

RAZÃO CARDIOTORÁCICA E TAMANHO DO CORAÇÃO VERTEBRAL (VHS) PARA PADRONIZAR O TAMANHO DO CORAÇÃO DO MACACO-PREGO (*CEBUS APPELLA LINNAEUS, 1758*) EM IMAGENS RADIOGRÁFICAS COMPUTADORIZADAS

*CARDIOTHORACIC RATIO AND VERTEBRAL HEART SIZE (VHS) TO STANDARDIZE THE HEART SIZE OF THE TUFTED CAPUCHIN (*CEBUS APPELLA LINNAEUS, 1758*) IN COMPUTERIZED RADIOGRAPHIC IMAGES*

► **Hermínio José da Rocha Neto**

Universidade Federal do Piauí- UFPI: Doutorando.
Teresina-PI. ORCID-iD: <https://orcid.org/0000-0002-5312-5689>

► **Renan Paraguassu de Sá Rodrigues**

Universidade Federal do Cariri-UFCA
ORCID-iD: <https://orcid.org/0000-0002-8108-4669>

► **Laecio da Silva Moura**

Universidade Federal do Piauí- UFPI: Estágio Pós-Doutoral
Teresina-PI. ORCID-iD: <https://orcid.org/0000-0002-6070-2763>

► **Danielle Climaco Marques**

Universidade Federal do Piauí- UFPI: Doutoranda.
Teresina-PI. ORCID-iD: <https://orcid.org/0000-0003-0406-2834>

► **Eduardo Antonio Lima Oliveira**

Universidade Federal do Piauí: Discente.
Teresina-PI. ORCID-iD: <https://orcid.org/0009-0000-0313-8011>

► **José Luís de Sousa Santana**

Universidade Federal do Piauí: Mestrando.
Teresina-PI. ORCID-iD: <https://orcid.org/0000-0003-1793-8401>

► **Maria Alice Batista Araujo**

Universidade Federal do Piauí: Discente.
Teresina-PI. ORCID-iD: <https://orcid.org/0009-0005-2133-3642>

► **Maria Pinto Sanches**

Universidade Federal do Piauí: Discente.
Teresina-PI. ORCID-iD: <https://orcid.org/0009-0000-0313-8011>

► **Rebeca Araújo Dias**

Centro Universitário Uninovafapi, Brasil
Teresina-PI. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9997-2480>

► **Francisco das Chagas Araújo Sousa**

Universidade Estadual do Piauí, Brasil
Teresina-PI. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7244-9729>

► **Flávio Ribeiro Alves**

Universidade Federal do Piauí: Docente.
Teresina-PI. ORCID-iD: <https://orcid.org/0000-0002-4935-3486>

RESUMO

Para avaliação do VHS e ICT foram utilizadas radiografias torácicas computadorizadas de 10 macacos-prego (05 machos e 05 fêmeas) clinicamente saudáveis, oriundos do Centro de Triagem de Animais Silvestres de São Luís-MA-CETAS. Foram tomadas radiografias em projeções latero-laterais e dorsoventrais, para cálculo do Escala Cardíaca Vertebral (VHS) e Índice Cardiororácico (ICT). O VHS evidenciou valores médios de $9,34 \pm 0,32v$ (machos) e $9,16 \pm 0,34v$ (fêmeas), não ocorrendo diferença estatística entre machos e fêmeas ($p > 0,05$). O ICT evidenciou valores médios de $0,55 \pm 0,04$ (machos) e de $0,52 \pm 0,03$ (fêmeas), não sendo verificada diferença estatística entre sexos ($p > 0,05$). Verificou-se correlação positiva entre VHS e ICT ($r = 0,78$). Os diâmetros torácico e cardíaco demonstraram valores médios de $5,70 \pm 0,48\text{cm}$ e $3,16 \pm 0,40\text{cm}$ nos machos, respectivamente. Nas fêmeas mediram $5,32 \pm 0,39\text{cm}$ e $2,94 \pm 0,32\text{cm}$. Não houve diferença estatística entre os sexos ($p > 0,05$). Os nossos resultados demonstraram que a alta correlação encontrada entre o VHS e o ICT permitiu verificar precisão clínica semelhante entre os dois métodos, para estimar alterações da silhueta cardíaca ao exame radiográfico de macacos-prego, constituindo-se como uma técnica de fácil aplicação, podendo ser considerada na investigação de problemas cardíacos para esta espécie silvestre.

Palavras-chave: CTR; VHS; silhueta de coração; cutia; *Cebus paella*; animais selvagens.

ABSTRACT:

The VHS and CTR were assessed using computerized thoracic radiographs of ten clinically healthy tufted capuchin monkeys (five males and five females) from the Wild Animal Screening Center in São Luís (Centro de Triagem de Animais Silvestres de São Luís-MA-CETAS). Radiographs were taken in laterolateral and dorsoventral projections to calculate the cardiothoracic ratio (VHS) and vertebral heart size (CTR). The VHS showed mean values of $9.34 \pm 0.32v$ (males) and $9.16 \pm 0.34v$ (females) and there was no statistical difference between males and females ($p > 0.05$).

