

DIMENSÃO FRACTAL E LACUNARIDADE COMO PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO DA TEXTURA RADIOGRÁFICA DO OSSO TRABECULAR DA FALANGE PROXIMAL EM EQUINOS COM E SEM OSTEOARTRITE METACARPOFALANGEANA

Lorena de Oliveira Pereira

Anderson Fernando de Souza

André Luis do Valle De Zoppa

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/Universidade de São Paulo
FMVZ/USP

lorenaoliveira@usp.br

Objetivos

A dimensão fractal (DF) é uma poderosa descritora de textura em imagens e é a medida da complexidade de um objeto¹. A lacunaridade fornece informações sobre a heterogeneidade de uma imagem e tem sido amplamente utilizada para complementar a DF². O osso trabecular exibe propriedades fractais e, devido a sua atividade metabólica elevada, é útil no monitoramento de alterações ósseas, como na osteoartrite (OA), uma doença articular comum em equinos, sendo a articulação metacarpofalangeana a mais comumente afetada^{3,4}.

O trabalho teve como objetivo avaliar a utilização da DF e da lacunaridade como métodos para quantificação de diferenças na textura radiográfica do osso trabecular da falange proximal de equinos com diferentes graus de OA metacarpofalangeana.

Métodos e Procedimentos

O trabalho foi aprovado pela CEUA FMVZ/USP sob o protocolo CEUAX nº 6884180522. Foram selecionados 50 exames radiográficos da articulação metacarpofalangeana de equinos, realizados no Hospital Veterinário da

FMVZ/USP, seguindo critérios de seleção predeterminados. Os exames radiográficos foram avaliados quanto à presença ou não de OA e, quando presente, a OA foi graduada nos escores leve, moderado ou grave. As avaliações foram realizadas por três avaliadores independentes.

A partir da projeção dorsopalmar, foram definidas regiões de interesse (ROI), que foram recortadas, convertidas para 8 bits, duplicadas e binarizadas (Figura 1). A DF foi mensurada pelo método de contagem de caixas. A DF e a razão entre a área óssea e a área total (BA/TA) foram mensuradas através da extensão BoneJ do software ImageJ (*National Institute of Health, USA*). A lacunaridade foi mensurada pelo método de contagem de caixas, através da extensão FracLac.

A análise estatística foi realizada no programa Jamovi (versão 2.3.21). O nível de concordância entre os avaliadores para o escore de OA foi testado pelo teste Kappa. A normalidade dos resíduos e a homogeneidade dos resíduos das variâncias foram analisados pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Os gráficos Q-Q foram utilizados para avaliar a distribuição dos dados. O escore da OA, sexo, raça, faixa etária e a interação destes, foram considerados fatores preditores. A razão de verossimilhança (log-likelihood) e o critério de informação de

Akaike foram utilizados para checar o ajuste do modelo. Apenas o escore de OA apresentou significância no modelo ($p = 0.003$). As médias dos escores de OA foram comparadas entre si pela ANOVA, seguido pelo teste post-hoc de Bonferroni. O tamanho do efeito foi estimado pelo teste D de Cohen. Os valores de $p < 0.05$ foram considerados significativos e de $p < 0.1$ como tendência.

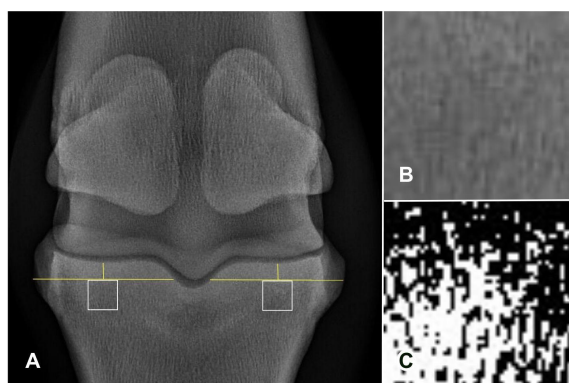


Figura 1. (A) ROI de 50x50 pixels selecionados na epífise proximal da falange proximal, sobre o osso trabecular, distalmente à região subcondral, medial e lateral ao sulco sagital. (B) ROI duplicada. (C) ROI binarizada.

