RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese será disponibilizado somente a partir de 31/08/2023.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - Unesp
CÂMPUS JABOTICABAL

COMPARAÇÃO ANATÔMICA QUALITATIVA ENTRE OSSOS CANINOS MACERADOS E IMPRESSOS EM 3D

Guilherme Sembenelli
Médico Veterinário

2021

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - Unesp

CÂMPUS JABOTICABAL

COMPARAÇÃO ANATÔMICA QUALITATIVA ENTRE OSSOS CANINOS MACERADOS E IMPRESSOS EM 3D

Discente: Guilherme Sembenelli

Orientador: Prof. Dr. Luis Gustavo Gosuen Gonçalves Dias

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Cirurgia Veterinária.

2021

S471c

Sembenelli, Guilherme
Comparação anatômica qualitativa entre ossos caninos macerados e impressos em 3d / Guilherme Sembenelli. -- Jaboticabal, 2021
108 p.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Prof. Dr. Luis Gustavo Gosuen Gonçalves Dias

1. Anatomia. 2. Impressão em 3d. 3. Dissecação. 4. Métodos Alternativos de Ensino. 5. Prototipagem. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: COMPARAÇÃO ANATÔMICA QUALITATIVA ENTRE OSSOS CANINOS MACERADOS E PRODUZIDOS POR PROTOTIPAGEM RÁPIDA

AUTOR: GUILHERME SEMBENELLI
ORIENTADOR: LUÍS GUSTAVO GOSUEN GONÇALVES DIAS

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em CIRURGIA VETERINÁRIA, pela Comissão Examinadora:

Luís Gustavo Gosuen G. Dias
Prof. Dr. LUÍS GUSTAVO GOSUEN GONÇALVES DIAS (Participaçao Virtual)
Departamento de Clinica e Cirurgia Veterinária / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Luís Gustavo Gosuen G. Dias
Prof.Dr. THIAGO ANDRÉ SALVITTI DE SÁ ROCHA (Participaçao Virtual)
Universidade Brasil / Descalvado/SP

Luís Gustavo Gosuen G. Dias
Prof. Dr. BRUNO WATANABE MINTO (Participaçao Virtual)
Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Luís Gustavo Gosuen G. Dias
Prof. Dr. FELIPE FARIAS PEREIRA DA CÂMARA BARROS (Participaçao Virtual)
Departamento de Medicina Veterinária e Cirurgia Veterinária-UFRRJ / Seropédica/RJ

Luís Gustavo Gosuen G. Dias
Profa. Dra. PAOLA CASTRO MORAES (Participaçao Virtual)
Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária / UNESP / FCAV - Jaboticabal

Jaboticabal, 31 de agosto de 2021

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Guilherme Sembenelli nasceu em Ribeirão Preto, no dia 6 de janeiro de 1986. Cursou graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Estadual Paulista- UNESP, Campus Jaboticabal, de março de 2007 a fevereiro de 2012, neste período realizou projeto de iniciação cientifica, sendo bolsista da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo- FAPESP. Realizou Residência em Clínica Cirúrgica de Pequenos Animais na Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP- Câmpus de Jaboticabal de março de 2013 a março de 2015. Em março de 2015, ingressou no programa de Pós-graduação em cirurgia veterinária, curso de mestrado, sendo bolsista da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo- FAPESP. Desde fevereiro de 2018 é Docente da Medina Veterinária de Clínica Cirúrgica no Centro Universitário Moura Lacerda, Ribeirão Preto – SP.

EPÍGRAFE

“O saber a gente aprende com os mestres e os livros. A sabedoria se aprende é com a vida e com os humildes.”

Cora Coralina.

AGRADECIMENTOS

À **Deus** por ter me iluminando, abençoando, protegido e direcionado o meu caminho, durante essa etapa da minha vida.

A minha esposa **Monica** por sempre estar ao meu lado ao longo desses anos iluminando minha vida e me dando muitas alegrias durante esses anos. Obrigado por tudo!

A minha filha **Laura Wittmaack Sembenelli** e **Bianca Wittmaack Sembenelli** que vieram para nos trazer muita luz e alegrias!

Aos meus pais **Sueli** e **Reginaldo**, a minha irmã **Camila**, ao meu sobrinho **Gabriel** a minha tia **Dinorah** *(in memorian)* e a minha avó **Aparecida** *(in memorian)* pelo auxílio, compreensão, amor, incentivo e por sempre acreditarem em mim. Amo vocês.