The CTR showed mean values of 0.55 ± 0.04 (males) and 0.52 ± 0.03 (females) and there was no statistical difference between the sexes ($p > 0.05$). There was positive correlation between VHS and CTR ($r = 0.78$). The thoracic and heart diameters showed mean values of 5.70 ± 0.48 cm and 2.16 ± 0.40 cm in the males, respectively. In the females they measured 5.32 ± 0.39 cm and 2.94 ± 0.32 cm. There was no statistical difference between the sexes. Our results show that the high correlation found between VHS and CTR permitted the verification with similar clinical precision between the two methods to estimate alterations in the heart silhouette by radiographic examination of tufted capuchin, making it an easy technique to apply that can be considered in the investigation of heart problems for this wild species.

keywords: CTR; VHS; heart silhouette; cutia; *Cebus paella*; wild animals

INTRODUÇÃO

Os primatas não humanos foram criados para coletar dados fisiológicos e biológicos para fins científicos desde 1932 pelo Dr. Carlos Chagas, melhorando o tratamento desses animais, para realizar experimentos relacionados ao diagnóstico e tratamento da doença (ANDRADE ET AL. 2007). Os primatas não humanos têm sido amplamente utilizados como modelos animais em pesquisa biomédica (YANG ET AL. 2014), especialmente por causa de suas características anatômicas e fisiológicas semelhantes ao homem, em comparação com outros modelos animais (NIMRI ET AL. 2014, FUKUSHIMA ET AL. 2014).

As radiografia torácica está bem estabelecida na medicina veterinária como um método não invasivo de investigar a cavidade torácica em animais (REICHLE & WISNER 2000). Nesse contexto, as imagens radiográficas do tórax primata podem ajudar a elucidar processos patológicos intrínsecos à espécie e ajudar no estudo de modelos de doenças, ou além, para estudos morfométricos de interesse da primatologia (LAWLER ET AL. 2006, SHARPE ET AL. 2010, ALVES 2012).

O estudo do padrão normal de raios X torácicos em primatas não humanos é essencial para caracterizar anormalidades que causam doenças nesses animais. Embora inúmeros estudos tenham sido projetados para estabelecer os critérios de avaliação e a definição dos parâmetros morfométricos para várias espécies de macacos, como *Macaca Nigra* e *Macaca tonkeana* (SCHILLACI ET AL. 2009, 2010), *Macaca mulatta*, *Macaca fascicular* (SCHILLACI ET AL. 2010) *Callithrix jacchus* (WAGNER & KIRBERGER 2005) e o macaco *Rhesus*, foi encontrado na literatura apenas um estudo sobre os aspectos morfológicos da cavidade torácica no macaco-prego-de-topete (ALVES ET AL. 2012).

Índices cardíacos como o tamanho do coração vertebral (VHS), já consolidados para estimar o tamanho da silhueta do coração em pequenos animais (BUCHANAN 2000, LITSTER & BUCHANAN 2000) e a proporção cardiorádica (CTR) amplamente utilizada na medicina como uma previsão da função cardíaca e a vida útil dos pacientes cardíacos (MICHIE ET AL. 2010, HASAN ET AL. 2012) ainda são usados apenas raramente na medicina veterinária de primatas não humanos.

Na medicina veterinária, um valor médio foi sugerido para VHS para cães entre 10,5 vértebra (v) em projeções radiográficas (LAMB ET AL. 2001, NAKAYAMA ET AL. 2001, LAMB & BOSWOOD 2002). Para primatas não humanos, os valores de $9,42 \pm 0,44V$ foram sugeridos para *Callicebus jacchus* (WAGNER & KIRBERGER 2005), $10,7 \pm 0,69V$ para *Aotus* spp. (Knowlen et al. 2013), $9,63 \pm 0,0,45V$ para *Chloroceryle sabaeus* (YOUNG ET AL. 2013) e $9,12 \pm 0,63V$ para *Cebus apella* (ALVES ET AL. 2012). Os valores foram relatados para o CTR de 0,55 (SCHILLACI ET AL. 2010) a 0,58 (XIE ET AL. 2014) para *Macaca fascicularis*, 0,59 para *Macaca tonkeana* e 0,58 para *Macaca nigra* (SCHILLACI ET AL. 2009).

