

UFRRJ

**INSTITUTO DE VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA
VETERINÁRIA**

TESE

**AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA, ELETROMIOGRÁFICA E POR
TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA DO BLOQUEIO DO PLEXO
BRAQUIAL EM COELHOS GUIADO POR ULTRASSONOGRRAFIA**

Rodrigo Mencialha Moreira

2016



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA VETERINÁRIA**

**AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA, ELETROMIOGRÁFICA E POR
TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA DO BLOQUEIO DO PLEXO
BRAQUIAL EM COELHOS GUIADO POR ULTRASSONOGRAFIA**

Rodrigo Mencialha Moreira

Sob a Orientação do Professor

Marcelo Abidu Figueiredo

Co-orientação do Professor

Pablo Ezequiel Otero

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências em Medicina Veterinária**, no programa de Pós Graduação em Medicina Veterinária, área de concentração em Ciências Clínicas.

Seropédica, RJ

Abril de 2016

636.089796

M838a

T

Moreira, Rodrigo Mencalha, 1979-

Avaliação morfológica, eletromiográfica e por termografia infravermelha do bloqueio do plexo braquial em coelhos guiado por ultrassonografia / Rodrigo Mencalha Moreira. - 2016.

79 f.: il.

Orientador: Marcelo Abidu Figueiredo.

Tese (doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, 2016.

Bibliografia: f. 65-78.

1. Anestesia veterinária - Teses. 2. Plexo braquial - Teses. 3. Bloqueio nervoso - Teses. 4. Ultrassonografia - Teses. 5. Termografia - Teses. 6. Coelho como animal de laboratório - Teses. I. Figueiredo, Marcelo Abidu, 1968- II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Medicina Veterinária. III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA VETERINÁRIA

RODRIGO MENCALHA MOREIRA

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Medicina Veterinária no Curso de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, área de Concentração em Patologia e Ciências Clínicas.

TESE APROVADA EM -----/-----/----- (Data da defesa)

Marcelo Abidu Figueiredo. Ph.D. UFRuralRJ (Orientador)

Marco Aurélio Pereira Sampaio Ph.D UFF

Diogo Benchimol de Souza. Ph.D. UERJ

Núbia Verçosa Figueiredo Ph.D. UFRJ

Paulo Sérgio Patto dos Santos. Ph.D. UNESP

DEDICATÓRIA

As minhas avós (in memoriam) Maria Mencialha e Luzia Ramos sem as quais não teria alcançado o nível mais alto de minha formação acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço ao eterno e as forças divinas que sempre convergiram ao meu favor ao longo de toda minha trajetória acadêmica.

Agradeço a minha namorada, Professora Renata Ribeiro Novais de Carvalho, por todo o apoio e compreensão nas infinitas horas destinadas ao trabalho que durante meses me fizeram ser ausente. Obrigado por me ensinar o verdadeiro sentido do amor.

A minha querida família pelo apoio incondicional deste o início da minha caminhada e por todos os esforços dedicados a minha formação.

Ao meu orientador Marcelo Abidu Figueiredo que desde a graduação me serviu de exemplo profissional e foi um dos grandes idealizadores deste trabalho. Obrigado pela confiança irrestrita, por despertar no meu coração o amor pela pesquisa e por me receber de braços abertos no seu laboratório.

Ao meu co-orientador Pablo Ezequiel Otero por me encantar na arte da anestesia locorregional.

Ao meu ex-aluno e hoje colega de trabalho, Professor Carlos Augusto dos Santos Sousa, que de maneira incansável, auxiliou na realização das disseções de 80 plexos braquiais. Você é um dos grandes legados da minha carreira.

Ao meu querido orientado e amigo Thássio Silva que dedicou 2 meses de sua vida na execução do meu experimento mostrando lealdade e gratidão.

Ao Centro de Ensino Superior de Valença que me acolheu em 2006 e me fez amadurecer enquanto professor e ser humano.

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado Rio de Janeiro pelo auxílio financeiro que possibilitou a execução da presente pesquisa.

“Toda uma corrente de acontecimentos brota da decisão, fazendo surgir a nosso favor toda a sorte de incidentes, encontros e assistência material que nenhum homem sonharia que viesse em sua direção. Qualquer coisa que possa fazer, ou sonhe que, possa fazer, comece a fazê-la agora. A ousadia tem em si genialidade, força e magia.”

Goethe

RESUMO

MECALHA, Rodrigo. **Avaliação morfológica, eletromiográfica e por termografia infravermelha do bloqueio do plexo braquial em coelhos guiado por ultrassonografia.** 2016. 79p. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária). Instituto de Veterinária, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2016.

O bloqueio do plexo braquial (BPB) permanece como um dos temas mais intrigantes da anestesia contemporânea, pois, devido a complexa organização desta estrutura, está associado a um número expressivo de insucessos. Com o estudo objetivou-se avaliar a eficácia do bloqueio do BPB guiado por ultrassonografia associado a estimulação de nervos periférico em coelhos. Inicialmente foram dissecados 80 plexos braquiais, de 40 cadáveres, de modo a capacitar os pesquisadores na anatomia macroscópica da região. Posteriormente, no estudo *in vivo*, foram utilizados 40 coelhos do sexo masculino os quais foram aleatoriamente alocados em dois grupos experimentais: Grupo 1: BPB guiado por ultrassonografia associado a estimulação de nervos periféricos (US/ENP); Grupo 2: BPB guiado por estimulação de nervos periféricos (ENP). Sob anestesia geral, o BPB foi realizado, por via axilar, através da injeção de lidocaína 2% sem vasoconstrictor, na dose máxima de $0,7\text{ml.kg}^{-1}$. A diferença entre o tempo de latência motora, tempo de bloqueio motor e do volume necessário para o BPB entre as técnicas foram avaliadas através da gravação dos potenciais de ação motores compostos do nervo radial. A mensuração da temperatura cutânea (TC), por termografia infravermelha, foi realizada em áreas de interesse (AIEs), previamente estipuladas, nas mãos, dedos e antebraços, de modo a verificar a correlação de sua variação com a eficácia do BPB. Em 92,5% dos animais os nervos resultantes foram constituídos das conexões entre os ramos ventrais dos 4 últimos nervos espinhais cervicais (C5, C6, C7, C8) e o primeiro torácico (T1). Não houve diferença significativa no tempo de performance do BPB guiado por US/ENP ($4,3 \pm 0,73$ min) ou por ENP ($6,4 \pm 0,68$ min), no entanto, foi necessário a administração de um volume significativamente menor de anestésico local no grupo guiado por US/ENP ($0,61 \pm 0,15$ ml *versus* $1,22 \pm 0,17$; $P < 0,0001$). Apesar do menor volume utilizado, observou-se que o grupo US/ENP apresentou menor tempo para instalação do bloqueio ($1,1 \pm 0,45$) em comparação ao grupo ENP ($1,95 \pm 0,79$; $P < 0,01$). O BPB guiado por US/ENP ou por ENP resultou em um aumento substancial e significativo da TC nas AIEs dos nervos radial, musculocutâneo ulnar e mediano ($P < 0,001$), no entanto, este aumento foi mais contudente na região da mão e dedos. Nas AIEs dos nervos radial, mediano e ulnar na região dorsolateral das mãos, foram observadas as maiores variações de temperatura no grupo US/ENP em comparação ao ENP (radial $3,1$ *versus* $2,0^{\circ}\text{C}$; mediano $4,5$ *versus* $3,1^{\circ}\text{C}$ e ulnar $4,1$ *versus* $3,6^{\circ}\text{C}$). Dessa forma conclui-se que o BPB guiado por US/ENP é uma técnica eficaz e de fácil reprodutibilidade no modelo experimental utilizado a qual requereu menor volume de anestésico local, proporcionou menor tempo de latência motora e maior tempo de bloqueio motor quando comparado ao bloqueio guiado por ENP. O aumento da TC é uma ferramenta altamente eficaz na avaliação da eficácia do BPB com valor preditivo, sensibilidade e especificidade de 100%. Outrossim, futuros estudos clínicos são necessários para verificar sua correlação com a área anestesiada.

Palavras-Chave: Plexo braquial, Ultrassonografia, Termografia.