Ao meu orientador **Prof. Dr. Luis Gustavo Gosuen Gonçalves Dias** por toda compreensão, direcionamentos, aconselhamentos além do compartilhamento de todo seu conhecimento técnico.

A todos os **amigos** conquistados durante os dez anos que passei realizando graduação, residência e mestrado junto a FCAV – UNESP.

A todos os professores da instituição que de alguma forma contribuíram para minha formação.

Aos **funcionários** do Hospital Veterinário que foram amigos e dedicados.

A equipe de docentes, funcionários e alunos do Centro Universitário Moura Lacerda a qual tenho muita satisfação de trabalhar.

SUMÁRIO

CERTIFICADOS DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS 3

LISTA DE ABREVIATURAS 5

LISTA DE FIGURAS 6

CAPÍTULO 1 - COMPARAÇÃO ANATÔMICA QUALITATIVA ENTRE VÉRTEBRAS LOMBARES CANINAS MACERADAS E PRODUZIDAS POR IMPRESSÃO EM 3D 7

RESUMO 7

ABSTRACT 8

1. INTRODUÇÃO 9

2. CONTEXTUALIZAÇÃO BIBLIOGRÁFICA 9

3. JUSTIFICATIVA 14

4. OBJETIVOS 14

5. MATERIAL E MÉTODOS 14

5.1 – Ossos naturais 15

5.2 – Ossos sintéticos 15

5.3 – Questionário 16

5.4 – Descrição dos Grupos 17

5.5 - Análise estatística 17

6. RESULTADOS 18

7. APÊNDICES: 22

CAPÍTULO 2 - COMPARAÇÃO ANATÔMICA QUALITATIVA ENTRE FÊMURES CANINOS MACERADOS E FÊMURES IMPRESSOS EM 3D 30

RESUMO 30

ABSTRACT 31

1. INTRODUÇÃO 32

2. CONTEXTUALIZAÇÃO BIBLIOGRÁFICA 32

3. JUSTIFICATIVA 37

4. OBJETIVOS 37
5. MATERIAL E MÉTODOS 37
5.1 – Ossos naturais 38
5.2 – Ossos sintéticos 38
5.3 – Questionário 40
5.4 – Descrição dos Grupos 41
5.5 – Análise estatística 42
6. RESULTADOS 42
7. APÊNDICES 46
REFERENCIAS 52
CAPÍTULO 3 – Artigo para revista *"Surgical and Radiologic Anatomy"* 57
CAPÍTULO 4 - Artigo para a revista "*Advances in Health Sciences Education*" 78

CERTIFICADOS DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Jaboticabal

CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado **"Comparação anatômica qualitativa entre vértebras lombares caninas maceradas e produzidas por prototipagem rápida"**, protocolo nº 017560/18, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Luis Gustavo Gosuen Golçalves Dias, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP, em reunião ordinária de 06 de dezembro de 2018.

Vigência do Projeto	01/02/2019 à 01/02/2020
Espécie / Linhagem	Corpos de prova sintéticos prototipados de L4 e L5
Nº de animais	L4 e L5 macerados (Canina)
Peso / Idade	-
Sexo	-
Origem	Filamentos sintéticos e implantes metálicos

Jaboticabal, 06 de dezembro de 2018.

Fabiana Pilarski

Profª Drª Fabiana Pilarski
Coordenadora – CEUA

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias
Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n CEP 14884-900 - Jaboticabal/ SP - Brasil
tel 16 3209 7100 www.fcav.unesp.br

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Jaboticabal

CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado **"Comparação anatômica qualitativa entre fêmures caninos macerados e fêmures produzidos por prototipagem rápida"**, protocolo nº 017561/18, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Luis Gustavo Gosuen Gonçalves Dias, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP, em reunião ordinária de 06 de dezembro de 2018.

Vigência do Projeto	01/02/2019 à 01/02/2020
Espécie / Linhagem	Corpos de prova sintéticos prototipados de Fêmures caninos macerados (direito e esquerdo)
Nº de animais	Fêmures macerados (direito e esquerdo de cão) (Canina)-1
Peso / Idade	10kg
Sexo	Macho
Origem	Filamentos sintéticos e implantes metálicos

Jaboticabal, 06 de dezembro de 2018.