Até onde sabemos, não há referências até o momento sobre os valores de CTR para o macaco-prego (*Cebus apella*), nem comparação desta técnica com outras técnicas de mensuração da silhueta cardíaca em radiografias de tórax, já aplicadas em primatas não humanos. Assim, considerando que o macaco-prego (*Cebus apella*) é um animal tipicamente sul-americano e que não há dados referentes à mensuração da espécie, o objetivo do presente estudo foi gerar dados biométricos torácicos do índice cardiotorácico que possam auxiliar em procedimentos clínicos, pois estes animais são frequentadores constantes dos Centros de Triagem de Animais Silvestres (CETAS), devido ao envolvimento em acidentes ou caça predatória. Espera-se também agregar informações sobre o perfil cardiovascular da espécie como modelo animal para estudos de cardiopatias em humanos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Animais

Foram utilizados 10 macacos-prego (*Cebus apella*) sadios, provenientes do Centro de Triagem de Animais Silvestres (CETAS) de São Luís-MA, Brasil. Os animais foram separados em grupos, compostos por cinco machos e cinco fêmeas com média de dois anos de idade. Eles foram previamente identificados, pesados e submetidos a exame clínico e perfil hematológico (WIRZ ET AL. 2008). O protocolo experimental foi aprovado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Instituto dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA-SISBIO), protocolo número 02012.003909/2006.

Protocolo anestésico

Os macacos-prego já estavam em gaiolas, pois eram oriundos de reabilitação ou apreensão pelo CETAS. Posteriormente, foram sedados com cloridrato de meperidina (MEPERIDINA®, Agribands, 5mg/kg/IM). Após esse momento, a contenção química continuou com a associação de cloridrato de xilazina (ROMPUM®, Bayer do Brasil, 1mg/kg/IM) e cloridrato de cetamina (KETALAR®, Pfizer do Brasil, 40mg/kg/IM). Os animais foram mantidos em contenção química utilizando Propofol 1% (FRESEFOL®, Fresenius Kabi, 5mg/kg/IV) durante todo o procedimento do exame. A função cardíaca e respiratória foi avaliada utilizando-se um estetoscópio para observação dos sons cardíacos normais, frequência respiratória e difusão de ar nos campos pulmonares.

Exame radiográfico

Para realização dos exames radiográficos, os animais foram posicionados em decúbito ventral e lateral para obtenção de imagens radiográficas em projeções dorsoventral e laterolateral da região torácica. Foi utilizado um aparelho de Raio X Tec 300mA, instalado no Serviço de Diagnóstico por Imagem do Hospital Veterinário da Universidade Estadual do Maranhão-UEMA. O aparelho foi calibrado com distância de filme focal de 1 m e técnicas de exposição de 45 kVp e 0,1 mAs. As imagens foram capturadas em um chassi contendo (18x24 cm, placas de fósforo, AGFA Health Care, São Paulo, Brasil). Os chassis foram lidos por um processador de imagem digital AGFA CR30-X e salvos para avaliação posterior.

Razão cardiotorácica e tamanho do coração vertebral (VHS) para padronizar o tamanho do coração do macaco-prego-de-tufos em imagens radiográficas computadorizadas 855

Medindo o VHS (Tamanho do Coração Vertebral)

O VHS (Tamanho do Coração Vertebral) foi medido de acordo com o protocolo estabelecido por BUCHANAN & BÜCHELER (1995), LITSTER & BUCHANAN (2000), que é a soma do comprimento e largura do coração no seu maior diâmetro e sua posterior comparação com os corpos vertebrais a partir de T4 (Fig. 1a). Essas medidas foram tomadas e os valores médios foram estimados para estabelecer critérios de normalidade. Por se tratar de uma espécie silvestre e com o intuito de reduzir o estresse da contenção e também sabendo que a literatura relata que não há diferença nos valores de VHS em animais entre o decúbito lateral direito e esquerdo (LITSTER & BUCHANAN 2000), este experimento foi realizado tomando como base o decúbito direito para todas as medidas.

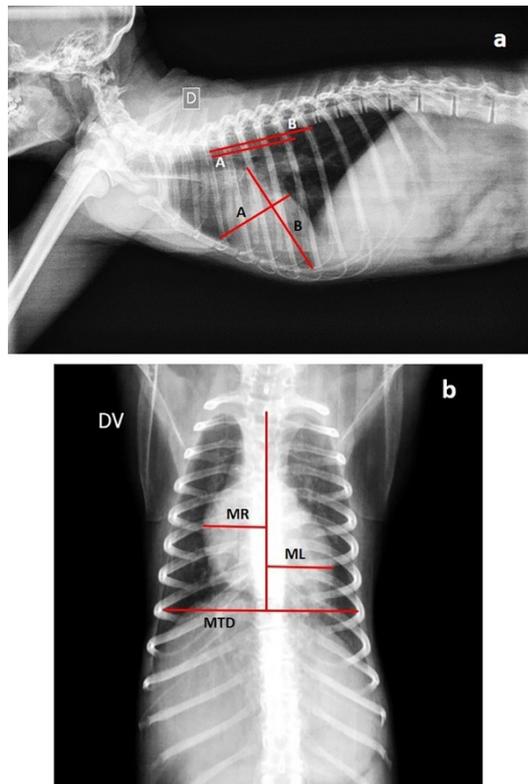


Fig.1. Imagem radiográfica digital do tórax de um macaco-prego. Em (a) projeção laterolateral direita para obter o cálculo do VHS. Em (b) projeção dorsoventral para obter o ICT. (A) Maior diâmetro cardíaco. (B) Maior comprimento cardíaco. (RM + ML) representam as duas maiores distâncias da linha vertical que divide o lado direito e esquerdo do coração.