ABSTRACT

MECALHA, Rodrigo. **Morphological, electromyography and infrared thermal imaging evaluation of the ultrasound-guided brachial plexus block in rabbits.** 2016. 79p. Thesis (Doctor of Veterinary Medicine). Veterinary Institute, Rural Federal University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2016

The brachial plexus block (BPB) remains one of the most intriguing topics of contemporary anesthesia because, due to the complex organization of this structure is associated with a significant number of failures. The aim of this study was to evaluate the effectiveness of ultrasound-guided associated with peripheral nerve stimulation BPB in rabbits. Initially, 80 plexus were dissected, so as to enable researchers in the gross anatomy of the region. Later, in the in vivo study, we used 40 male rabbits which were randomly divided into two groups: Group 1: Ultrasound-guided associated with peripheral nerve stimulation (US/ENP) BPB; Group 2: Peripheral nerve stimulation-guided (ENP) BPB. Under general anesthesia, axillary BPB was performed, under lidocaine 2% without vasoconstrictor injection at the maximum dose of $0,7\text{ml.kg}^{-1}$. The motor latency, motor block and volume difference between the BPB between the techniques were evaluated by recording motor action potentials compounds of the radial nerve. The measurement of skin temperature (ST), by infrared thermography, was carried out in areas of interest, previously stipulated in the forepaw, digits and forearm, in order to verify the correlation of the variation in the effectiveness of BPB. In 92.5% of the animals the nerves resulting consisted of connections between the ventral rami of the last four cervical spinal nerves (C5, C6, C7, C8) and first thoracic (T1). No significant difference was observed in time performance of US/ENP-guided BPB (4.3 ± 0.73 min) or ENP-guided BPB (6.4 ± 0.68 minutes), however, significantly less volume administration was necessary to local anesthetic in the US/ENP-guided BPB (0.61 ± 0.15 mL vs 1.22 ± 0.17 ; $P < 0.0001$). Despite the lower volume used, it was observed that the US/ENP group had shorter on set time block (1.1 ± 0.45) compared to ENP group (1.95 ± 0.79 ; $P < 0.01$). The US/ENP-guided BPB or ENP-guided BPB resulted in a substantial and significant increase in ST areas of interest in the radial, musculocutaneous, median and ulnar nerves ($P < 0.001$), however this increase was outstanding in hand and digits regions Thus it is concluded that the US/ENP-guided BPB is an effective and easy technique to reproduce in this experimental model which required lower volume of local anesthetic, provided a smaller motor latency and a higher motor blockade time when compared to the ENP-guided BPB. The increase in ST is a highly effective tool for assessing the effectiveness of BPB with predictive value, sensitivity and specificity of 100%. Furthermore, future clinical studies are needed to verify its correlation with the anaesthetized area.

Keywords: Brachial plexus, Ultrasonography, Termography.

LISTA DE ABREVIATURAS

- **AIEs** - Áreas de interesse específico
- **ALR** - Anestesia locorregional
- **BLR** - Bloqueio locorregional
- **BPB** - Bloqueio do plexo braquial
- **C4** - Quarto ramo espinhal cervical
- **C5** - Quinto ramo espinhal cervical
- **C6** - Sexto ramo espinhal cervical
- **C7** - Sétimo ramo espinhal cervical
- **C8** - Oitavo ramo espinhal cervical
- **CVM** - Contração voluntária máxima
- **EMG** - Eletromiografia
- **ENP** - Estimulador de nervo periférico
- **Hz** - Hertz
- **m.** - Músculo
- **mA** - Miliampere
- **mm.** - Músculos
- **n.** - Nervo
- **nn.** - Nervos
- **NT1** - Primeiro nervo torácico
- **PAMC** - potencial de ação motor composto (CMAP)
- **PB** - Plexo braquial
- **T1** - Primeiro ramo espinhal torácico
- **T2** - Segundo ramo espinhal torácico
- **TC** - Temperatura cutânea
- **TR** - Temperatura de referência
- **US** - Ultrassonografia
- **VC1** - Primeira vértebra cervical
- **VC2** - Segunda vértebra cervical
- **VC3** - Terceira vértebra cervical
- **VC4** - Quarta vértebra cervical
- **VC5** - Quinta vértebra cervical
- **VC6** - Sexta vértebra cervical
- **VC7** - Sétima vértebra cervical

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1:** Foto ilustrativa representando a anatomia sonográfica em corte transverso do plexo braquial de gatos na abordagem umeral proximal. 1. nervo radial ; 2. artéria braquial; 3. nervo mediano; 4. nervo ulnar; 5. veia braquial; BBM: músculo bíceps braquial; H: úmero; Cr: cranial; Cd: caudal; Med: medial; Lat: lateral.....16
- Figura 2:** Foto ilustrativa de uma imagem ultrassonográfica da região axilar de cães após a injeção de 0,15ml/kg de solução de anestésico local. As setas indicam as raízes nervosas de C7, C8 e T1. Nota-se que um "bleb" hipocóico produzido pela solução se estende desde a raiz de C6 até a raiz de T1.....18
- Figura 3:** Imagens de termografia infravermelha das mãos em posição pronada após a realização do bloqueio do nervo mediano. (A) Baseline, (B) 4 min, (C) 5 min, (D) 6 min, (E) 7 min, e (F) 22 min após a execução da anestesia. A temperatura da pele inicialmente aumentou na região dos dedos e se estende proximalmente ao longo das veias.....20
- Figura 4:** Diagrama representativo da monitoração eletromiográfica no nervo ulnar. Eletrodos de registo [anodo (1), catodo (2)] na eminência hipotenar (A) são usados para verificar a adequada a injeção do anestésico local através do neurolocalizador (B) próximo ao nervo ulnar. Eletrodos de estimulação (C) evocam o potencial de ação motor composto (CMAPs) os quais são registrados pelos eletrodos hipotenares e registrados pela interface do eletromiógrafo (D).....21
- Figura 5:** Fotomacrografia representando: (A) Posicionamento do transdutor (retângulo vermelho) na abordagem axilar. Referência anatômicas foram delineadas nas abreviações em preto. (B) Ultrassonografia em corte transversal corresponde a imagem sonográfica das raízes nervosas do plexo braquial (C5, C6, C7, C8, T1). Nesta imagem visualiza-se a veia subescapular (círculo azul); Artéria axilar (círculo vermelho); SJ: articulação do ombro EJ: Articulação do cotovelo ; Cr: cranial; Cd: caudal.....27
- Figura 6:** Eletrodos de gravação inseridos na cabeça longa do músculo tríceps braquial para avaliação temporal do bloqueio motor do plexo braquial em coelhos.....29
- Figura 7:** Eletromiógrafo de 4 canais e os eletrodos de gravação utilizados para avaliação temporal do bloqueio motor do plexo braquial em coelhos.....29
- Figura 8:** Termovisor utilizado para avaliar a variação da temperatura cutânea no bloqueio do plexo braquial em coelhos.....30
- Figura 9:** Fotomacrografia da vista ventral do coelho apresentando a origem dos ramos ventrais a partir da medula espinhal. C4 – quarta vértebra cervical, C5 – quinta vértebra cervical, C6 – sexta vértebra cervical, C7 – sétima vértebra cervical, T1 – primeira vértebra torácica. RVC5 - raiz espinhal de C5; RVC6 - raiz espinhal de C6; RVC7 - raiz espinhal de C7; RVC8 - raiz espinhal de C8; RVT1 - raiz espinhal de T1.....32

Figura 10: Fotomacrografia da vista ventral do plexo braquial (antímerno direito) de coelho, apresentando as origens e os nervos resultantes inerentes a musculatura intrínseca do plexo braquial. RVC5 – quinta raiz espinhal cervical, RVC6 – sexta raiz espinhal cervical, RVC7 – sétima raiz espinhal cervical, RVC8 – oitava raiz espinhal cervical, RVT1 – primeira raiz espinhal torácica: Sup – nervo supraescapular, Sub – nervo subescapular, Mc – nervo musculocutâneo, Axi – nervo axilar, Med – nervo mediano, Rad – nervo radial, Uln – nervo ulnar.....32

Figura 11: Fotomacrografia da vista ventral do coelho mostrando a distribuição antimérica dos nervos. C4 – quarta vértebra cervical, C5 – quinta vértebra cervical, C6 – sexta vértebra cervical, C7 – sétima vértebra cervical, T1 – primeira vértebra cervical, T1 – primeira raiz espinhal torácica, RVC5 – quinta raiz espinhal cervical, RVC6 – sexta raiz espinhal cervical, RVC7 – sétima raiz espinhal cervical, RVC8 – oitava raiz espinhal cervical, RVT1 – primeira raiz espinhal torácica, Cr – tronco cranial, Md – tronco médio, Cd – tronco caudal.....33

Figura 12: Fotomacrografia da região axilar do coelho mostrando a distribuição dos nervos do plexo braquial identificados do sentido cranial para o caudal. nervo suprascapular (Sup), nervo subscapular (Sub), nervo axillary (Axi), nervo musculocutaneus (Mc), nervo radial (Rad) e o tronco comum (Com trunk) do nervo mediano (Med) e nervo ulnar (ul).....36

Figura 13: Aparência da dissecação do nervo radial (Rad), no qual se origina do tronco comum que contribuem para formação do nervo mediano e ulnar. O nervo mediano (Med), o qual recebe um ramo comunicante do nervo musculocutâneo (Mc) formam uma alça (alça axilar) na qual . Também são visualizados nesta foto os nervos supraescapular (Sup), subescapular (Sub), axilar (Axi), mediano (Med) e ulnar (Uln).....37