Fabiana Pilarski

Profª Drª Fabiana Pilarski
Coordenadora – CEUA

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias
Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n CEP 14884-900 - Jaboticabal/SP - Brasil
tel 16 3209 7100 www.fcav.unesp.br

LISTA DE ABREVIATURAS

ABS - *Acrylonitrile Butadiene Styrene*

PLA - *Polilatic Acid*

TC - Tomografia Computadorizada

DICOM - *Digital Imaging and Communications in Medicine*

STL - *Standart Tessellation Language*

CAD - *Computer-Aided Design*

STL - *Standard Triangle Language*

L4 - Quarta vértebra lombar

L5 - Quinta Vértebra lombar

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. A – imagem de reconstrução 3D das vértebras lombares L5 (esquerda) e L4 (direita) obtida a partir das imagens de tomografia computadorizada das vértebras maceradas correspondentes. B – imagem fotográfica dos modelos vertebrais de L4 em PLA (esquerda), macerado (central) e em ABS (direita). C - imagem fotográfica dos modelos vertebrais de L5 em PLA (esquerda), macerado (central) e em ABS (direita). 16

Figura 2. (A) Quarta vértebra lombar, vista lateral esquerda. (B) Quinta vértebra lombar, vista caudolateral. Fonte: adaptado de Evans e de Lahunta (2010)..... 17

Figura 3. Imagem da reconstrução 3D dos fêmures direito e esquerdo obtida a partir das imagens de tomografia computadorizada dos ossos macerados..... 39

Figura 4. Imagens fotográficas dos fêmures caninos direito e esquerdo utilizados no projeto. **A –** Fêmures caninos obtidos a partir do processo de maceração biológica (fêmures naturais). **B –** Fêmures caninos obtidos a partir da impressão 3D em ABS. **C –** Fêmures caninos obtidos a partir da impressão 3D em PLA..... 40

Figura 5. Representação esquemática da anatomia de um fêmur canino esquerdo. **A -** Vista cranial. **B -** Vista caudal..... 41

CAPÍTULO 1 - COMPARAÇÃO ANATÔMICA QUALITATIVA ENTRE VÉRTEBRAS LOMBARES CANINAS MACERADAS E PRODUZIDAS POR IMPRESSÃO EM 3D

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar se vértebras lombares impressas em 3D com filamentos de ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) e PLA (Polilatic Acid) são igualmente eficazes no ensino de anatomia óssea quando comparadas às vértebras lombares cadavéricas. Além disso, buscou-se verificar a aceitação desses ossos sintéticos no ensino e na rotina clínico-cirúrgica por meio de opiniões de alunos, médicos veterinários e tutores de pacientes caninos. Duas vértebras lombares caninas (L4 e L5) foram obtidas por meio da maceração biológica de cadáver. Esses ossos foram submetidos ao exame de tomografia computadorizada, e por meio de programas específicos realizou-se a reconstrução 3D digital, ato contínuo foi feita a conversão para o formato compatível com impressora 3D de deposição de material fundido. Duas vértebras sintéticas foram produzidas, uma com o filamento de ABS e outra com o filamento de PLA, ambas incolores para atingir tonalidade semelhante à vértebra natural. Para a comparação dos ossos foram elaborados três questionários fechados de respostas “SIM” ou “NÃO” com conteúdo diferentes. Ao todo 500 questionários foram respondidos por alunos, pós-graduandos, professores e tutores. As análises estatísticas foram feitas a partir de variáveis nominais. Os modelos vertebrais sintéticos manufaturados por impressão em 3d se assemelharam anatomicamente às vértebras naturais obtidas por maceração de cadáver e tiveram boa aceitação como método alternativo de ensino na medicina veterinária. Dentre os modelos sintéticos, o confeccionado em ABS teve superior aceitação ao modelo em PLA mostrando-se que os ossos sintéticos impressos em 3d são promissor método alternativo de ensino da anatomia óssea.

Palavras-chave: Prototipagem, Impressão 3D, Dissecação, Métodos Alternativos de Ensino.