Tamanho do coração vertebral (CTR)

O CTR foi avaliado comparando as maiores larguras da silhueta cardíaca e a distância entre as paredes torácicas na altura T8, conforme metodologia descrita por (SCHILLACI ET AL. 2009) para *Macaca fascicularis* e por (HASAN ET AL. 2012) em humanos. A largura do coração foi medida nas duas maiores distâncias (ML e MR) da linha vertical que divide os limites entre o lado direito e esquerdo do coração, no ponto de seu maior diâmetro. Da mesma forma, a largura torácica foi medida no ponto de maior diâmetro torácico (MTD), como segue:

$$\text{CTR} = \frac{\text{MR} + \text{ML}}{\text{MTD}}$$

Para ambos os métodos utilizados, foi adotada uma padronização para que os cortes das radiografias torácicas fossem feitos no pico da inspiração, para garantir a maior distensão torácica (Fig. 1b).

Estatística

Os dados foram submetidos ao teste de erro de normalidade de SHAPIRO-WILK e KOLMOGOROV-SMIRNOV e posteriormente as médias dos grupos masculino e feminino (VHS e CTR) foram analisadas pelo teste T de Student pareado, para interpretação dos parâmetros, considerando um intervalo de confiança de 5% ($p < 0,05$).

RESULTADOS

Os animais estudados apresentaram silhueta cardíaca situada entre o terceiro e o quinto espaço intercostal, no mediastino médio. O VHS nos machos apresentou valor médio de $9,34 \pm 0,32v$ e nas fêmeas, $9,16 \pm 0,34v$. Quando o VHS foi avaliado entre machos e fêmeas, não houve diferença estatística ($p > 0,05$). Assim, assumindo que não houve diferença entre machos e fêmeas, o VHS foi estimado para machos e fêmeas como valor médio de $9,25 \pm 0,32v$ (Tabela 1).

Tabela 1. Valores comparativos medidos para a Escala do Coração Vertebral (VHS) e razão cardiotorácica (CTR) em macacos-prego

Gênero	(VHS)
decúbito lateral direito	
Macho	$9,34 \pm 0,32^a$
Fêmea	$9,16 \pm 0,34^a$
CTR	
Macho	$0,55 \pm 0,04^a$
Fêmea	$0,52 \pm 0,03^a$

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem estatisticamente.

O tamanho do coração vertebral (CTR) apresentou valor médio de $0,55 \pm 0,03$ para o sexo masculino e $0,55 \pm 0,04$ para o feminino e não houve diferença estatística entre os sexos (Tabela 1). Assim, o cálculo de uma CTR entre homens e mulheres resultou no valor médio de $0,55 \pm 0,04$. As correlações entre VHS e CTR foram positivas ($y = 0,1069x - 0,4346$, $R = 0,78$), tomando como variável dependente o CTR (Fig.2). O estudo dos diâmetros torácico e cardíaco no sexo masculino apresentou valores médios de $5,70 \pm 0,48cm$ e $2,16 \pm 0,40cm$, respectivamente. No sexo feminino esses valores foram $5,32 \pm 0,39cm$ e $2,94 \pm 0,32cm$. A avaliação das diferenças nas médias dos diâmetros torácico e cardíaco não mostrou diferença significativa entre homens e mulheres ($p > 0,05$) (Tabela 2).

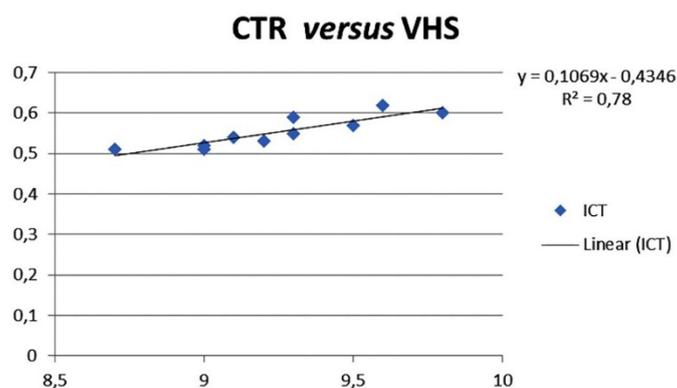


Figura. 2. Correlação linear entre VHS (decúbito lateral direito) e índice cardiotorácico em macacos-prego.