Figura 14: Fotomacrografia da vista axilar do plexo braquial do coelho evidenciando: (A) - nervo mediano (Med), nervo ulnar (uln) e tronco comum (Tronc. com); (B) Nervo ulnar (uln) localizado em uma posição mais caudal seguindo a margem do epicôndilo medial do úmero.....38

Figura 15: Volume de lidocaína 2% sem vasoconstrictor administrado no plexo braquial de coelhos guiado por ultrassonografia e eletroestimulação. Dados apresentados como média e desvio padrão. **** P < 0,0001.....39

Figura 16: Tempo de latência do bloqueio plexo braquial de coelhos guiado por ultrassonografia e eletroestimulação. Dados apresentados como média e desvio padrão. ** P < 0,01.....40

Figura 17: Tempo de curso do bloqueio do plexo braquial, após a injeção de lidocaína 2% sem vasoconstrictor, guiada por ultrassonografia ou eletroestimulação. Dados apresentados como percentual de decréscimo da amplitude da linha de base (média \pm desvio padrão). Os valores de P foram obtidos a partir da Análise da Variância (ANOVA - TWO WAY) por mensurações repetidas incluindo entre os tempos 0 e 3 minutos. Diferença significativa foi observado entre os grupos experimentais (Ultrassonografia: $1,1 \pm 0,4$; Eletroestimulação: $1,9 \pm 0,7$). Diferença significativa a partir da linha de base para ambos os grupos foram observadas em $0,5 \pm 0,5$ minutos após a injeção ($P < 0,0001$).....41

Figura 18: Tempo de recuperação do bloqueio do plexo braquial, após a injeção de lidocaína 2% sem vasoconstrictor, guiada por ultrassonografia ou eletroestimulação. Dados apresentados como percentual de acréscimo da amplitude máxima (média \pm desvio padrão). Os valores de P foram obtidos a partir da Análise da Variância (ANOVA - TWO WAY) por mensurações repetidas incluindo entre os tempos 0 e 90 minutos. Não houve diferença estatística entre os grupos.....42

Figura 19: Temperatura cutânea média nas áreas de interesse (AIEs) no tempo basal (T0) e nos intervalos iniciais de 2 minutos e finais de 5 minutos após a realização do bloqueio do plexo braquial guiado por eletroestimulação. Valores apresentados como médias (\pm desvio padrão). Valores de P foram obtidos a partir da Análise da Variância (ANOVA) por mensurações repetidas incluindo os tempos 0, 2, 4, 6, 8, 10, 15 e 20 minutos nos nervos musculocutâneo, mediano, radial e ulnar (n=9).....46

Figura 20: Temperatura cutânea média nas áreas de interesse (AIEs) no tempo basal (T0) e nos intervalos iniciais de 2 minutos e finais de 5 minutos após a realização do bloqueio do plexo braquial guiado por ultrassonografia. Valores apresentados como médias (\pm desvio padrão). Valores de P foram obtidos a partir da Análise da Variância (ANOVA) por mensurações repetidas incluindo os tempos 0, 2, 4, 6, 8, 10, 15 e 20 minutos nos nervos musculocutâneo, mediano, radial e ulnar (n=9).....46

Figura 21: Imagens típicas de termografia infravermelha das mãos, vista palmar, após a realização do bloqueio do plexo braquial guiado por ultrassonografia. (A) Basal; (B) 2 minutos; (C) 4 minutos; (D) 6 minutos; (E) 8 minutos e (F) 10 minutos após a performance do bloqueio.....48

Figura 22: Imagens típicas de termografia infravermelha do antebraço, vista dorsal, após a realização do bloqueio do plexo braquial guiado por ultrassonografia. (A) Basal; (B) 2 minutos; (C) 4 minutos; (D) 6 minutos; (E) 8 minutos e (F) 10 minutos após a performance do bloqueio.....48

Figura 23: Imagens típicas de termografia infravermelha das mãos, vista palmar, após a realização do bloqueio do plexo braquial guiado por eletroestimulação. (A) Basal; (B) 2 minutos; (C) 4 minutos; (D) 6 minutos; (E) 8 minutos e (F) 10 minutos após a performance do bloqueio.....49

Figura 24: Imagens típicas de termografia infravermelha do antebraço, vista dorsal, após a realização do bloqueio do plexo braquial guiado por eletroestimulação. (A) Basal; (B) 2 minutos; (C) 4 minutos; (D) 6 minutos; (E) 8 minutos e (F) 10 minutos após a performance do bloqueio.....49

Figura 25: Imagens típicas de termografia infravermelha do antebraço e mão, vista lateral direita (membro bloqueado), após a realização do bloqueio do plexo braquial guiado por ultrassonografia. (A) Basal; (B) 2 minutos; (C) 4 minutos; (D) 6 minutos; (E) 8 minutos e (F) 10 minutos após a performance do bloqueio.....50

Figura 26: Imagens típicas de termografia infravermelha do antebraço e mão, vista lateral esquerda (membro controle), após a realização do bloqueio do plexo braquial guiado por ultrassonografia. (A) Basal; (B) 2 minutos; (C) 4 minutos; (D) 6 minutos; (E) 8 minutos e (F) 10 minutos após a performance do bloqueio.....50

Figura 27: Imagens típicas de termografia infravermelha do antebraço e mão, vista medial direita, após a realização do bloqueio do plexo braquial guiado por ultrassonografia. (A) Basal; (B) 2 minutos; (C) 4 minutos; (D) 6 minutos; (E) 8 minutos e (F) 10 minutos após a performance do bloqueio.....51

Figura 28: Imagens típicas de termografia infravermelha do antebraço e mão, vista medial esquerda (membro controle), após a realização do bloqueio do plexo braquial guiado por ultrassonografia. (A) Basal; (B) 2 minutos; (C) 4 minutos; (D) 6 minutos; (E) 8 minutos e (F) 10 minutos após a performance do bloqueio.....51

Figura 29: Imagens típicas de termografia infravermelha do antebraço e mão, vista lateral direita (membro bloqueado), após a realização do bloqueio do plexo braquial guiado por eletroestimulação. (A) Basal; (B) 2 minutos; (C) 4 minutos; (D) 6 minutos; (E) 8 minutos e (F) 10 minutos após a performance do bloqueio.....52

Figura 30: Imagens típicas de termografia infravermelha do antebraço e mão, vista lateral esquerda (membro controle), após a realização do bloqueio do plexo braquial guiado por eletroestimulação. (A) Basal; (B) 2 minutos; (C) 4 minutos; (D) 6 minutos; (E) 8 minutos e (F) 10 minutos após a performance do bloqueio.....52

Figura 31: Imagens típicas de termografia infravermelha do antebraço e mão, vista medial direita, após a realização do bloqueio do plexo braquial guiado por eletroestimulação. (A) Basal; (B) 2 minutos; (C) 4 minutos; (D) 6 minutos; (E) 8 minutos e (F) 10 minutos após a performance do bloqueio.....53

Figura 32: Imagens típicas de termografia infravermelha do antebraço e mão, vista medial esquerda, após a realização do bloqueio do plexo braquial guiado por eletroestimulação. (A) Basal; (B) 2 minutos; (C) 4 minutos; (D) 6 minutos; (E) 8 minutos e (F) 10 minutos após a performance do bloqueio.....53

ÍNDICE DE TABELAS

- Tabela 1:** Origem, frequência absoluta e percentual simples dos nervos do plexo braquial que suprem os músculos intrínsecos do membro torácico de *Oryctolagus cuniculus*.....34
- Tabela 2:** Análise comparativa do volume, latência, tempo de bloqueio motor, tempo de bloqueio sensitivo e performance da variação do bloqueio do plexo braquial guiado por ultrassonografia e guiado por eletroestimulação. Valores apresentados como média e desvio padrão. US: ultrassonografia; ES: eletroestimulação; ml: mililitros; min: minutos; ** P < 0,01; **** P < 0,0001.....39
- Tabela 3:** Análise comparativa da variação da temperatura cutânea (TC) após a realização do bloqueio do plexo braquial guiado por ultrassonografia e guiado por eletroestimulação. Valores apresentados como média e intervalo. O ΔT °C foi calculado a partir da diferença da TC no tempo zero minutos até o ponto de maior variação (positiva ou negativa) em 20 minutos. O tempo em minutos corresponde ao momento de maior variação da temperatura cutânea. Os P-Valores foram obtidos através de um modelo linear geral de medidas repetidas (ANOVA ONE-WAY) e apresentados através do Teste de Correção de Greenhouse-Geisser devido a violação da esfericidade. US: ultrassonografia; ES: eletroestimulação; min: minutos; G-G:Greenhouse Geisser.....44
- Tabela 4:** Média da temperatura cutânea (TC) em níveis basais (0 min) e nos tempos 2, 4, 6, 8, 10, 15 e 20 minutos após a realização do bloqueio do plexo braquial guiado por US/ENP ou ENP. Valores apresentados como média e intervalo. P-Valores foram obtidos através de um modelo linear geral de medidas repetidas; no caso de violação da esfericidade, os P-valores foram apresentados através do Teste de Correção de Greenhouse-Geisser (G-G) devido a violação da esfericidade. Ref: área de referência (controle); AI: área de interesse. * P < 0,05; ** P < 0,01; *** P < 0,001; ****P < 0,0001 [comparados com T0 min após o teste de correção de Bonferroni].....45

