform Requirements for manuscript submitted to biomedical journals: simple referents [homepage na Internet]. Bethesda: US National Library; c2003 [disponibilidade em 2006 fev; citado em 20 mar.]
Disponível em: http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html

- 8 Franchi L, Baccetti T, McNamara Jr JA. Mandibular growth as related to cervical vertebral maturation and body height. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000;118(3):335-40.
- 9 Grave B, Brown T, Townsend G. Comparison of cervicovertebral dimensions in Australian aborigenes and caucasians. *Eur J Orthodontics.* 1999; 21(2):127-35.
- 10 Greulich WW, Pyle SI. Radiographic atlas as skeletal development of the hand and wrist. Stanford: University Press; 1949.
- 11 Greulich WW, Pyle SI. Radiographic atlas of skeletal development of hand and wrist 2nd ed. California: Stanford University; 1959.
- 12 Hägg U, Taranger J. Menarche and voice change as indicators of the pubertal growth spurt. *Acta Odontol Scand.* 1980;38(3):179-86.
- 13 Hassel B, Farman AG. Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1995; 107(1): 58-66.
- 14 Horliana RF. Estudo da relação entre os estágios de maturidade óssea avaliados em radiografias de mão e punho e das vértebras cervicais em telerradiografias em norma lateral [tese]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo (SP): Universidade de São Paulo - USP; 2005.
- 15 Linden FP van der. Crescimento e Ortopedia Facial. Rio de Janeiro: Quintessence; 1990.
- 16 McNamara Jr JA, Brudon WL. Tratamiento ortodóncico y ortopédico em la dentición mixta. 2 ed. Michigan: Needham; 1995.
- 17 Moraes MEL, Médici Filho E, Moraes LC. Surto de crescimento puberal: relação entre mineralização dentária, idade cronológica, idade dentária e idade óssea: método radiográfico. *Rev Odontol UNESP,* São Paulo, 1998; 27(1): 111-29.

- 18 O'Reilly MT, Yanniello GJ. Mandibular growth changes and maturation of cervical vertebrae – a longitudinal cephalometric study. *Angle Orthod.* 1988; 58(2): 179-84.
- 19 Paiva GAN, Barbosa RS, Ferreira EEM, Carvalho PEG, Ferreira RI. Avaliação radiográfica das vértebras cervicais como método para estimativa da maturidade esquelética. *Cienc Odontol Bras.* 2007; 10(1): 54-63.
- 20 Santos CBN, Almeida RR, Henriques JFC, Bertoz FA, Almeida RR. Avaliação de um método de determinação do estágio de maturação esquelética utilizando as vértebras cervicais presentes nas telerradiografias em norma lateral. *Rev Dent Press Ortodon Ortopedi Fac.* 1998; 3(3): 67-77.
- 21 Santos CBN, Almeida RR. Estudo comparativo de dois métodos de avaliação da idade esquelética utilizando telerradiografias em norma lateral e radiografias carpais. *Ortodontia.* 1999; 32(2): 33-45.
- 22 Schusterchitz T. Haiter NF. Estudo comparativo entre maturação das vértebras cervicais e a região carpal. *Ortodontia.* 2002; 35:33-42.
- 23 Tavano O, Freitas JAS, Lopes ES. Greulich & Pyle e Tanner & Whitehouse: Comparação entre duas tabelas de avaliação de idade biológica através do desenvolvimento ósseo. *Clin Pediatr.* 1982; 5(6):7-21.
- 24 Ursi WJS. Crescimento das alterações mandibulares dos 6 aos 18 anos de idade. *Rev Ortod.* 1996; 29(1): 4-12.
- 25 Watanabe PCA, Bóscolo FN, Nishioka RS, Shitomi CIH, Menezes WMM. Avaliação da densidade mineral óssea na maxila e mandíbula utilizando-se radiografias periapicais. *Rev. ABRO* 2008; 9(1): 52-60.