QUALITATIVE ANATOMICAL COMPARISON BETWEEN MACERATED CANINE LUMBAR VERTEBRAS AND 3D PRINTED

ABSTRACT

- The present study aimed to evaluate whether 3D printed lumbar vertebrae with ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) and PLA (Polylactic Acid) filaments are equally effective in teaching bone anatomy when compared to cadaveric bones. In addition, we sought to verify the acceptance of these synthetic bones in teaching and clinical-surgical routine through the opinions of students, veterinarians, and tutors of canine patients. Two canine lumbar vertebrae (L4 and L5) were obtained through the process of biological cadaver maceration and then subjected to computed tomography examination. Through specific programs, three-dimensional rapid prototyping and printing was performed on four synthetic vertebrae, two with ABS filament and two with PLA filament. At the end, three models of vertebra (macerated, ABS and PLA) were destined for UNIFRAN and the others for FCAV / UNESP. Aiming to compare these bone models, three questionnaires were elaborated that contained closed questions related to the identification and recognition of anatomical structures in the three vertebrae. Altogether 500 questionnaires were answered by students, post graduate students, teachers and tutors. Statistical analyzes were performed using nominal variables. The synthetic vertebral models manufactured by rapid prototyping were anatomically similar to the natural vertebrae obtained by cadaver maceration and had good acceptance as an alternative teaching method in veterinary medicine. Among the synthetic models, the one made in ABS had superior acceptance to the PLA model, showing that the synthetic bones printed in 3d are a promising alternative method of teaching bone anatomy.

KEYWORDS: Prototyping, 3D Printing, Dissection, Alternative Teaching Methods.

1. INTRODUÇÃO

O padrão ouro para o ensino anatômico ainda é, em muitos países, a dissecação de cadáveres tanto na medicina quanto na medicina veterinária. No entanto, devido as grandes desvantagens desse método como, por exemplo, obtenção de cadáveres de forma ética, conservação no formol e necessidade de locais apropriados para armazená-los, muitas universidades têm buscado métodos alternativos para que materiais *ex-vivos* deixem de ser utilizados como ferramenta didática. Entre os diversos métodos alternativos disponíveis o que melhor substituí a utilização de cadáveres e seus derivados é a produção de modelos anatômicos tridimensionais a partir da manufatura por adição de camadas também conhecida como impressão 3D ou prototipagem rápida.

Desenvolvida para aperfeiçoar e acelerar a produção de objetos pela indústria a impressão em 3d vem sendo muito explorada pela medicina. Esse método, onde imagens tridimensionais computadorizadas são impressas em modelos físicos, tem se mostrado útil para a produção de modelos anatômicos a partir de exames médicos de imagens, sendo muito eficaz para a compreensão anatômica de casos cirúrgicos e para a educação dos alunos. Entretanto esse método de manufatura ainda não está sendo explorada como deveria pela medicina veterinária, principalmente no Brasil. Parcos são os artigos publicados nacionalmente utilizando essa metodologia no ensino.

REFERENCIAS

ABOUHASHEM, Y.; DAYAL, M.; SAVANAH, S.; STRKALJ, G. The application of 3D printing in anatomy education. *Medical Education Online,* v. 20, p. 1-2, 2015.

ALBANESE, M. The gross anatomy laboratory: A prototype for simulation based medical education. *Medical Education,* v. 44, p. 7–9, 2010.

AMORIM, P.; MORAES, T.; SILVA, J.; PEDRINI, H. Invesalius: An interactive rendering framework for health care support. *Advances in Visual Computing*, p. 45-54, 2015.

ANDERSON, J. R.; THOMPSON, W.L.; ALKATTAN, A. K., et al. Three-dimensional printing of anatomically accurate, patient specific intracranial aneurysm models. *Journal of NeuroInterventional Surgery*, v. 8, p. 517-520, 2016.

BALCOMBE, J. Dissection: The scientific case for alternatives. *Journal of Applied Animal Welfare Science*, v. 4, n. 2, p. 117-126, 2001.

DRAKE, RL; MCBRIDE, JM; LACHMAN, N; PAWLINA, W. Medical education in the anatomical sciences: the winds of change continue to blow. *Anatomical Sciences Education,* v. 2, p. 253–259, 2009.

FLECKNELL, P. Replacement, reduction and refinement. *ALTEX*, v.19, p.73-78, 2002.

FREDRIEU, J. R.; KERBO, J.; HERRON, M.; KLATTES, R.; COOKE, M. Anatomical models: a digital revolution. *Medical Science Education*, v. 25, p. 183-194, 2015.

GIANNATSIS, J.; DEDOUSSIS, V. Additive fabrication technologies applied to medicine and health care: A review. *International Journal* of *Advanced Manufacturing Technology*, v. 40, p. 116-127, 2009.

GUMPERLEIN, I.; FISCHER, E.; DIETRICH-GUMPERLEIN, G.; KARRASCH, S.; NOWAK, D.; JORRES, R. A.; SCHIERL, R. Acute health effects of desktop 3D printing

(FDM) using ABS and PLA materials: an experimental exposure study in human volunteers. *Indoor Air*, p. 1-41, 2018.