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO	01
2- REVISÃO DE LITERATURA	02
2.1 Descrição Geral do Plexo Braquial.....	02
2.1.1 Troncos Nervosos.....	02
2.1.2 Nervos Resultantes.....	03
2.1.2.1 Nervos da Musculatura Intrínseca.....	03
2.1.2.2 Nervos da Musculatura Extrínseca.....	09
2.2 O Plexo Braquial em Coelhos.....	10
2.3 O Plexo Braquial do Homem.....	11
2.4 Anestesia Locorregional.....	13
2.5 Bloqueio do Plexo Braquial.....	13
2.6 Anatomia Ultrassonográfica do Plexo Braquial.....	15
2.7 Bloqueio do Plexo Braquial Guiado por Ultrassonografia.....	16
2.8 Termografia Aplicada Aos Bloqueios Regionais.....	18
2.9 Eletromiografia Aplicada Aos Bloqueios Regionais.....	21
3- OBJETIVOS	23
3.1 Objetivo Geral.....	23
3.2 Objetivos Específicos.....	23
4- MATERIAIS E MÉTODOS	23
4.1 Comitê de Ética.....	23
4.2 Estudo cadavérico.....	23
4.2.1 Local de Experimentação.....	23
4.2.2 Ensaio Experimental.....	23
4.3 Estudo in vivo.....	24
4.3.1 Local de Experimentação.....	24
4.3.2 Animais.....	24
4.3.3 Grupos Experimentais.....	25
4.3.4 Fármacos.....	25
4.3.5 Instrumentação.....	25
4.3.6 Bloqueio guiado por ultrassonografia associado a estimulação de nervos periféricos.....	26
4.3.7 Bloqueio guiado por estimulação de nervos periféricos.....	26
4.4 Avaliação dos Bloqueios.....	27
4.4.1 Avaliação temporal do bloqueio motor por eletromiografia....	27
4.4.2 Avaliação da variação da temperatura cutânea por termografia infravermelha.....	30
4.4.3 Análise estatística.....	31
4.4.3.1 estudo anatômico.....	31
4.4.3.2 eletromiografia.....	31
4.4.3.3 termografia.....	31
5- RESULTADOS	31
5.1 Origem do Plexo Braquial.....	31
5.2 Distribuição dos Nervos do Plexo Braquial.....	33
5.2.1 Troncos nervosos.....	33
5.2.2 Nervos resultante.....	35
5.3 Estudo In Vivo.....	39
5.3.1 Avaliação temporal do bloqueio motor por eletromiografia.....	39

5.3.2 Mensuração da temperatura cutânea por termografia infravermelha.....	42
6. DISCUSSÃO.....	54
6.1 Estudo Anatômico.....	54
6.1.1 Origem do plexo braquial.....	55
6.1.2 Troncos nervosos.....	55
6.1.3 Nervos resultantes.....	57
6.1.4 Contribuição da anatomia macroscópica para validação do modelo experimental.....	58
6.2 Estudo <i>in vivo</i>	58
6.2.1 Avaliação temporal do bloqueio motor por eletromiografia.	58
6.2.2 Avaliação da temperatura cutânea por termografia infravermelha.....	61
7- CONCLUSÕES.....	64
8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
ANEXO 1.....	79

1- INTRODUÇÃO

Os bloqueios locorreionais norteiam a base da anestesia contemporânea a qual compreende hipnose, relaxamento muscular e analgesia. Através da deposição das soluções de anestésicos locais nos nervos periféricos e/ou neuroeixo resultam em uma completa abolição do estímulo nociceptivo além da obtenção de um importante relaxamento da musculatura esquelética (PASCOE, 1997).

As técnicas de anestesia locorreional primordialmente foram desenvolvidas com bases na anatomia topográfica e até o final do século passado tais procedimentos eram realizados quase que exclusivamente "às cegas". Nesta ocasião, os médicos anestesiológicos e os médicos veterinários anestesiológicos utilizavam apenas referências anatômicas descritas após a dissecação das diversas espécies para a realização dos bloqueios nervosos.

Com o progresso tecnológico, a estimulação de nervos periféricos alcançou a aceitação dos anestesiológicos tendo em vista que seu uso possibilitou o aumento da eficácia e a diminuição das complicações tais como as parestesias e neuropraxias (VETTORATO et al., 2012). Atualmente, com o avanço dos recursos de imagem e a inserção de potentes transdutores, as técnicas de bloqueios locorreionais guiadas por ultrassonografia começaram a ser descritas e utilizadas em pequenos animais (ECHEVERRY et al., 2010; RIOJA et al., 2012). Estes bloqueios são baseados na visualização direta da inervação, da agulha específica e das estruturas anatômicas adjacentes. Desta maneira, é possível depositar a solução de anestésico local precisamente em torno dos nervos e acompanhar a sua dispersão em tempo real, obtendo-se, assim, um bloqueio mais eficaz, de menor latência, menor dependência de referências anatômicas, menor volume de solução anestésica e maior segurança (HELAYEL et al., 2007).

A utilização da ultrassonografia vem ganhando grande popularidade em medicina veterinária, sobretudo, pelo fato de sua maior eficácia estar associada a utilização da anestesia locorreional em pacientes críticos e hemodinamicamente instáveis sem a necessidade do emprego da anestesia geral (MOENS, 1995). Adicionalmente, cresce de maneira substancial sua utilização como fins analgésicos no período pós-operatório e pacientes com dor crônica, sobretudo, em seres humanos (IMANI et al., 2016).

O bloqueio do plexo braquial é um dos mais utilizados na casuística do médico veterinário em função de boa parte dos procedimentos cirúrgicos ortopédicos serem realizados em membros torácicos, no entanto, tendo em vista a complexidade anatômica da região é altamente desafiador. Segundo Futema et al. (1999) a eficácia deste bloqueio aumenta com a utilização do recurso de eletroestimulação sendo uma ferramenta altamente valiosa.

Recentemente em cães, foram descritas as bases anatômicas para três técnicas de bloqueios locorreionais guiados por ultrassonografia incluindo o bloqueio do plexo braquial e dos nervos isquiático e femoral (CAMPOY et al., 2010), entretanto, tais dados permanecem escassos em medicina veterinária e as técnicas ainda não são realidade no dia a dia do anestesiológico veterinário.

No que se refere a avaliação da eficácia deste bloqueio, o desafio também é grande para o profissional da anestesiologia veterinária, pois, devido a utilização concomitante da anestesia geral, e ausência de um reflexo específico a ser testado, muita das vezes a falha da técnica é somente observada durante a estimulação cirúrgica.

Portanto, com este estudo, objetivou-se avaliar a eficácia do bloqueio do plexo braquial guiado por ultrassonografia e estimulação de nervos periféricos em coelhos utilizando a termografia infravermelha e a eletromiografia como ferramentas de avaliação da relação entre o efeito da ação e os objetivos pretendidos.

2- REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Descrição Geral do Plexo Braquial

A expressão plexo foi originada do latim *plexu* “enlaçamento”, em anatomia designa as redes ou interconexões nervosas e ou vasculares, nesse caso, nervos braquiais. Segundo Testut e Laterjet (1893), constitui-se como forma de organização dos nervos raquídeos ou espinhais, que emergem da medula espinhal e atravessam os forames intervertebrais para distribuir-se por todo o membro torácico.

É considerado um grande plexo nervoso somático que origina os nervos que suprem o membro torácico. Normalmente é formado pelos ramos ventrais do sexto, sétimo e oitavo nervos espinhais cervicais e pelos ramos ventrais do primeiro e segundo nervos espinhais torácicos. Ocasionalmente, o quarto ramo do quinto nervo espinhal cervical também contribui para sua formação; frequentemente, a contribuição do segundo nervo espinhal torácico é ausente (EVANS; DE LA HUNTA, 2013). Quando o quinto nervo espinhal cervical e/ou o segundo nervo espinhal torácico emitem ramos que contribuem para formação do plexo braquial, estes são excessivamente pequenos quando comparados aos outros ramos ventrais (ALLAM et al., 1952).