ANEXO

Certificado de ética em pesquisa envolvendo animais



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
 Av. Eng. Francisco José Lourenço, 777 - Jd. São Dámas
 CEP 12201-970 - F. (12) 3947-9028 / 9037
 Fax (12) 3947-9010 / odontologia@foc.usp.br / Quodres@foc.usp.br



CERTIFICADO
Comitê de Ética em Pesquisa
Envolvendo Animais

CERTIFICAMOS, que o protocolo nº **046/2007-PA/CEP**,
 sobre **"Avaliação anatômica das vértebras cervicais em ratos wistar**
por meio de radiografias digitais e sua correlação com os estágios
da maturação das vértebras cervicais(CVM) em humanos" sob
 responsabilidade de **ROBERTO HIROSHI MATSUI** está de acordo com
 os Princípios Éticos na Experimentação Animal adotado pelo Colégio
 Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA) e foi aprovado pelo
 Comitê de Ética em Pesquisa.

São José dos Campos, 20 de novembro de 2007.

Prof. Dra. ADRIANA AIGOTTI HABERBECK BRANDÃO
Coordenadora do CEP/ANIMAIS/FOSJC

APÊNDICE

Tabela 7 - Evolução do comprimento das fêmeas

Ratos Wistar fêmea - COMPRIMENTO									
	15/4	30/4	13/5	28/5	23/6	14/7	11/8	09/9	08/10
R1	13,5	17	19	19,5	21,5	21,5	21,5	22	22
R2	13,5	16	18,5	20	21,5	21,5	22	22	22,5
R3	13,8	16,5	19	19,5	21	21	21,5	21,5	22
R4	14	17	18,5	20	22	21,5	22	22	22
R5	13,7	16,5	19	19,5	21,5	21,5	22	22	22,5
R6	13	17,3	19	20	21	21	22	22	22,5
R7	13,5	17	19,5	20	21	21	21,5	22	22
R8	13,5	17,5	20	21	21	21,5	21,5	22	21,5
R9	14	17,5	19,5	20	21,5	21,5	22	22,5	22
R10	13	16,5	19	19,5	20,5	21	21,5	22	21,5

Tabela 8 - Evolução do peso das fêmeas

Ratos Wistar fêmea - PESO									
	15/4	30/4	13/5	28/5	23/6	14/7	11/8	09/9	08/10
R1	90	150	205	230	265	275	285	335	330
R2	75	145	205	230	265	270	270	330	325
R3	80	140	190	210	255	255	270	275	280
R4	90	150	210	250	295	293	295	345	330
R5	85	159	205	240	275	280	285	295	300
R6	90	150	205	225	260	275	285	305	305
R7	90	155	205	235	275	280	290	330	320
R8	95	165	210	245	295	300	280	330	340
R9	90	165	220	250	290	295	315	330	335
R10	90	155	210	235	257	275	280	300	305

Tabela 9 - Evolução do comprimento dos machos 1º Grupo

Ratos Wistar macho 1º Grupo- COMPRIMENTO									
	15/4	30/4	13/5	28/5	23/6	14/7	11/8	9/9	8/10
R1	14	19	22						
R2	13,5	19	21,5	23					
R3	14	18,6	21,5	23	24,5	25,5	26	26	26
R4	14	19,5	22	23,5	25	25	25	25	25
R5	14	18,6	21	22	24	24,2	25	25,5	25,5
R6	14	18,5	21,5	22	25	25	25	25	25
R7	14	19,5	22	23	25	25	25	25,5	26
R8	13,5	18,5	21						
R9	14	19,5	22	22	25	25	26	26	26
R10	13,5	17,5	21	22	23,5	24	24,5	25	25

Tabela 10 - Evolução do peso dos machos 1º Grupo

Ratos Wistar macho 1º Grupo- PESO									
	15/4	30/4	13/5	28/5	23/6	14/7	11/8	9/9	8/10
R1	90	200	300						
R2	95	200	295	370					
R3	90	185	290	350	470	510	510	530	545
R4	90	210	310	365	435	465	490	510	525
R5	85	185	275	330	393	430	455	490	510
R6	90	190	285	350	435	465	460	525	545
R7	85	210	310	380	475	480	490	590	630
R8	75	170	270						
R9	85	180	280	345	435	460	490	530	545
R10	85	170	275	340	415	460	490	520	525