HAMILTON-BENNETT, S. E.; OXLEY, B.; BEHR, S. Accuracy of a patient-specific 3D printed drill guide for placement of cervical transpedicular screws. *Veterinary Surgery*, v. 47, n. 2, p. 236-242, 2017.

HART, L.; WOOD, M. W.; WENG, H. Mainstreaming alternatives in veterinary medical education: resource development and curricular reform. *Journal of veterinary medical education*, v. 32, n. 4, p. 1-9, 2005.

HESPEL, A. M.; WILHITE, R.; HUDSON, J. Invited review-applications for 3d printers in veterinary medicine. *Veterinary Radiology* & *Ultrasound*, v. 55, n. 4, p. 347-358, 2014.

KHOT, Z.; KAITLYN, Q.; NORMAN, G. R.; WAINMAN, B. The relative effectiveness of computer-based and traditional resources for education in anatomy. *Anatomical Sciences Education*, v. 6, n. 4, p. 211-215, 2013.

LI, F.; LIU, C.; SONG, X.; HUAN, Y.; GAO, H.; JIANG, Z. Production of accurate skeletal models of domestic animals using three-dimensional scanning and printing technology. *Anatomical Sciences Education*, v. 11, n. 1, p. 73-80, 2018.

LOMBARDI, S. A.; HICKS, R. E.; THOMPSON, K. V.; MARBACH-AD, G. Are all hands-on activities equally effective? Effect of using plastic models, organ dissections, and virtual dissections on student learning and perceptions. Advances in *Physiology Education*, v. 38, n. 1, p. 80-86, 2014.

MAIORANA, V.C.; VALEN, V.M.L. Terrestrial isotops for preparing delicate vertebrate skeletons. *Systematic Zoology*, v. 34, n. 2, p. 242-245, 1985.

MASHIKO, T.; OTANI, K.; KAWANO, R.; KONNO, T.; KANEKO, N.; ITO, Y.; WATANABE, E. Development of three-dimensional hollow elastic model for cerebral aneurysm clipping simulation enabling rapid and low cost prototyping. *World Neurosurgery*, v. 83, n. 3 p. 351-361, 2015.

MERINO, E. M. P.; GARGALLO, J. U.; MARGALLO, F. M. S.; CASAÚS, J. M. U. Comparison of the use of fresh-frozen canine cadavers and a realistic composite ex vivo simulator for training in small animal flexible gastrointestinal endoscopy. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, v. 252, n. 7, p. 839-845. 2018.

MITOURAS, D.; LIACOURAS, P.; IMANZADEH, A.; GIANNOPOULOS, A. A.; CAI, T.; KUMAMARY, K. K.; GEORGE, E.; MAKE, N.; CATERSON, E. J.; POMAHAC, B.; HO, V. B.; GRANT, G. T.; RYBICKI, F. J. Medical 3D printing for the radiologist. *Radiographics*, v. 35, n. 7, p. 1965-1988, 2015.

MULFORD, J. S.; BABAZADEH, S.; MACKAY, N. Three-dimensional printing in orthopaedic surgery: review of current and future applications. *ANZ Journal Surgery*, v. 86, n. 9, p. 648-653, 2016.

O'REILLY, M. K.; REESE, S.; HERLIHY, T.; GEOGHEGAN, T.; CANTWELL, C. P.; FEENEY, R. N. M.; JONES, J. F. X. Fabrication and assessment of 3D printed anatomical models of the lower limb for anatomical teaching and femoral vessel access training in medicine. *Anatomical Sciences Education*, v. 9, n. 1, p. 71-79, 2016.

OXLEY, B. A 3-dimensional-printed patient-specific guide system for minimally invasive plate osteosynthesis of a comminuted mid-diaphyseal humeral fracture in a cat. *Veterinary Surgery*, p. 1-5, 2018.

OXLEY, B.; BEHR, S. Stabilisation of a cranial cervical vertebral fracture using a 3D - printed patient-specific drill guide. *Journal of Small Animal Practice*, v. 47, p.257, 2016.

OZKADIF, S.; EKEN, E. Modernization process in veterinary anatomy education. *Energy Education Science and Technology Part B: Social and Educational Studies*, v. 4, n. 2, p. 957-962, 2012.

PANDEY, P; ZIMITAT, C. Medical students' learning of anatomy: Memorisation, understanding and visualization. *Medical Education*, v. 41, p. 7–14, 2006.