De acordo com a literatura, os ramos espinhais ventrais cervicais (C) e torácicos (T) os quais formam o plexo braquial são distribuídos de maneira variada. Em cães, segundo Allam et al. (1952) 58,62% dos plexos dissecados eram formados pelos ramos de C6, C7, C8 e T1; 20,69% formados pelos ramos de C5, C6, C7, C8 e T1; 17,24% formados pelos ramos de C6, C7, C8, T1 e T2 e 3,4% formados pelos ramos de C6, C7, C8, T1 e T2. As raízes nervosas dorsais contribuem para os ramos cutâneos dos nervos docorrentes do plexo braquial (BAILLEY et al., 1982).

Após os ramos ventrais dos 3 últimos nervos espinhais cervicais e dos dois primeiros nervos espinhais torácicos terem passado pela musculatura intertransversa, eles atravessam a borda ventral do músculo escaleno e se estendem para o membro torácico atravessando o espaço axilar. Neste percurso, parte destes nervos se unem entre si e deixam o plexo como vários nervos de nomes específicos os quais suprem as estruturas do membro torácico, músculos adjacentes e pele. A artéria axilar e a veia axilar deixam a porção ventromedial para a porção caudal o plexo braquial. A veia jugular externa, depois de ter sido aumentada pela afluyente proximal da veia cefálica, atravessa as superfícies ventrais do sétimo e oitavo nervos cervicais a partir do qual é separado pela artéria cervical superficial. A artéria axilar, depois de ter atravessado a margem cranial da primeira costela, encontra-se intimamente aplicada à margem ventral do músculo escaleno ventral e depois segue ao longo da margem craniomedial do nervo radial tanto como a artéria e o nervo que percorrem distalmente o braço. Eles se cruzam ventralmente na primeira costela por um ramo nervoso muscular que vai para o músculo peitoral profundo.

2.1.1 Troncos nervosos

Allam et al. (1952) descreveram três cordões no plexo braquial do cão (cranial, médio e caudal) para ajudar os cirurgiões a explorarem através do estabelecimento de marcos adequados para a estimulação elétrica. Estes cordões encontram-se como troncos nervosos intermediários entre os ramos ventrais dos nervos espinhais que formam o plexo braquial e os nervos e estruturas que inervam o membro. Estes troncos variam consideravelmente entre as espécies e entre animais da mesma espécie.

2.1.2 Nervos resultantes

Os nervos que são ramos do plexo braquial ou são continuações diretas dos ramos ventrais incluem os nervos supraescapular, subescapular, axilar, musculocutâneo, radial, mediano, ulnar, torácico dorsal, torácico lateral, torácico longo, peitoral, e ramos musculares.

O plano básico do plexo braquial aparece como uma comunicação variável dos três últimos ramos ventrais dos nervos cervicais e dois dos primeiros ramos torácicos, cujos axônios percorrem comumente para curtas distâncias e, em seguida segregam em combinações variáveis para formar os nervos extrínsecos e intrínsecos dos chamados nervos do membro torácico.

2.1.2.1 Nervos da Musculatura Intrínseca

Nervo supraescapular

O nervo supra-escapular surge principalmente e, ocasionalmente, inteiramente a partir do sexto nervo cervical na maioria das espécies domésticas. Muitas vezes tem uma contribuição a partir do sétimo nervo cervical, e, raramente a partir do quinto nervo cervical. De acordo com a Sharp et al. (1991), surgiu a partir de C6 e C7 em seis de seis cães. Neste nervo, 65% dos axônios eferentes surgem a partir de C6, e 34% de C7. O nervo entra na extremidade distal do espaço intermuscular entre os músculos supra-espinhal e subescapular do lado medial. É acompanhado pela artéria e veia supra-escapular. O nervo supra-escapular é principalmente um nervo muscular ao músculo supra-espinhoso e infra-espinhoso. Ele passa sobre a espinha escapular, inerva o músculo supra-espinhoso e continua em volta do pescoço da escápula distal para a extremidade da coluna para entrar no infra-espinhoso. Antes de passar distalmente à coluna o nervo envia um pequeno ramo para a parte lateral da articulação do ombro. O nervo supra-escapular não tem nenhum ramo cutâneo nas espécies domésticas já estudadas (KITCHELL et al., 1980).

Nervo subescapular

O nervo subescapular é geralmente único, mas, ocasionalmente, duplo, o qual surge a partir da união de um ramo a partir do sexto e sétimo nervos cervicais, ou se o nervo é o duplo, uma parte geralmente surge a partir do sétimo nervo cervical diretamente. Uma contribuição a partir do sexto nervo cervical também pode estar presente. Pode originar-se completamente ou quase completamente a partir do sétimo ou oitavo nervo cervical (ALLAM et al., 1952). De acordo com a Sharp et al. (1991), o seu suprimento eferente surge a partir de C6 e C7 em seis de seis cães; 59% dos axônios do nervo eferente neste surgem a partir de C6, e 41% de C7. Ele geralmente se divide em partes cranial e caudal e se insere a superfície medial do quinto distal do músculo subescapular. O nervo subescapular é de aproximadamente 5 cm de comprimento em um cão de tamanho médio. Isto permite o movimento deslizante extenso da escápula no tórax durante a locomoção, sem lesão do nervo. O nervo subescapular não tem quaisquer ramos cutâneos (KITCHELL et al., 1980).

Nervo axilar

O nervo axilar, como o nervo subescapular, é muito maior do que a distância entre a sua origem e a sua inserção. Ele surge como um ramo dos sétimo e oitavo nervos cervicais associados. Uma contribuição a partir do sexto nervo cervical também pode estar presente nas espécies domésticas. Pode ser originado completamente ou quase completamente a partir quer do sétimo ou oitavo nervo cervical (ALLAM et al., 1952). De acordo com a Sharp et al. (1991), o seu suprimento eferente inclui C6, em seis de seis cães, C7, em cinco de seis, e C8, em duas de seis; 59% dos axônios do nervo eferente surgem a partir de C6, e 41% de C7, com menos de 1% a partir de C8. Bailey et al. (1982) relatam que C6 contribuiu com axônios a seus ramos cutâneos em 8 dos 10 cães; C7, 10 dos 10; C8, 2 de 10. O nervo axilar deixa o espaço axilar caudodistalmente ao músculo subescapular e proximalmente ao músculo redondo maior. Ele supre principalmente os músculos da articulação do ombro como se curva ao redor da divisão caudoventral do músculo subescapular perto da sua extremidade distal. No seu trajeto intermuscular proximal e caudal a articulação do ombro, divide-se basicamente em duas partes; uma parte envia ramos para fascículos caudais do músculo subescapular e supre completamente o músculo redondo maior. A outra parte, acompanhado dos vasos circunflexos caudais do úmero, corre lateralmente para suprir o redondo menor e deltóide. Antes de entrar no redondo menor, um ramo entra na parte caudal da cápsula articular do ombro.

Nervo cutâneo braquial lateral cranial

O nervo cutâneo braquial lateral cranial deixa o nervo axilar pouco antes da entrada do nervo no músculo deltóide. Por isso, surge lateralmente ao espaço entre as origens das cabeças laterais e longa do músculo tríceps braquial. Corre distalmente na cabeça lateral do músculo tríceps braquial, onde é coberto pelo músculo deltóide. Parece caudalmente por via subcutânea para a parte principal da veia cefálica, onde está associada com os ramos cutâneos da artéria e veia circunflexa umeral caudal. A área cutânea deste nervo encontra-se na superfície lateral do braço, sobrepondo-se nos seus aspectos craniais a distribuição da área cutânea do nervo intercostobraquial (II ramo cutâneo lateral do nervo espinhal torácico) caudalmente e o ramo cutâneo do quinto nervo cervical, dorsalmente, e o ramo cutâneo do nervo braquiocefálico, ventralmente (KITCHELL et al., 1980). Ao entrar no antebraço, o nervo braquial cutâneo cranial lateral é chamado de nervo cutâneo cranial do antebraço. Ele termina na pele da face proximal craniolateral do antebraço, em que a sua área cutânea é completamente sobreposta por as áreas cutâneas dos nervos radial e musculocutâneo (KITCHELL et al., 1980). Na articulação do cotovelo ou apenas distalmente a esta, muitas vezes, junta-se o ramo medial do nervo radial superficial, e por meio deste nervo suas fibras são transportadas para a pele da parte cranial dos dois terços do comprimento do antebraço (KITCHELL et al., 1980).

Nervo musculocutâneo

O nervo musculocutâneo fornece ramos musculares ao coracobraquial, bíceps braquial e braquial. Ele continua no antebraço como nervo cutâneo medial do antebraço. O nervo musculocutâneo é irregular na sua formação, que decorre, principalmente a partir do sétimo nervo cervical, mas também pode receber contribuições de C6 e C8 nas espécies domésticas. Ele recebe ramos de primeiro e segundo nervos torácicos em casos raros. De acordo com Sharp et al. (1990) foi formado por contribuições a partir de C6, C7 e C8 em seis de seis cães e T1 em duas de seis; 57% dos axônios eferentes no nervo veio a partir de C7, 26% de C6, e 16% de C8, com menos do que 1% de T1. Bailey et al. (1982) constataram que

seus nervos cutâneos têm uma origem muito mais ampla, decorrente em parte do C6 em seis dos nove cães, C7 em nove de nove, C8 em seis das nove, e T1 em dois dos nove.