Tabela 11 - Evolução do comprimento dos machos 2º Grupo

Ratos Wistar macho 2º Grupo – COMPRIMENTO							
	30/6	14/7	31/7	13/8	26/8	9/9	8/10
R1	16	21	23	24	24,5	25,5	25
R2	15,5	20,5	23	24	24,5	25,5	25,5
R3	16	20,5	23	24	25	25,5	25
R4	16	20	23,5	24	25	25,5	25,5
R5	15,5	20	23,5	23,5	24	25	25
R6	16	20	22	23,5	24	25	25,5
R7	16,5	21	23,5	24,5	25	25	26
R8	16	21	23	24	25	25,5	25,5
R9	17	21,5	23,5	24,5	25	25	25
R10	16,5	21,5	23,5	25	25,5	26	26
R11	16,5	20,5	23	24,5	25	25,5	25,5
R12	16	20,5	23	24	25	25,5	25,5
R13	16	21,5	23,5	25	25,5	25	25
R14	16	20,5	23	24	25	25,5	26
R15	16,5	21	23,5	25	25	25,5	25,5

Tabela 12 - Evolução do peso dos machos 2º Grupo

Ratos Wistar Macho 2º Grupo – PESO							
	30/6	14/7	31/7	13/8	26/8	9/9	8/10
R1	130	235	365	430	470	510	510
R2	125	240	360	420	455	510	510
R3	130	240	345	405	450	490	520
R4	125	220	345	400	450	490	505
R5	120	230	365	440	480	550	560
R6	130	225	325	335	355	385	390
R7	135	265	355	410	480	510	560
R8	130	230	325	375	420	450	460
R9	135	265	380	435	480	510	505
R10	140	285	395	450	520	530	520
R11	130	235	345	405	450	490	540
R12	130	240	320	350	370	505	490
R13	130	240	360	400	470	490	510
R14	135	245	360	430	475	560	560
R15	155	285	410	400	490	530	535

Tabela 13 - Medidas da 2ª e 3ª vértebras cervicais dos machos 1º grupo
1ª medição (1ªM)

1ª M	comp. 2ªv	larg. 2ªv	área 2ªv	comp. 3ªv	larg. 3ªv	área 3ªv	méd. áreas
R1	4,03	3,71	14,95	3,78	3,47	13,12	14,03
R2	3,52	3,79	13,34	3,01	3,63	10,93	12,13
R3	3,76	3,71	13,95	3,78	3,08	11,64	12,80
R4	3,93	3,25	12,77	3,20	3,38	10,82	11,79
R5	4,03	4,09	16,48	3,46	3,97	13,74	15,11
R6	3,56	3,71	13,21	3,24	3,52	11,40	12,31
R7	3,96	3,72	14,73	3,00	3,03	9,09	11,91
R8	3,51	3,72	13,06	3,36	3,21	10,79	11,92
R9	3,31	3,92	12,98	4,19	3,21	13,45	13,21
R10	3,66	3,07	11,24	3,34	3,57	11,92	11,58

* Comp. e larg = mm, média das áreas = mm²

Tabela 14 - Medidas da 2ª e 3ª vértebras cervicais dos machos 1º grupo
2ª medição (2ªM)

2ª M	comp. 2ªv	larg. 2ªv	área 2ªv	comp. 3ªv	larg. 3ªv	área 3ªv	méd. áreas
R1	3,77	3,79	14,29	3,61	3,81	13,75	14,02
R2	3,99	3,31	13,21	3,91	3,95	15,44	14,33
R3	4,05	3,80	15,39	4,09	3,82	15,62	15,51
R4	3,99	4,20	16,76	3,91	3,72	14,55	15,65
R5	3,96	3,45	13,66	4,44	3,86	17,14	15,40
R6	3,73	3,66	13,65	4,09	3,39	13,87	13,76
R7	3,81	3,41	12,99	4,20	4,19	17,60	15,30
R8	3,53	4,20	14,83	4,21	3,57	15,03	14,93
R9	3,71	4,34	16,10	3,61	3,46	12,49	14,30
R10	3,93	3,90	15,33	3,92	3,95	15,48	15,41

Tabela 15 - Medidas da 2ª e 3ª vértebras cervicais dos machos 1º grupo
3ª medição (3ªM)