O estudo do diâmetro torácico e cardíaco nos machos apresentou valores médios de 5,70±0,48cm e 2,16±0,40cm, respectivamente. Nas fêmeas esses valores foram de 5,32±0,39cm e 2,94±0,32cm. A avaliação das diferenças nas médias dos diâmetros torácico e cardíaco não mostrou diferença significativa entre machos e fêmeas ($p>0,05$) (Tabela 2)

	Macho	Fêmea
Diâmetro Torácico	5,70±0,48a	5,32±0,39a
Diâmetro Cardíaco	3,16±0,40a	2,94±0,32a

Tabela 2. Valores comparativos medidos dos diâmetros cardíaco e torácico entre fêmeas e machos em macacos-prego.

O estudo das correlações entre o diâmetro torácico ($y=0,734x+1,136$. $R= 0,833$) e o diâmetro cardíaco ($y=x-0,275$. $R= 0,972$) entre homens e mulheres mostrou forte interação entre essas variáveis (Fig.3 e 4).

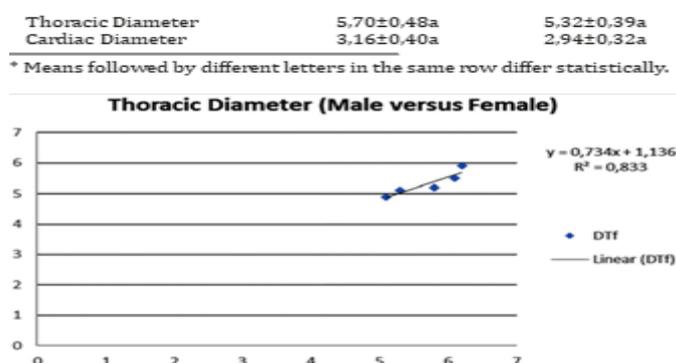
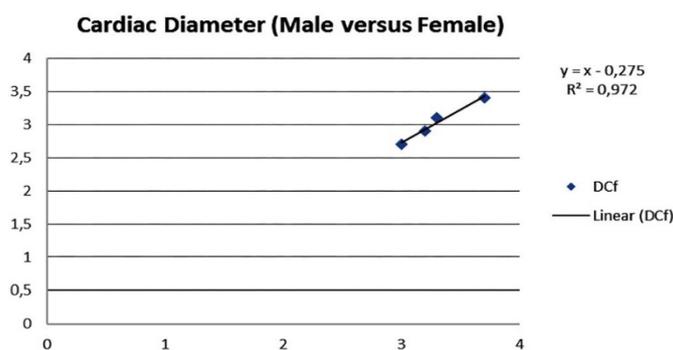


Figura .3. Correlação linear entre os diâmetros torácicos em macacos-prego machos e fêmeas.

Tabela 2. Valores comparativos medidos dos diâmetros cardíaco e torácico entre fêmeas e machos em macacos-prego.



(
Figura .4. Correlação linear entre os diâmetros cardíacos em macacos-prego machos e fêmeas.

DISCUSSÃO

A avaliação morfológica da cavidade torácica do *Cebus Apella* em nossos achados mostrou que a conformação anatômica variou pouco, semelhante ao observado em outros primatas não humanos, como *Callithrix Jacchus* (WAGNER & KIRBERGER 2005), *Chlorocebus Sabaeus* (YOUNG ET AL. 2013) e *Macaca Mulata* (JI ET AL. 2013). Essa característica tornou-se essencial para aplicar testes biométricos que permitiram definir discretos aumentos na silhueta cardíaca desses animais, possibilitando o diagnóstico precoce de doenças cardiovasculares (SCHILLACI ET AL. 2010).

O VHS é uma técnica bem estabelecida na medicina veterinária (JEPSEN-GRANT ET AL. 2013) e correlaciona-se positivamente com o desenvolvimento de aumentos cardíacos em animais de companhia (GUGLIELMINI ET AL. 2012). No entanto, existem poucos estudos em animais selvagens usando o VHS como ferramenta diagnóstica. (FELKAI ET AL. 2014) descreveram a presença de derrame pleural residual, aumento cardíaco e cardiomegalia, associados a aumentos nos valores de VHS em *Cercopithecus Neglectus*, confirmados posteriormente por exame ecocardiográfico.

Os valores de VHS encontrados em nossas avaliações (média de $9,25 \pm 0,32v$, entre machos e fêmeas) foram semelhantes aos avaliados para *Callithrix jacchus* ($9,42 \pm 0,44v$), descritos por WAGNER & KIRBERGER (2005). Esses autores, corroborando nossos achados, não observaram diferença estatística para os valores de VHS entre machos e fêmeas nas espécies que estudaram. Embora haja diferença de peso e tamanho entre machos e fêmeas no macaco-prego-de-topete, há consenso na literatura disponível sobre a fraca interação entre a massa corporal e os valores de VHS, tanto em animais de companhia quanto em outros primatas não humanos (SCHILLACI ET AL. 2008, YOUNG 2012, JI ET AL. 2013). Outras espécies de macacos, como *Aotus spp.* (KNOWLEN ET AL. 2013) e *Macaca fascicularis* (XIE ET AL. 2014) têm sido amplamente estudadas neste sentido. No entanto, até onde sabemos, até o momento apenas (ALVES ET AL. 2012) padronizaram valores de VHS na espécie *Cebus apella*.