Ao longo de seu curso no braço ele se situa entre ou profundamente a porção cranial do músculo bíceps braquial e os vasos braquiais caudais. Há três ramos musculares. Proximal, um pequeno ramo que vai para o músculo coracobraquial. Este ramo é pequeno, e, muitas vezes, ao invés de surgir diretamente a partir do nervo musculocutâneo pode existir como um ramo separado que vem a partir do primeiro nervo torácico e primeiro nervo cervical, ou ambos. Para chegar ao músculo coracobraquial, segue os vasos circunflexos craniais do úmero em mais de uma parte do seu curso. Um grande ramo, o ramo muscular proximal, muitas vezes chamado de nervo muscular supre o músculo bíceps braquial e entra na superfície profunda deste músculo, aproximadamente 4 cm de sua origem e perto de sua porção caudomedial. No terço distal do braço, um ramo comunicante passa distal e caudalmente, geralmente medial aos vasos braquial, e junta-se o nervo mediano, que com o nervo ulnar reside caudalmente aos vasos braquiais. Os aferentes cutâneos do ramo comunicante inerva uma área cutânea localizada no aspecto palmar da pata dianteira. Esta área cutânea é também inervada pelos axônios do nervo mediano. Os axônios eferentes podem ir para alguns dos músculos do antebraço, que são supridos pelo nervo mediano. Sharp et al. (1990) relataram que os axônios eferentes do nervo mediano também podem percorrer o ramo comunicante para suprir o músculo braquial. Como o nervo musculocutâneo percorre para a parte terminal do bíceps braquial do lado medial, ele termina pela divisão no ramo muscular distal, também chamado o nervo do músculo braquial, que entra na porção medial distal do músculo braquial, e no pequeno nervo cutâneo medial do antebraço. Este ramo cutâneo atravessa a face lateral do tendão do bíceps braquial e entra na superfície cranial do antebraço sob o ângulo dos flexores da articulação do cotovelo. Como o nervo atravessa a superfície cranial da articulação do cotovelo, ele envia um pequeno ramo à parte craniolateral dele. A sua área cutânea situa-se na porção craniomedial do antebraço. A área cutânea do nervo cutâneo medial do antebraço não se estende para o carpo.

A área cutânea suprida é sobreposta medialmente pela área cutânea suprida pelos ramos cutâneos do ramo medial do nervo radial superficial e por ramos cutâneos do nervo axilar e lateralmente pelas áreas cutâneas do nervo cutâneo caudal do antebraço proximal e de áreas cutâneas medial e o ramo dorsal do nervo ulnar distalmente.

Nervo radial

O nervo radial surge a partir dos sétimo e oitavo nervos cervicais e primeiro e segundo nervos torácicos. De acordo com a Sharp et al. (1991), C7, C8 e T1 contribuem para o nervo radial em seis de seis cães. Em cinco dos seis, C6 também contribuiu. Em três dos seis cães, T2 forneceu algumas fibras para este nervo. No nervo radial, 45% dos axônios eferentes vieram a partir de C8, 29% de T1, 21% a partir de C7, e 1% de T2. Bailey et al. (1982) relataram que os axônios aferentes cutâneos no nervo radial vieram, em parte, de C6 em 7 de 10 cães, a partir de C7, em 10 de 10, a partir de C8 em 10 de 10, e a partir de T1 em apenas 2 dos 10.

O nervo radial é o maior nervo do plexo braquial. Ele inerve todos os músculos extensores do cotovelo, carpo e articulações digitais e também o supinador, braquioradial e o I abductor digital longo. A pele na porção cranial do antebraço e da superfície dorsal da pata é também inervado por axônios do nervo radial. À medida que o nervo radial se aproxima do braço atravessa o espaço axilar, e situa-se lateralmente à veia axilar e medialmente a artéria axilar na cabeça lateral do músculo tríceps.

O ramo profundo do nervo radial distal é mais profundo no limite proximal e cranial dos extensores radiais do carpo. De acordo com a Sharp et al. (1990), o ramo profundo do

nervo radial tem uma percentagem mais elevada dos seus axônios eferentes proveniente das raízes mais craniais do plexo braquial do que os músculos mais proximamente localizados supridos pelo nervo radial. No local de bifurcação do nervo radial, um ramo corre para a superfície profunda do músculo braquial radial. O ramo superficial prossegue um curso mais cranial e torna-se superficial entre o limite distal e cranial da cabeça lateral do tríceps e a superfície lateral do músculo braquial.

O ramo profundo supre todos os músculos extensores do carpo e dos dígitos. Na face lateral da articulação do cotovelo passa profundamente aos extensores radiais do carpo perto de sua origem a partir da crista supracondilar e lateralmente envia um ramo para ele como o ramo profundo atravessa a superfície flexora da articulação do cotovelo, e envia um ramo articular para a parte cranial dele. A parte restante do ramo profundo, em seguida, passa profundamente ao músculo supinador. Ao emergir do fundo para este músculo, ele imediatamente se divide em ramos que suprem os extensores digitais comuns e laterais e um pequeno ramo que segue de perto a borda lateral do rádio e corre distalmente na inervação do I abductor digital longo e I extensores digitais longos e os II digitais. A extremidade distal do ramo profundo do nervo radial inerva a articulação do antebraço com o carpo.

O ramo superficial do nervo radial é o seu ramo mais cranial. Percorre do fundo para a parte cranial do limite distal da cabeça lateral do músculo tríceps, que corre obliquamente cranial e distalmente sobre o músculo braquial, onde ele é coberto pela fáscia intermuscular. Depois de percorrer cerca de 1 cm neste local, perfura a fáscia espessa e se divide de forma desigual em um ramo lateral maior e um ramo medial menor. Estes ramos continuam ao carpo em relação aos ramos lateral e médio das artérias superficiais craniais do antebraço, respectivamente. Assim que flanqueiam estreitamente os lados medial e lateral da veia cefálica atravessam o antebraço. A partir do ramo lateral do ramo superficial do nervo radial o normalmente duplo nervo cutâneo lateral do antebraço se origina. Ele supre uma área cutânea variável ao redor e distalmente ao epicôndilo lateral do úmero. O ramo mais proximal é o maior e o mais constantemente presente. Origina-se imediatamente distal à superfície articulação flexora do cotovelo, e, associado com relativamente grandes ramos cutâneos do ramo lateral dos vasos do antebraço superficiais craniais, que supre a pele de um terço a dois terços da superfície lateral do antebraço. O nervo localizado mais distalmente para a pele da face lateral do antebraço, menor do que o nervo mais proximalmente localizado, é também acompanhada por uma artéria e veia cutânea, que servem a área cutânea da região. Ocasionalmente, mais de dois nervos do antebraço cutâneos laterais estão presentes.

Pequenos ramos deixam ambos os ramos medial e lateral dos nervos radiais superficiais e inervam a pele sobre a superfície cranial do antebraço. Os ramos mediais superficiais do nervo radial, muitas vezes juntam aos ramos cutâneos craniais do nervo axilar, o que resulta nas áreas cutâneas extensivamente sobrepostas; No entanto, nem a área cutânea sobreponha completamente ao do outro nervo.

Devido ao fato do nervo radial inervar todos os músculos extensores do membro torácico, exceto os da articulação do ombro, lesões nervosas na zona proximal resultam na incapacidade de suportar o peso sobre o membro torácico. A lesão traumática mais comum que resulta em uma paralisia radial, geralmente causado por um veículo em movimento, é uma avulsão dos nervos espinhais ou suas raízes ou ambos que contribuem para o plexo braquial.

Nervo mediano

O nervo mediano surge principalmente a partir do oitavo nervo cervical por uma raiz lateral e do primeiro nervo torácico por uma raiz medial, com pequenas contribuições a partir do sétimo nervo cervical e segundo nervo espinhal torácico. Antes de sua junção com o ramo comunicante com o nervo musculocutâneo, Sharp et al. (1990) determinaram que os axônios

eferentes no nervo mediano vieram a partir de C8 e T1, em seis de seis cães; de C7 em cinco dos seis; e de T1 em quatro das seis. Do total de axônios eferentes no nervo, 9% veio a partir de C7, 38% a partir de C8, 46% de T1, e de 6% a partir de T2. Sharp et al. (1990) determinaram que os axônios de eferentes no ramo comunicante do musculocutâneo para o nervo mediano, 60% veio a partir de C7, 22% a partir de C8, 2% de T1, e 17% a partir de T2. O nervo mediano é cranial em relação ao nervo ulnar.