Resultados e Discussão

O nível de concordância entre os avaliadores para o escore de OA foi moderado ($kappa = 0,4$; $p < 0,001$). Houve diferença significativa para BA/TA medial entre os animais com diferentes graus de OA ($p = 0,003$) (Tabela 1). Não houve diferença significativa entre sexos ($p = 0,729$).

Tabela 1. Valores de probabilidade (teste Post Hoc de Bonferroni) e de tamanho do efeito (D de Cohen) dos valores de BA/TA medial em função do score de OA.

Grau de OA	Grau de OA	p	d de Cohen
Ausente	Leve	0.045	-0.744
	Moderado	0.567	-0.280
	Grave	0.019	1.570
Leve	Moderado	0.304	0.464
	Grave	< .001	2.314
Moderado	Grave	0.011	-1.850

Valores mais baixos de BA/TA medial foram observados nos equinos com osteoartrite grave, o que sugere menor área óssea, podendo estar relacionada à perda óssea causada pelo remodelamento que ocorre na doença⁵.

Para a BA/TA lateral, DF medial e lateral, e lacunaridade medial e lateral, não houve diferença estatística entre os animais com diferentes graus de OA, nem entre sexos.

Conclusões

A DF e a lacunaridade não se mostraram bons métodos para quantificação de diferenças na textura radiográfica do osso trabecular da falange proximal de equinos com diferentes graus de OA metacarpofalangeana. Futuros estudos analisando outras articulações podem ser úteis para identificar se há aplicabilidade em regiões específicas.

Agradecimentos

Este trabalho recebe apoio da FAPESP (Processo 2022/14282-7).

Referências

- CESUR, E. et al. Evaluating the effects of functional orthodontic treatment on mandibular osseous structure using fractal dimension analysis of dental panoramic radiographs. *Angle Orthod.* 90 (6), p. 783-793, 2020.
- SANTOS, D. S. et al. Multifractal spectrum and lacunarity as measures of complexity of osseointegration. *Clin. Oral Invest.* 20 (6), 2016.
- JOLLEY, L.; MAJUMDAR, S.; KAPILA, S. Technical factors in fractal analysis of periapical radiographs. *Dentomaxillofac Radiol.* 35 (6), p. 393-7, 2006.
- MCLLWRAITH, C. W.; FRISBIE, D. D.; KAWCAK, C. E. The horse as a model of naturally occurring osteoarthritis. *Bone Joint Res.* 1 (11), 2012.
- BURR, D. B.; GALLANT, M. A. Bone remodelling in osteoarthritis. *Nat Rev Rheumatol.* 8 (11), p. 665-73, 2012.

FRACTAL DIMENSION AND LACUNARITY AS PARAMETERS FOR EVALUATION OF THE RADIOGRAPHIC TRABECULAR BONE TEXTURE OF THE PROXIMAL PHALANX IN HORSES WITH AND WITHOUT METACARPOPHALANGEAL OSTEOARTHRITIS

Lorena de Oliveira Pereira

Anderson Fernando de Souza

André Luis do Valle De Zoppa

School of Veterinary Medicine and Animal Science/University of São Paulo
FMVZ/USP

lorenaoliveira@usp.br

Objectives

The fractal dimension (FD) is a powerful descriptor of texture in images and is a measure of the complexity of an object¹. Lacunarity provides information about the heterogeneity of an image and has been widely used to complement FD². Trabecular bone has fractal properties and, due to its high metabolic activity, is useful in monitoring bone changes, such as osteoarthritis (OA), a common joint disease in horses, with the metacarpophalangeal joint being the most commonly affected^{3,4}.

The study aimed to evaluate the use of FD and lacunarity as methods for quantifying differences in the radiographic texture of the trabecular bone of the proximal phalanx of horses with different scores of metacarpophalangeal OA.

Materials and Methods

The study was approved by FMVZ/USP Ethics Committee on Animal Experiments under protocol CEUAX nº 6884180522. Fifty radiographic examinations of the metacarpophalangeal joint of horses, which were performed at the FMVZ/USP Veterinary

Teaching Hospital, were selected, following predetermined selection criteria. Radiographic examinations were evaluated for the presence or absence of OA and, when present, OA was graded as mild, moderate, or severe. The evaluations were carried out by three independent examiners.