O tamanho do coração vertebral é um método amplamente aceito para quantificar o tamanho da silhueta cardíaca e pode fornecer informações sobre a presença de cardiomegalia e insuficiência cardíaca congestiva, porque se correlaciona positivamente com a função miocárdica (HAMMERMEISTER ET AL. 1979, HUBBELL ET AL. 1985, KEARNEY ET AL. 2002). A padronização deste índice para o macaco-prego-de-tufo na presente pesquisa ($0,55 \pm 0,04$) mostrou valores de normalidade maiores do que os observados em humanos (DIMOPOULOS ET AL. 2013). Embora seja uma relação cárdio-torácica compatível com cardiopatia instalada (GUSTAFSSON ET AL. 2003) e (SOLOMON ET AL. 2005), os animais estudados não apresentaram sinais clínicos ou radiográficos compatíveis com insuficiência cardíaca em qualquer grau. Aliado a isso, dados relatados anteriormente por (SCHILLACI ET AL. 2009), em macacos das espécies *Macaca tonkeana* (0,59) e *Macaca nigra* (0,58) e por (XIE ET AL. 2014) para *Macaca fascicularis* (0,58) foram semelhantes aos nossos achados, sugerindo que os primatas apresentam valores de CTR maiores do que

os observados em humanos. Semelhante aos nossos estudos, esses autores não encontraram diferença estatística significativa entre machos e fêmeas quanto às medidas de CTR, sugerindo que há pouca ou nenhuma influência do gênero sobre essa variável para a espécie. (2013) relataram ainda que as alterações promovidas pelo crescimento não apresentaram diferenças significativas na conformação torácica e biometria em machos e fêmeas jovens da espécie Macaca Mulatta. Primatas não humanos apresentam doenças cardíacas semelhantes às encontradas em humanos (WOLFE-COOTE 2005, LIANG ET AL. 2005). Técnicas avançadas como tomografia computadorizada e ressonância magnética são consideradas o padrão ouro no diagnóstico de doenças torácicas, mas são caras e seu uso para primatas não humanos ainda não é global (XIE ET AL. 2014).

Ainda não há estudo sistemático para aquisição de parâmetros medidos em radiografias torácicas de macaco-prego-de-tufo, tornando essencial a construção de índices de referência para embasar a análise da silhueta cardíaca na espécie.

O CTR calculado para o macaco-prego estudado, assim como os diâmetros cardíaco e torácico, apresentou pouca variação. Esses resultados reforçam a hipótese de que o CTR é sensível para diagnosticar variações discretas na silhueta cardíaca desses animais, sendo possível o diagnóstico precoce de cardiopatias. Gustafsson e outros (2003) e (SALOMÃO ET AL. (2005) relataram que o aumento das câmaras cardíacas reflete uma série de processos patológicos que podem afetar a função cardiovascular: hipertrofia, dilatação e remodelação cardíaca, marcadores estabelecidos em doenças cardíacas adquiridas. Dimopoulos e outros (2013) demonstraram em humanos que CTR maior que 0,55 está associado à cardiomegalia. Esses autores consideraram um CTR entre 0,48 e 0,55 como um índice moderado de aumento cardíaco.

Esses dados de referência são escassos para primatas não humanos. Apenas Felkai e outros (2014) descrevem um CTR de 0,68 (68%) para *Cercopithecus neglectus* com doença cardíaca adquirida associada a encurtamento fracionário de 7-10%. Em nossos estudos, observamos forte interação entre os valores de VHS e CTR ($y = 0,1069x - 0,4346$. $R = 0,78$), relação ainda não discutida na literatura para primatas não humanos. Esses valores nos permitiram inferir que tanto o VHS quanto o CTR podem ser usados como métodos de medição confiáveis para avaliar a silhueta cardíaca em macacos-prego. Como o CTR pode ser realizado em decúbito esternal (projeção dorsoventral), animais com derrame pleural ou pericárdico importante que não aceitam muito bem o decúbito lateral podem ser estudados preferencialmente pelo método do tamanho do coração vertebral.

CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que o CTR, até então utilizado apenas na medicina humana, quando comparado ao VHS (índice cardíaco consolidado na medicina veterinária), apresentou correlação positiva e precisão clínica na sua aplicação.

No macaco-prego, modelo animal utilizado no presente estudo, o CTR mostrou-se uma ferramenta diagnóstica e investigativa, sendo uma opção na escolha de um método para avaliar o aumento da silhueta cardíaca nesses animais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à equipe de diagnóstico por imagem do Hospital Veterinário Universitário (HVU-UFPI), em nome do Prof. Dr. João Macedo. Agradecem também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de mestrado.