O nervo mediano não emite qualquer ramos proximal à articulação do cotovelo. Ele atravessa a superfície flexora do cotovelo cranial conjuntamente ao epicôndilo medial. O nervo mediano passa profundamente para o pronador redondo e entra no grupo caudal dos músculos flexores localizados no antebraço. Fornece ramos musculares para o pronador redondo, pronador quadrado, flexor radial do carpo e flexor superficial dos dedos e a cabeça radial do flexor profundo dos dedos. Ele também envia axônios para a parte profunda da cabeça umeral do flexor profundo dos dedos e um pequeno ramo articular com o aspecto medial da articulação do cotovelo. Ao emergir do fundo para o pronador redondo, para o qual ele envia um pequeno ramo, vários ramos musculares deixam a porção caudal do nervo. O nervo proximal mais curto entra no flexor radial do carpo perto de sua origem do úmero. O restante dos ramos musculares atravessam a superfície medial dos vasos braquial no local onde a artéria interóssea comum surge, e, depois de penetrar profundamente para o flexor radial do carpo e através da cabeça do úmero do flexor profundo dos dedos, a maioria deles no final encontram-se superficialmente, achatados no flexor superficial dos dedos. Em seu caminho para este músculo, eles ficam a cerca de 1 cm próximo e paralelo ao as profundas vasos do antebraço. Neste local um ramo profundo é enviado para a cabeça flexor radial profundo dos dedos, que inerva completamente e ramos menores entram na cabeça do umeral deste músculo, a parte lateral, que também é fornecida pelo nervo ulnar (SHARP et al., 1990). O pequeno nervo interósseo do antebraço percorre inicialmente a parte proximal da delicada membrana interóssea. Em seguida, ele perfura esta membrana e corre distalmente em aproximadamente a metade proximal do pronador quadrado, onde ele aparece como um traço fino, branco. Ele entra neste músculo em sua metade distal e o inerva. A porção do nervo mediano que continua distalmente no antebraço, após os ramos musculares terem surgido, é em primeiro lugar relacionada com a artéria e veia mediana. Aproximadamente no meio do antebraço, a artéria mediana emite a artéria radial, Aqui, o nervo mediano continua distalmente em relação à artéria mediana maior. Esta porção do nervo mediano é pequeno, medindo cerca de 0,5 mm de diâmetro.

Nervo ulnar

O nervo ulnar surge em estreita associação com os nervos radial e mediano a partir do oitavo nervo espinhal cervical e o primeiro e segundo nervos torácicos. Sharp et al. (1990) determinaram que C8 e T1 contribuem para o nervo ulnar em seis de seis cães, C7 em um de seis, e T2 em quatro dos seis cães. Do total de axônios eferentes no nervo, 24% veio a partir de C8, 65% de T1, 11% a partir de T2, e menos de 1% a partir de C7. Bailey et al. (1982) verificaram que os aferentes cutâneos no nervo ulnar surgiram a partir de C8 em 10 de 10 cães, T1 em 10 dos 10 e T2, em 8 de 10. Depois de deixar a parte caudal do plexo braquial, os nervos mediano e ulnar são flanqueadas cranialmente pela artéria braquial e caudalmente pela veia braquial.

O nervo ulnar, que mede cerca de 3 mm de diâmetro, percorre distalmente ao longo do limite cranial da cabeça medial do tríceps braquial e ao lado da borda caudal do bíceps braquial. Ele cruza o caudalmente o epicôndilo medial do cotovelo. Ao entrar na parte caudomedial do antebraço, o nervo ulnar aprofunda à fáscia de espessura delgada do antebraço. Depois de atravessar caudalmente ao epicôndilo medial do úmero proximal à

origem umeral da cabeça do flexor digital superficial, ele percorre profundamente na cabeça ulnar do flexor ulnar do carpo. Como o nervo mediano, há ramos musculares que deixam o nervo ulnar, uma vez que atravessa a braço.

Nervo cutâneo caudal do antebraço

O nervo cutâneo caudal do antebraço deixa a parte caudal do nervo ulnar perto do início do terço distal do braço e passa sobre a superfície medial do olécrano na parte caudomedial do antebraço. Bailey et al. (1982) determinou que este ramo do nervo ulnar surgiu a partir de T1 em 1 de 10 cães, T1 e T2 em 7 de 10 e C8, T1 e T2 em 1 de 10. Em seu curso subcutâneo durante a maior parte da área que inerva, é acompanhado pela artéria e veia colaterais ulnares. Ele envia livremente ramos para a pele que segue o do outro lado da porção proximal do antebraço medial ao aspecto caudolateral. Ramos ascendentes adentram na pele na parte distal do braço. A área cutânea do nervo cutâneo caudal do antebraço encontra-se nos dois terços proximais da pele da face caudolateral do antebraço. A área cutânea dos ramos laterais cutâneos do antebraço do nervo radial superficial sobrepõe a área cutânea do nervo cutâneo caudal do antebraço caudolateralmente, e a área cutânea do nervo cutâneo medial do antebraço do nervo muculocutâneo sobrepõe sua área cutânea caudiomedialmente.

Distalmente, a zona cutânea do ramo proximal do ramo dorsal do nervo ulnar sobrepõe a área cutânea do nervo cutâneo caudal do antebraço. O nervo cutâneo caudal do antebraço é um excelente local para testar a avulsão das raízes caudais dos nervos espinhais que contribuem para o plexo braquial em razão de suas origens de T1 e T2, e raramente de C8 (BAILEY; KITCHELL, 1984). Os ramos musculares do nervo ulnar, que inervam os músculos do antebraço, são ramos periféricos de um tronco curto, robusto, os quais passam caudomedialmente ao epicôndilo do úmero e mergulha na superfície profunda da delgada e larga cabeça do músculo flexor ulnar do carpo.

O nervo ulnar, entrando no septo entre as cabeças umeral e ulnar do flexor ulnar do carpo, envia um ramo de aproximadamente 1 mm de diâmetro e 1,5 cm de comprimento distal na borda caudal da cabeça umeral do flexor digital profundo.

No quinto proximal do antebraço, onde o nervo ulnar circunda no entorno da borda caudal da cabeça umeral do flexor ulnar do carpo, o mesmo envia um ramo robusto em sua superfície lateral. Ao longo do terço médio do antebraço o nervo ulnar emerge na fronteira caudal do nervo flexor digital profundo, onde ele é coberto pela cabeça umeral do nervo flexor ulnar do carpo. Aproximadamente no meio do antebraço, o pequeno ramo cutâneo dorsal do nervo ulnar surge. Este ramo e o ramo palmar surgem como ramos terminais do nervo ulnar. Ambos os ramos são distribuídos para as estruturas da mão.

Nervos da Pata Dianteira (mãos)

Como os vasos que suprem a pata dianteira, os nervos podem ser divididos em dorsais e palmares. Kopp. (1901) descreveu os aspectos morfológicos dos nervos da pata dianteira em cães. O nervo radial parcinosamente supre o dorso da pata dianteira, onde ele forma um único conjunto referido nervo comum dorsal digital e nervo digital próprio. Os nervos mediano e ulnar inervam o aspecto palmar da pata dianteira e todas as outras partes não relacionadas com o nervo radial. No aspecto palmar do metacarpo eles formam os nervos palmares comuns digitais, os quais são originados amplamente a partir do nervo mediano e os nervos metacárpicos palmares a partir do nervo ulnar.

Em acórdância com a Nômina Anatômica Veterinária (2005), os nervos superficiais do metacarpo são denominados nn. digitais comuns, considerando que os nervos são chamados nervos metacarpianos profundos. Os nervos digitais que são originados a partir da bifurcação

dos nervos digitais comuns são chamados nervos digitais próprios. Aqueles que são originados a partir de outros locais são simplesmente nervos digitais. Os cães possuem nervos digitais dorsais comuns I, II, III e IV. Os nervos digitais palmares comuns I, II e III são ramos terminais do nervo mediano. Eles recebem os nervos metacarpianos palmares a partir do ramo profundo do nervo ulnar somente depois que eles se dividem nos nervos digitais próprios. O IV nervo digital palmar comum é formado pelo ramo superficial do nervo ulnar e ingressou pelo nervo metacarpiano palmar a partir do ramo profundo do nervo ulnar.

2.1.2.2 Nervos da Musculatura Extrínseca

Os nervos deste grupo são menores do que aqueles que inervam as estruturas intrínsecas do membro torácico. Eles consistem nos nervos braquicefálico, peitoral cranial, torácico longo, torácico dorsal, torácico lateral e peitoral caudal.