From the dorsopalmar view, regions of interest (ROI) were defined. The ROIs were cropped, converted to 8 bits, duplicated and binarized (Figure 1). The FD was measured by the box counting method. The FD and the bone area/total area ratio (BA/TA) were measured using the BoneJ extension of the ImageJ software (National Institute of Health, USA). The lacunarity was measured by the box counting method, through the FracLac extension.

Statistical analysis was performed using the Jamovi program (version 2.3.21). The interrater reliability for the OA score was tested using the Kappa test. The normality of residuals and the homogeneity of residuals of variances were analyzed using the Shapiro-Wilk and Levene tests, respectively. Q-Q plots were used to assess data distribution. The OA score, sex, breed, aging and their interaction were considered predictive factors. Log-likelihood and Akaike information criterion were used to

check the fit of the model. Only the OA score showed significance in the model ($p = 0.003$). The means of OA scores were compared by ANOVA, followed by the post-hoc Bonferroni test. Effect size was estimated using Cohen's D test. Values of $p < 0.05$ were considered significant and $p < 0.1$ as a trend.

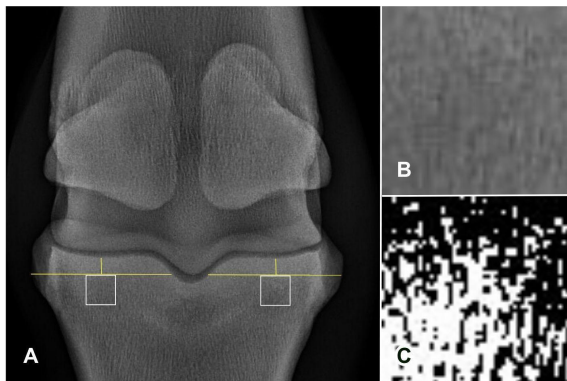


Figure 1. (A) ROI of 50x50 pixels selected at the proximal epiphysis of the proximal phalanx, over the trabecular bone, distally to the subchondral region, medial and lateral to the sagittal groove. (B) Duplicated ROI. (C) Binarized ROI.

Results and Discussion

The interrater reliability for the OA score was moderate ($\kappa = 0.4$; $p = < 0.001$). There was a significant difference for medial BA/TA between animals with different scores of OA ($p = 0.003$) (Table 1). There was no significant difference between sexes ($p = 0.729$).

Table 1. Probability (Bonferroni Post Hoc test) and effect size (Cohen's D) values of medial BA/TA values as a function of OA score.

OA Score	OA Score	p	Cohen's d
Absent	Mild	0.045	-0.744
	Moderate	0.567	-0.280
	Severe	0.019	1.570
Mild	Moderate	0.304	0.464
	Severe	<.001	2.314
Moderate	Severe	0.011	-1.850

Lower values of medial BA/TA were observed in horses with severe osteoarthritis, which

suggests a smaller bone area, that may be related to bone loss caused by the remodeling that occurs in the disease⁵.

For lateral BA/TA, medial and lateral FD, and medial and lateral lacunarity, there was no statistical difference between animals with different scores of OA, neither between sexes.

Conclusions

FD and lacunarity did not prove to be good methods for quantifying differences in the radiographic texture of the trabecular bone of the proximal phalanx of horses with different scores of metacarpophalangeal OA. Future studies analyzing other joints may be useful to identify whether there is applicability in specific regions.

Acknowledgements

This study receives support from São Paulo Research Foundation (FAPESP - Process 2022/14282-7).

References

- CESUR, E. et al. Evaluating the effects of functional orthodontic treatment on mandibular osseous structure using fractal dimension analysis of dental panoramic radiographs. *Angle Orthod.* 90 (6), p. 783-793, 2020.
- SANTOS, D. S. et al. Multifractal spectrum and lacunarity as measures of complexity of osseointegration. *Clin. Oral Invest.* 20 (6), 2016.
- JOLLEY, L.; MAJUMDAR, S.; KAPILA, S. Technical factors in fractal analysis of periapical radiographs. *Dentomaxillofac Radiol.* 35 (6), p. 393-7, 2006.
- MCLLWRAITH, C. W.; FRISBIE, D. D.; KAWCAK, C. E. The horse as a model of naturally occurring osteoarthritis. *Bone Joint Res.* 1 (11), 2012.
- BURR, D. B; GALLANT, M. A. Bone remodelling in osteoarthritis. *Nat Rev Rheumatol.* 8 (11), p. 665-73, 2012.