REFERÊNCIAS

ALVES F.R., COSTA F.R., AROUCHE M.M.S., BARROS A.C.E., MIGLINO M.A., VULCANO L.C. & GUERRA P.C. 2007. Ultrasonographic evaluation of the urinary system, liver and uterus of *Cebus apella* monkey. *Pesq. Vet. Bras.* 27:377-382.

ANDRADE M.C., RIBEIRO C.T., SILVA V.F., MOLINARO E.M., GONCALVES M.A., MARQUES M.A., CABELLO P.H. & LEITE J.P. 2004. Biologic data of *Macaca mulatta*, *Macaca fascicularis*, and *Saimiri sciureus* used for research at the Fiocruz primate center. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 99:581-589.

BUCHANAN J.W. 2000. Vertebral scale system to measure heart size in radiographs. *Vet. Clin. North Am., Small Anim. Pract.* 30:379-393.

DIMOPOULOS K., GIANNAKOULAS G., BENDAVANI I., LIODAKIS E., PETRACO R., DILLER G.P., PIEPOLI M.F., SWAN L., MULLEN M., BEST N., POOLE-WILSON P.A., FRANCIS D.P. RUBENS M.B. & GATZOULIS M.A. 2013. Cardiothoracic ratio from posterior-anterior chest radiographs: a simple, reproducible and independent Market of disease severity and outcome in adults with congenital heart disease. *Int. J. Cardiol.* 166:453-457.

FELKAI A., VOGELNEST L., MCNABB S., ALLAN G. & SANGSTER C. 2014. Dilated cardiomyopathy in a De Brazza's monkey (*Cercopithecus neglectus*). *J. Med. Primatol.* 43:209-212.

FUKUSHIMA M., SAUNDERS R.C., MULLARKEY M., DOYLE A.M., MISHKIN M. & FUJII N. 2014. An electrocorticographic electrode array for simultaneous recording from medial, lateral, and intrasulcal surface of the cortex in macaque monkeys. *J. Neurosci. Methods* 233:155-165.

GUGLIELMINI C., DIANA A., SANTARELLI G., TORBIDONE A., DI TOMMASO M., BARON TOALDO M. & CIPONE M. 2012. Accuracy of radiographic vertebral heart score and sphericity index in the detection of pericardial effusion in dogs. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 241:1048-1055.

GUSTAFSSON F., TORP-PEDERSEN C., BRENDORP B., SEIBAEK M., BURCHARDT H. & KOBER L. 2003. Long-term survival in patients hospitalized with congestive heart failure: relation to preserved and reduced left ventricular systolic function. *Eur. Heart. J.* 24:863-780.

HAMMERMEISTER K.E., CHIKOS P.M., FISHER L. & DODGE H.T. 1979. Relationship of cardiothoracic ratio and plainfilm heart volume to late survival. *Circulation* 59:89-95.