3ª M	comp. 2ªv	larg. 2ªv	área 2ªv	comp. 3ªv	larg. 3ªv	área 3ªv	méd. áreas
R1	4,24	4,75	20,14	4,24	3,79	16,07	18,10
R2	4,83	4,00	19,32	4,69	4,42	20,73	20,02
R3	4,88	4,75	23,18	5,87	4,07	23,89	23,54
R4	5,41	4,30	23,26	5,86	4,25	24,91	24,08
R5	5,13	4,88	25,03	4,64	4,36	20,23	22,63
R6	5,42	4,64	25,15	5,77	4,61	26,60	25,87
R7	5,68	4,81	27,32	5,70	4,60	26,22	26,77
R8	5,01	4,89	24,50	5,58	4,75	26,51	25,50
R9	4,86	5,40	26,24	4,86	4,56	22,16	24,20
R10	5,59	4,93	27,56	5,54	4,30	23,82	25,69

Tabela 16 - Medidas da 2ª e 3ª vértebras cervicais dos machos 1º grupo
4ª medição (4ªM)

4ª M	comp. 2ªv	larg. 2ªv	área 2ªv	comp. 3ªv	larg. 3ªv	área 3ªv	méd. áreas
R1	5,61	4,87	27,32	6,13	4,86	29,79	28,56
R2	5,60	4,76	26,66	4,89	4,95	24,21	25,43
R3	6,12	5,24	32,07	6,00	4,77	28,62	30,34
R4	6,30	4,90	30,87	6,99	4,95	34,60	32,74
R5	5,63	4,83	27,19	4,34	4,49	19,49	23,34
R6	5,98	5,20	31,10	6,73	5,05	33,99	32,54
R7	5,31	4,99	26,50	4,21	4,39	18,48	22,49
R8							
R9							
R10							

Tabela 17 - Medidas da 2ª e 3ª vértebras cervicais dos machos 1º grupo
5ª medição (5ªM)

5ª M	comp. 2ªv	larg. 2ªv	área 2ªv	comp. 3ªv	larg. 3ªv	área 3ªv	méd. áreas
R1	7,19	5,11	36,74	7,79	5,24	40,82	38,78
R2	7,15	5,42	38,75	7,16	4,68	33,51	36,13
R3	7,23	4,64	33,55	8,88	5,40	47,95	40,75
R4	6,56	5,50	36,08	7,82	5,80	45,36	40,72
R5	7,43	4,70	34,92	7,94	4,99	39,62	37,27
R6	7,54	5,49	41,39	6,69	5,58	37,33	39,36
R7	6,62	4,79	31,71	7,12	4,68	33,32	32,52
R8							
R9							
R10							

Tabela 18 - Medidas da 2ª e 3ª vértebras cervicais dos machos 1º grupo
6ª medição (6ªM)

6ª M	comp. 2ªv	larg. 2ªv	área 2ªv	comp. 3ªv	larg. 3ªv	área 3ªv	méd. áreas
R1	7,50	5,33	39,98	6,90	5,83	40,23	40,10
R2	7,89	4,91	38,74	8,34	5,31	44,29	41,51
R3	7,99	5,03	40,19	7,80	5,84	45,55	42,87
R4	7,99	5,03	40,19	7,80	5,84	45,55	42,87
R5	7,98	5,22	41,66	8,23	5,53	45,51	43,58
R6	8,42	5,25	44,21	8,30	5,39	44,74	44,47
R7	7,71	5,31	40,94	8,22	3,25	26,72	33,83
R8							
R9							
R10							

Tabela 19 - Medidas da 2ª e 3ª vértebras cervicais dos machos 1º grupo
7ª medição (7ªM)

7ª M	comp. 2ªv	larg. 2ªv	área 2ªv	comp. 3ªv	larg. 3ªv	área 3ªv	méd. áreas
R1	9,45	5,78	54,62	9,73	5,75	55,95	55,28
R2	8,82	5,45	48,07	9,25	5,39	49,86	48,96
R3	8,67	5,93	51,41	9,00	5,52	49,68	50,55
R4	8,36	5,83	48,74	7,95	5,64	44,84	46,79
R5	8,37	5,22	43,69	9,57	5,24	50,15	46,92
R6	9,93	5,31	52,73	9,91	5,71	56,59	54,66
R7	8,55	5,13	43,86	8,89	5,32	47,29	45,58
R8							
R9							
R10							