PAPADOPOULOS, M.A.; CHRISTOU, P.K.; ATHANASIOU, A.E.; BOETTCHER, P.; ZEILHOFER, H. F.; SADER., et al. Three-dimensional craniofacial reconstruction imaging. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, v.93, p.382-93, 2002.

PATRONEK, G.; RAUCH, A. Systematic review of comparative studies examining alternatives to the harmful use of animals in biomedical education. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, v. 230, n. 1, p. 37-43. 2007.

RICHARDSON, D. Is virtual reality a useful tool in the teaching of physiology? *Advances in Physiology Education*, v. 35, p. 117–119, 2011.

RODRIGUES, A. B. F.; LIMA, A. C. Q.; NOGUEIRA, C. H. O.; BOGOSSIAN, P. M.; ROCHA, V. N. Utilização de coleópteros na preparação de material osteológico. *PUBVET*, v. 6, n. 3, p. 2-9, 2012.

SILVEIRA, M. J.; TEIXEIRA, G. M.; OLIVEIRA, E. F. Análise de Processos Alternativos na Preparação de Esqueletos para Uso Didático. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 30, n. 4, p. 465-472, 2008.

SUGAND, K; ABRAHAM, P; KHURANA, A. The anatomy of anatomy: a review for its modernization. *Anatomical Sciences Education*, v. 3, p. 83–93, 2010.

VALK, J. V. D.; DEWHURST, D.; HUGHES, I.; ATKINSON, J.; BALCOMBE, J.; BRAUN, H.; GABRIELSON, K.; GRUBER, F.; MILES, J.; NAB, J.; NARDI, J.; WILGENBURG, H. V.; ZINKO, U.; ZURLO, J. Alternatives to the use of animals in higher education. *Alternatives to Laboratory Animals*, v. 27, n. 1, p. 39-52, 1999.

VALLIYATE, M.; ROBINSON, N. G.; GOODMAN, J. R. Current concepts in simulation and other alternatives for veterinary education: a review. *Veterinarni Medicina*, v. 57, n. 7, p. 325–337, 2012.

WANG, L.; YE, X.; HAO, Q.; CHEN, Y.; CHEN, X.; WANG, H.; WANG, R.; ZHAO, Y.; ZHAO, J. Comparison of two three-dimensional printed models of complex

intracranial aneurysms for surgical simulation. *World Neurosurgery*, v. 103, p. 671-679, 2017.

WEINSTOCK, P.; PRABHU, S. P.; FLYNN, K. ORCACH, D. B.; SMITH, E. Optimizing cerebrovascular surgical and endovascular procedures in children via personalized 3D printing. *Journal of Neurosurgery Pediatrics*, v. 31, p. 1-6, 2015.

WHITE, D.; CHELULE, K. L.; SEEDHOM, B. B. Accuracy of MRI vs CT imaging with particular reference to patient specific templates for total knee replacement surgery. *The International Journal Of Medical Robotics And Computer Assisted Surgery*, v. 4, n. 3, p. 224-231, 2008.

WINER, J. N.; VERSTRAETE, F. J. M.; CISSELL, D. D.; LUCERO, S.; ATHANASIOU, K. A.; ARZI, B. The application of 3-dimensional printing for preoperative planning in oral and maxillofacial surgery in dogs and cats. *Veterinary Surgery*, v. 46, n. 7, p. 942-951, 2017.

WONG, T. M.; JIN, J.; LAU, T. W.; FANG, C.; YAN, C. H.; YEUNG, K.; TO, M.; LEUNG, F. The use of three-dimensional printing technology in orthopaedic surgery: A review *Journal of Orthopaedic Surgery*, v. 25, n. 1, p. 1-7, 2017.

XU, N.; WEI, F.; LIU, X., et al. Reconstruction of the upper cervical spine using a personalized 3D-printed vertebral body in an adolescent with Ewing sarcoma. *Spine*, v. 41, n. 1, p. 50-54, 2016.

YANG, T.; LIN, S.; TAN, T.; YANG, J.; PAN, J.; HU, C.; LI, J.; ZOU, Y. Impact of 3d printing technology on comprehension of surgical anatomy of retroperitoneal tumor. *World Journal of Surgery*, p. 1-5, 2018.

YUSHCHENKO, A.; BERREVILLE, O.; WRIGHT, N.; WHITE, L.; SULLIVAN, E. Elimination of live terminal surgeries in canadian veterinary practice. *ALTEX Proceedings, Proceedings of WC8*, p.395–397, 2012.