- HASAN M.A., LEE S.L., KIM D.H. & LIM M.K. 2012. Automatic evaluation of cardiac hypertrophy using cardiothoracic area ratio in chest radiograph images. *Comput. Methods Programs Biomed.* 105:95-108.
- HUBBELL F.A., GREENFIELD S., TYLER J.L., CHETTY K. & WYLE F.A. 1985. The impact of routine admission chest X-ray films on patient care. *N. Engl. J. Med.* 312:209-213.
- JEPSEN-GRANT K., POLLARD R.E. & JOHNSON L.R. 2013. Vertebral heart scores in eight dog breeds. *Vet. Radiol. Ultrasound* 54:3-8.
- JI Y., XIE L., LIU S., CHENG K., XU F., LI X., WANG T., ZHOU Q., FANG L. & XIE P. 2013. Correlation of thoracic radiograph measurements with age in adolescent Chinese rhesus macaques (*Macaca mulatta*). *J. Am. Assoc. Lab. Anim. Sci.* 52:78-82.
- KEARNEY M.T., FOX K.A., LEE A.J., PRESCOTT R.J., SHAH A.M., BATIN P.D., LINDSAY S., CALLAHAN T.S., SHELL W.E., ECKBERG D.L., ZAMAN A.G., WILLAMS S., NEILSON J.M. & NOLAN J. 2002. Predicting death due to progressive heart failure in patients with mild-to-moderate chronic heart failure. *J. Am. Coll. Cardiol.* 40:1801-1808.
- KNOWLEN G.G., WELLER R.E., PERRY R.L., BAER J.F. & GOZALO A.S. 2013. Hypertrophic cardiomyopathy in owl monkeys (*Aotus* spp.). *Comp. Med.* 63:279-287.
- LAMB C.R. & BOSWOOD A. 2002. Role of survey radiography in diagnosing canine cardiac disease. *Comp. Cont. Educ. Pract. Vet.* 24:316-326.
- LAMB C.R., WIKLEY H., BOSWOOD A. & PFEIFFER D.U. 2001. Use of breed-specific ranges for the vertebral scale as an aid to the radiographic diagnosis of cardiac diseases in dogs. *Vet. Rec.* 230:1870-1876.
- LAWLER J.V., ENDY T.P., HENSLEY L.E., GARRISON A., FRITZ E.A., LESAR M., BARIC R.S., KULESH D.A., NORWOOD D.A., WASIELOSKI L.P., ULRICH M.P., SLEZAK T.R., VITALIS E., HUGGINS J.W., JAHRLING P.B. & PARAGAS J. 2006. Cynomolgus macaque as an animal model for severe acute respiratory syndrome. *Plos Medicine* 3:677-686.
- LIANG S.L., CHIN S.C., YANG H.L. & YEH L.S. 2005. Radiographic measurements of cardiac size in the Formosan monkeys. *Taiwan. Vet. J.* 31:85-91.
- LITSTER A.L. & BUCHANAN J.W. 2000. Vertebral scale system to measure heart size in radiographs of cats. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 216:210-214.
- MICHIUE T., ISHIKAWA T., SAKODA S., QUAN L., LI D.R., KAMILODAI Y., OKAZAKI S., ZHU B.L. & MAEDA H. 2010. Cardiothoracic ratio in post-mortem chest radiography with regard to the cause of death. *Leg. Med., Tokyo*, 12:73-78.
- NAKAYAMA H., NAKAYAMA T. & HAMLIN R.L. 2001. Correlation of cardiac enlargement as assessed by vertebral heart size and echocardiographic and electrocardiographic findings in dogs with evolving cardiomegaly due to rapid ventricular pacing. *J. Vet. Intern. Med.* 15:217-221.
- NIMRI L.F. & LANNERS H.N. 2014. Glomerulonephropathies in *Plasmodium inui*-infected rhesus monkey: a primate model and possible applications for human quartan malaria. *Parasitology* 15:1-8.

- REICHLE J.K. & WISNER E.R. 2000. Non-cardiac thoracic ultrasound in 75 feline and canine patients. *Vet. Radiol. Ultrasound* 41:154-162.
- SCHILLACI M.A., JONES-ENGEL L., HEIDRICH J.E., BENAMORE R., PEREIRA A. & PAUL N. 2008. Thoracic radiography of pet macaques in Sulawesi, Indonesia. *J. Med. Primatol.* 37:141-145
- SCHILLACI M.A., LISCHKA A.R., KARAMITSOS A.A., ENGEL G.A., PAUL N., RAMOULA R., ROMPISD A., PUTRAD A., WANDIAD N.I. & JONES-ENGELE L. 2010. Radiographic measurement of the cardiothoracic ratio in a feral population of long-tailed macaques (*Macaca fascicularis*). *Radiography* 16:163-166.
- SCHILLACI M.A., PARISH S. & JONES-ENGEL L. 2009. Radiographic measurement of the cardiothoracic ratio in pet macaques from Sulawesi, Indonesia. *Radiography* 15:29-33.
- SHARPE S.A., MCSHANE H., DENNIS M.J., BASARABA R.J., GLEESON F., HALL G., MCINTYRE A., GOOCH K., CLARK S., BEVERIDGE N.E., NUTH E., WHITE A., MARRIOTT A., DOWALL S., HILL A.V., WILLIAMS A. & MARSH P.D. 2010. Establishment of an aerosol challenge model of tuberculosis in rhesus macaques and an evaluation of endpoints for vaccine testing. *Clin. Vaccine Immunol.* 17:1170-1182.
- SOLOMON S.D., ANAVEKAR N., SKALI H., MCMURRAY J.J., SWEDBERG K., YUSUF S., GRANGER C.B., MICHELSON E.L., WANG D., POCOCK S. & PFEFFER M.A. 2005. Influence of ejection fraction on cardiovascular outcomes in a broad spectrum of heart failure patients. *Circulation* 112:3738-3744.
- WAGNER W.M. & KIRBERGER R.M. 2005. Radiographic anatomy of the thorax and abdomen of the common marmoset (*Callithrix jacchus*). *Vet. Radiol. Ultrasound* 46:217-224.
- WOLFE-COOTE S. 2005. *The Laboratory Primate*. Academic Press, San Diego, p.371-386.
- XIE L., ZHOU Q., LIU S., WU Q., JI Y., ZHANG L., XU F., GONG W., MELGIRI N.D. & XIE P. 2014. Normal thoracic radiographic appearance of the cynomolgus monkey (*Macaca fascicularis*). *Plos One* 9:1-6.
- YOUNG A.N., DU PLESSIS W.M., RODRIGUEZ D. & BEIERSCHIMITT A. 2013. Thoracic radiographic anatomy in vertet monkeys (*Chlorocebus sabaues*). *J. Med. Primatol.* 42:310-317.