Tabela 20 - Medidas da 2ª e 3ª vértebras cervicais dos machos 1º grupo
8ª medição (8ªM)

8ª M	comp. 2ªv	larg. 2ªv	área 2ªv	comp. 3ªv	larg. 3ªv	área 3ªv	méd. áreas
R1	9,15	5,60	51,24	8,56	5,85	50,08	50,66
R2	8,99	4,78	42,97	8,59	5,84	50,17	46,57
R3	8,96	4,97	44,53	9,07	5,22	47,35	45,94
R4	9,13	5,25	47,93	8,32	5,43	45,18	46,56
R5	9,04	4,89	44,21	9,24	5,23	48,33	46,27
R6	8,25	5,36	44,22	8,65	5,11	44,20	44,21
R7	8,49	5,51	46,78	9,21	5,33	49,09	47,93
R8							
R9							
R10							

Tabela 21 - Medidas da 2ª e 3ª vértebras cervicais dos machos 1º grupo
9ª medição (9ªM)

9ª M	comp. 2ªv	larg. 2ªv	área 2ªv	comp. 3ªv	larg. 3ªv	área 3ªv	méd. áreas
R1	9,23	5,34	49,29	9,65	5,44	52,50	50,89
R2	9,13	5,77	52,68	8,90	5,40	48,06	50,37
R3	9,21	5,48	50,47	8,20	5,29	43,38	46,92
R4	9,23	5,48	50,58	8,57	5,18	44,39	47,49
R5	9,45	5,52	52,16	9,08	5,11	46,40	49,28
R6	8,36	5,97	49,91	8,46	5,50	46,53	48,22
R7	8,99	5,51	49,53	9,99	5,01	50,05	49,79
R8							
R9							
R10							

Tabela 22 - Medidas da 2ª e 3ª vértebras cervicais dos machos 2º grupo
1ª medição (1ªM2)

1ª M2	comp. 2ªv	larg. 2ªv	área 2ªv	comp. 3ªv	larg. 3ªv	área 3ªv	méd. áreas
R1	4,36	4,28	18,66	4,20	4,28	17,98	18,32
R2	3,71	3,02	11,20	3,49	3,02	10,54	10,87
R3	4,42	4,99	22,06	4,21	4,22	17,77	19,91
R4	4,73	3,94	18,64	4,30	4,35	18,71	18,67
R5	4,35	3,28	14,27	3,57	3,72	13,28	13,77
R6	3,85	3,70	14,25	4,03	3,87	15,60	14,92
R7	3,97	3,53	14,01	4,19	3,17	13,28	13,65
R8	4,64	4,89	22,69	4,06	3,66	14,86	18,77
R9	4,37	4,44	19,40	3,97	4,11	16,32	17,86
R10	4,54	4,36	19,79	4,43	3,89	17,23	18,51
R11	4,05	4,56	18,47	4,24	4,36	18,49	18,48
R12	4,35	4,30	18,71	4,31	4,30	18,53	18,62
R13	4,60	4,18	19,23	4,40	4,16	18,30	18,77
R14	4,37	4,49	19,62	5,20	4,19	21,79	20,70
R15	5,20	3,41	17,73	3,64	4,51	16,42	17,07

Tabela 23 - Medidas da 2ª e 3ª vértebras cervicais dos machos 2º grupo
2ª medição (2ªM2)

2ª M2	comp. 2ªv	larg. 2ªv	área 2ªv	comp. 3ªv	larg. 3ªv	área 3ªv	méd. áreas
R1	4,73	4,94	23,37	4,93	4,11	20,26	21,81
R2	4,81	4,67	22,46	5,47	4,52	24,72	23,59
R3	5,39	4,85	26,14	5,89	4,37	25,74	25,94
R4	5,76	4,33	24,94	5,32	4,43	23,57	24,25
R5	4,95	4,32	21,38	4,30	4,98	21,41	21,40
R6	5,34	4,73	25,26	5,03	4,56	22,94	24,10
R7	5,24	4,79	25,10	5,51	4,51	24,85	24,97
R8	5,32	4,70	25,00	6,07	4,38	26,59	25,80
R9	5,58	5,21	29,07	5,87	4,35	25,53	27,30
R10	4,96	4,99	24,75	5,61	4,09	22,94	23,85
R11	5,20	5,60	29,12	5,70	4,50	25,65	27,39
R12	5,13	4,13	21,19	5,62	4,48	25,18	23,18
R13	5,20	4,61	23,97	5,45	4,61	25,12	24,55
R14	5,29	4,29	22,69	5,62	5,43	30,52	26,61
R15	5,13	4,80	24,62	5,50	4,89	26,90	25,76

Tabela 24 - Medidas da 2ª e 3ª vértebras cervicais dos machos 2º grupo
3ª medição (3ªM2)

3ª M2	comp. 2ªv	larg. 2ªv	área 2ªv	comp. 3ªv	larg. 3ªv	área 3ªv	méd. áreas
R1	6,40	4,91	31,42	6,26	5,05	31,61	31,52
R2	5,48	4,51	24,71	7,23	4,81	34,78	29,75
R3	6,93	4,78	33,13	6,48	4,98	32,27	32,70
R4	5,88	5,77	33,93	6,79	4,69	31,85	32,89
R5	6,12	4,59	28,09	6,77	4,21	28,50	28,30
R6	6,90	5,32	36,71	7,38	5,41	39,93	38,32
R7	6,50	4,99	32,44	7,50	5,40	40,50	36,47
R8	6,51	4,62	30,08	7,05	4,90	34,55	32,31
R9	6,30	5,78	36,41	6,85	5,60	38,36	37,39
R10	6,17	5,27	32,52	7,44	5,44	40,47	36,49
R11	6,53	5,25	34,28	6,73	5,28	35,53	34,91
R12	6,68	5,34	35,67	6,47	5,12	33,13	34,40
R13	6,67	6,07	40,49	6,26	5,19	32,49	36,49
R14	5,56	5,30	29,47	6,06	5,18	31,39	30,43
R15	7,07	4,84	34,22	6,59	4,97	32,75	33,49

Tabela 25 - Medidas da 2ª e 3ª vértebras cervicais dos machos 2º grupo
4ª medição (4ªM2)

4ª M2	comp. 2ªv	larg. 2ªv	área 2ªv	comp. 3ªv	larg. 3ªv	área 3ªv	méd. áreas
R1	7,15	5,64	40,33	8,06	5,40	43,52	41,93
R2	7,05	5,92	41,74	7,92	5,44	43,08	42,41
R3	8,13	6,26	50,89	7,32	4,85	35,50	43,20
R4	7,13	5,81	41,43	8,23	5,23	43,04	42,23
R5	8,00	5,73	45,84	8,09	5,44	44,01	44,92
R6	7,13	5,21	37,15	7,52	5,67	42,64	39,89
R7	8,15	5,59	45,56	8,08	5,30	42,82	44,19
R8	7,07	4,86	34,36	7,30	5,22	38,11	36,23
R9	7,71	5,58	43,02	7,96	5,14	40,91	41,97
R10	6,55	5,75	37,66	7,85	5,65	44,35	41,01
R11	7,63	5,51	42,04	8,15	5,93	48,33	45,19
R12	7,95	5,67	45,08	8,01	5,30	42,45	43,76
R13	7,42	6,22	46,15	7,36	5,34	39,30	42,73
R14	8,52	5,32	45,33	8,40	5,32	44,69	45,01
R15	8,40	5,47	45,95	8,69	5,55	48,23	47,09

Tabela 26 - Medidas da 2ª e 3ª vértebras cervicais dos machos 2º grupo
5ª medição (5ªM2)

5ª M2	comp. 2ªv	larg. 2ªv	área 2ªv	comp. 3ªv	larg. 3ªv	área 3ªv	méd. áreas
R1	8,35	5,76	48,10	8,87	5,24	46,48	47,29
R2	8,22	5,60	46,03	8,04	5,70	45,83	45,93
R3	7,86	5,65	44,41	8,42	5,04	42,44	43,42
R4	7,75	5,98	46,35	8,13	5,13	41,71	44,03
R5	8,00	4,86	38,88	8,66	5,68	49,19	44,03
R6	8,03	5,20	41,76	7,40	5,20	38,48	40,12
R7	8,52	5,57	47,46	8,59	5,26	45,18	46,32
R8	8,24	5,45	44,91	7,75	5,03	38,98	41,95
R9	8,47	5,69	48,19	7,85	5,68	44,59	46,39
R10	7,99	5,58	44,58	8,78	5,32	46,71	45,65
R11	8,70	5,22	45,41	8,14	5,66	46,07	45,74
R12	8,28	5,10	42,23	8,46	5,25	44,42	43,32
R13	8,79	5,41	47,55	8,76	5,03	44,06	45,81
R14	8,98	5,22	46,88	8,91	5,32	47,40	47,14
R15	8,90	5,27	46,90	8,74	5,58	48,77	47,84

Tabela 27 - Medidas da 2ª e 3ª vértebras cervicais dos machos 2º grupo
6ª medição (6ªM2)

6ª M2	comp. 2ªv	larg. 2ªv	área 2ªv	comp. 3ªv	larg. 3ªv	área 3ªv	méd. áreas
R1	8,63	5,36	46,26	8,94	5,23	46,76	46,51
R2	8,30	5,86	48,64	8,01	5,53	44,30	46,47
R3	8,36	5,20	43,47	9,38	4,84	45,40	44,44
R4	8,60	5,23	44,98	8,65	5,47	47,32	46,15
R5	7,96	5,53	44,02	8,78	5,28	46,36	45,19
R6	7,51	5,16	38,75	8,86	5,77	51,12	44,94
R7	8,83	5,08	44,86	8,73	5,08	44,35	44,60
R8	8,00	5,87	46,96	8,08	5,22	42,18	44,57
R9	8,01	5,08	40,69	8,40	5,42	45,53	43,11
R10	8,89	5,22	46,41	8,64	5,34	46,14	46,27
R11	8,50	5,38	45,73	8,36	5,44	45,48	45,60
R12	8,19	6,14	50,29	8,55	5,10	43,61	46,95
R13	7,78	5,72	44,50	8,80	5,47	48,14	46,32
R14	8,36	5,15	43,05	8,20	5,24	42,97	43,01
R15	8,64	5,43	46,92	8,69	5,20	45,19	46,05

Tabela 28 - Medidas da 2ª e 3ª vértebras cervicais dos machos 2º grupo
7ª medição (7ªM2)

7ª M2	comp. 2ªv	larg. 2ªv	área 2ªv	comp. 3ªv	larg. 3ªv	área 3ªv	méd. áreas
R1	8,41	5,30	44,57	8,99	5,11	45,94	45,26
R2	8,42	5,24	44,12	9,45	5,61	53,01	48,57
R3	7,95	5,44	43,25	8,92	5,04	44,96	44,10
R4	8,07	5,17	41,72	9,87	5,34	52,71	47,21
R5	8,00	5,91	47,28	8,47	5,65	47,86	47,57
R6	8,14	5,06	41,19	9,89	5,23	51,72	46,46
R7	8,33	4,84	40,32	9,63	5,78	55,66	47,99
R8	8,36	5,20	43,47	9,82	5,10	50,08	46,78
R9	8,10	4,91	39,77	9,13	5,93	54,14	46,96
R10	7,83	4,98	38,99	9,36	5,38	50,36	44,68
R11	8,41	5,18	43,56	8,49	5,17	43,89	43,73
R12	8,25	5,12	42,24	8,70	5,32	46,28	44,26
R13	8,56	4,99	42,71	8,82	5,50	48,51	45,61
R14	8,06	5,54	44,65	9,00	5,52	49,68	47,17
R15	8,43	5,21	43,92	9,89	5,34	52,81	48,37

Tabela 29 - Análise até o momento 7 das fêmeas e machos 2º grupo

GRUPO		Frequência	Porcentagem
=====			
Fêmea (F)	10		40.0
Macho (M)	15		60.0

----- GRUPO=F -----						
Variável	N	Média	DP	Médio	Mínimo	Máximo
C2V1	10	3,51100	0,21132	3,44000	3,28000	3,90000
C2V2	10	3,95800	0,22513	3,99000	3,52000	4,23000
C2V3	10	5,08800	0,33075	5,19500	4,53000	5,46000
C2V4	10	5,75200	0,18256	5,79000	5,40000	6,01000
C2V5	10	6,28100	0,31275	6,35000	5,59000	6,62000
C2V6	10	7,03300	0,13598	7,02000	6,85000	7,26000
C2V7	10	7,26000	0,12806	7,29000	7,06000	7,44000

----- GRUPO=M -----						
Variável	N	Média	DP	Médio	Mínimo	Máximo
C2V1	15	4,36733	0,37272	4,37000	3,71000	5,20000
C2V2	15	5,20200	0,27264	5,20000	4,73000	5,76000
C2V3	15	6,38000	0,47267	6,50000	5,48000	7,07000
C2V4	15	7,59933	0,58113	7,63000	6,55000	8,52000
C2V5	15	8,33867	0,38223	8,28000	7,75000	8,98000
C2V6	15	8,30400	0,39522	8,36000	7,51000	8,89000
C2V7	15	8,22133	0,21494	8,25000	7,83000	8,56000

Através da análise de variância com medidas repetidas observamos que os grupos apresentam diferença significativa de comportamento ao longo das avaliações realizadas ($p < 0,001$).

O grupo Masculino apresenta médias significantes maiores que as do grupo Feminino em todas as avaliações realizadas ($p < 0,001$).

Há variação significativa das medidas nos dois grupos ($p < 0,001$).

O momento M1 difere sig. dos demais momentos nos dois grupos ($p < 0,001$).

O momento M2 difere sig. dos demais momentos nos dois grupos ($p < 0,001$).

O momento M3 difere sig. dos demais momentos nos dois grupos ($p < 0,001$).

O momento M4 difere sig. dos demais momentos nos dois grupos ($p < 0,001$).

O momento M5 difere sig. dos demais momentos no grupo Feminino ($p < 0,001$). No grupo masculino o M5 apresenta diferença sig. dos momentos

M1, M2, M3 e M4 ($p < 0,001$) mas não difere dos momentos M6 ($p = 0,8055$) e M7 ($p = 0,1695$).

O momento M6 difere sig. dos demais momentos no grupo Feminino ($p < 0,001$). No grupo masculino o M6 apresenta diferença sig. dos momentos M1, M2, M3 e M4 ($p < 0,001$) mas não difere dos momentos M5 ($p = 0,8055$) e M7 ($p = 0,5055$).

Matsui RH. Anatomical evaluation of the cervical vertebrae in Wistar rats by means of digital radiography and its correlation with the stages of maturation of cervical vertebrae in humans [doctorate thesis]. São José dos Campos: School of Dentistry of São José dos Campos, UNESP – São Paulo State University; 2007.

ABSTRACT

The aim of this study was to identify and evidence the growth curve of animals used for laboratorial research purposes. The biological age is important for precise and reliable results, especially in orthodontics, since radiographs are used to evaluate the bone maturation and the stage in which is the patient according to the changes that are observed. The chronological age is certainly the most utilized, been observed even before birth, during pregnancy until the person's last days of life. However, the chronological age, in some cases, does not evidence exactly the maturation phase. Thus, the evaluation of bone age or maturation of cervical vertebrae is a commonly used method. The methodology used for the evaluation of the vertebral alterations in animals was the same that used in humans. Therefore, the main objective of this study was the identification of the bone age in animals to limit indiscriminate use, contributing with the experiences efficiency when the age and development phase can influence the research results. The 35 Wistar rats were observed for a period of 260 days, beginning in the 22nd day (weaning). Periodical transversal cuts for weight analysis, length measurement and digital radiographs were taken with the animals immobilized by anesthetics. The radiographic images of cervical vertebrae (C2 and C3) were submitted to optical densitometry and measured by computer software. The variables were submitted to individual and each other related statistical analysis. The results were significant for growth ($p < 0.001$). The male group showed significantly higher mediums, than that showed by the female group in all evaluations. Conclusion: There exist a growth outbreak and the growth curves of weight and length, and the alterations of vertebral anatomy and density are related, though with different referential values. These parameters are efficient for biological age control.

Keywords: Bone maturation. Growth velocity peak. Bone age. Optical densitometry.