O nervo braquicefálico, o qual não está escrito na NAV, origina-se principalmente a partir do sexto nervo cervical, mas ele pode ser originado também do sétimo nervo cervical. O sexto nervo cervical contribuiu com 67% dos axônios e os outros 33% foram originados a partir do sétimo nervo cervical. O nervo braquicefálico passa diretamente e lateralmente ao músculo cleidobraquial cranial a articulação do escápulo-umeral. O ramo cutâneo do nervo braquicefálico continua pelo músculo cleidobraquial e inerva a área cutânea cranial, craniolateral e craniomedial do braço por um ramo a partir do quinto nervo cervical (ALLAM et al., 1952). Sua área cutânea sobrepõe a área cutânea do ramo ventral do quinto nervo cervical craniolateralmente e na área cutânea do ramo do terceiro nervo torácico caudomedialmente. O ramo cutâneo do nervo braquicefálico recebe fibras aferentes a partir de C6 em 10 de 10 cães e de C7 em 2 de 10 cães (BAILEY et al., 1982).

O nervo peitoral cranial inerva os músculos peitorais superficiais. Eles são irregulares em número e origem mas usualmente derivam como dois ramos a partir do sexto, sétimo e oitavo nervos cervicais. Não existe a formação de nenhum ramo cutâneo a partir do nervo peitoral cranial.

O nervo torácico longo usualmente deriva a partir do ramo ventral do sétimo nervo cervical antes de seus ramos formarem o plexo braquial. Ele percorre de maneira ampla e horizontal na superfície da porção torácica do músculo serrátil cervical ventral no qual o mesmo inerva. O nervo torácico longo não possui nenhum ramo cutâneo.

O nervo toracodorsal deriva primariamente a partir do oitavo nervo cervical com contribuições a partir do primeiro nervo torácico ou do sétimo nervo cervical ou ambos. De acordo com Sharp et al. (1991) C6 e C7 contribuiu com axônios em 6 de 6 cães e C8 contribuiu em 5 de 6 cães. Eles também reportaram que o nervo toracodorsal possui 51% de sua inervação eferente a partir de C7, 43% a partir de C8 e 6% a partir de T1. Este é o nervo motor para o músculo latíssimo dorsal. Ele percorre caudodorsalmente em íntima relação aos vasos toracodorsais na superfície medial do músculo. O nervo toracodorsal não possui nenhum ramo cutâneo.

O nervo torácico lateral é composto de axônios que se originam primariamente a partir do oitavo nervo cervical e dos primeiros nervos torácicos. De acordo com Sharp et al. (1991), C8 e T1 contribuíram para isso em 6 de 6 cães e T1 em 5 de 6. Ele recebeu 38% de seus axônios eferentes a partir de C8, 56% a partir de T1 e 5% a partir de T2. Este longo nervo dá origem a ramos que inervam o músculo peitoral profundo e é o único nervo motor que inerva o tronco músculo cutâneo e, no macho, os músculos craniais do prepúcio. No início o nervo acompanha a artéria e a veia torácicas laterais. Ele situa-se entre as bordas adjacentes dos músculos latíssimo dorsal e peitoral profundo após passar medialmente aos linfonodos axilares. É misturado com os ramos cutâneos laterais dos nervos torácicos e

lombares, no entanto, não possuem axônios aferentes cutâneos a partir de C8, T1 ou T2 oriundos do plexo braquial.

O nervo peitoral caudal são representados por 3 ou 4 ramos os quais inervam o músculo peitoral profundo. Eles se originam a partir do oitavo nervo cervical e dos primeiros nervos torácicos. De acordo com Sharp et al. (1991), C8 contribuiu com este nervo em 6 de 6 cães, T1 em 4 de 6 cães e C7 em 1 de 6 cães. Eles acharam que 81% dos axônios deste nervo vieram a partir de C8, 17% a partir de T1 e 2% a partir de C6. Alguns ramos podem ser originados a partir da porção proximal no nervo lateral torácico. Os nervos peitorais caudais não apresentam nenhum ramo cutâneo.

2.2 O Plexo Braquial em Coelhos

A anatomia descritiva e topográfica do neuroeixo e nervos periféricos dos coelhos não são muito detalhadas na literatura e a maioria dos estudos descrevem de maneira sucinta a origem, troncos nervosos e nervos resultantes para a musculatura intrínseca do plexo braquial.

Estas estruturas foram previamente descritas no final do século XIX por Paterson (1887), no entanto, este teve como objetivo primário apenas descobrir o possível significado de um nervo espinhal e de que forma eles se unem formando os plexos. O autor menciona que nos coelhos o plexo braquial origina-se entre C5 e T1 sendo compostos pelos sete principais nervos inerentes a musculatura extrínseca: radial, ulnar, axilar, musculocutâneo e mediano e pelos nervos supraescapular e subescapular. Este completo e pioneiro estudo mundial descreveu minuciosamente os plexos braquial e lombossacro em diversas espécies mamíferas.

Outros estudos realizados nesta espécie mencionam que o plexo braquial em coelhos é formado pelos ramos ventrais do quinto (C5), sexto (C6), sétimo (C7) e oitavo (C8) nervos espinhais cervicais e o ramo ventral do primeiro nervo espinhal torácico (T1) (REICHERT et al., 2014; FONSECA et al., 2015). Os ramos caudais de C5 e C6 constituem o tronco cranial. O tronco caudal é formado por um ramo originado dos ramos ventrais de C7, C8 e T1 (REICHERT et al., 2014). O tronco cranial é dividido em: nervo frênico, nervo supraescapular, o primeiro ramo do nervo subescapular e o ramo ligado ao tronco caudal. O tronco caudal se divide em: nervo peitoral cranial, nervo axilar, o segundo ramo do nervo subescapular, nervo toracodorsal, nervo musculocutâneo, nervo radial, nervo ulnar, nervo mediano, nervo torácico lateral, nervo peitoral caudal e um ramo indefinido o qual inerva o músculo coracobraquial e o músculo bíceps. O nervo frênico inerva o diafragma. O nervo supraescapular supre os músculos supraespinhoso e infraespinhoso. Os nervos torácicos ventrais inervam o músculo peitoral. Existem três nervos subespaciares: o primeiro que se origina de C6 e percorre o músculo subescapular; o segundo que se origina de C7 e supre o músculo redondo maior; o terceiro que se origina de C7 e C8 e se insere no músculo latíssimo dorsal. O nervo axilar se origina de C7 e supre o músculo deltóide. Os nervos torácico dorsal e o longo dorsal percorrem para o músculo escaleno anterior. O nervo musculocutâneo se origina de C6 e C7 e percorre para o músculo bíceps e supre a pele do antebraço. O nervo radial origina-se de C6, C7 e T1 e supre o músculo tríceps e alguns músculos do antebraço. O nervo mediano origina-se de C7, C8 e T1 e inerva os músculos do braço. O nervo ulnar origina-se de C8 e T1 e supre o membro torácico a partir do cotovelo.

2.3 O Plexo Braquial do Ser Humano

No homem, o plexo braquial tem localização lateral à região cervical da coluna vertebral. Origina-se normalmente dos segmentos nervosos de C5 à T1, estendendo-se inferior e lateralmente, posteriormente à clavícula, até penetrar na região axilar (SPENCE, 1991). As raízes do plexo braquial se unem para formar os troncos superior (C5 e C6), médio (C7) e inferior (C8 e T1), acompanhando a artéria axilar sob o músculo peitoral maior (MENESES, 1999; MOORE; DALLEY, 2001; SAEED; RUFAl, 2003).

Em estudo realizado em humanos (HERRINGHAM, 1886) baseado na dissecação de cinquenta e cinco plexos braquiais, sendo trinta e dois de fetos ou crianças, e vinte e três de adultos. O 5º nervo cervical (C5) junta-se com ramos de C6 e C7 para formar o nervo torácico longo que supre o m. serrátil anterior. A união destes ramos ocorre pouco antes de atingir o músculo. Algumas vezes C5 recebe um ramo comunicante de C4. C5 junta-se com C6 e emite o nervo supraescapular, mas pode ser que este nervo nasce de C5 antes que ele se junte a C6. Após C5 unir-se à C6 o nervo resultante divide-se em ramo anterior une-se com C7 para formar o fascículo lateral, emitindo antes os nervos peitorais. O ramo superior de C7 une-se com ramos de C5 e C6 para formar o n. torácico anterior.

O nervo musculocutâneo próprio dificilmente contém quaisquer outras fibras além daquelas de C5 e C6. Em trinta e nove casos, vinte e um de fetos e dezoito de adultos, o C7 somente contribuiu para o musculocutâneo em quatro casos, dois em fetos e dois em adultos. Vinte e oito casos foram examinados para se constatar a participação do C5 e C6 na formação do nervo musculocutâneo em vinte e sete deles, sendo que em um caso, apenas o C5 contribuiu para formar o referido nervo.

O mediano é formado por duas raízes; na lateral o C6 e C7 sempre participam, enquanto a medial mostra-se formada sempre por ramos do C8 e C9, às vezes com a adição de alguns feixes do C7. Esta variedade depende se o ramo anterior do C7 bifurca-se ou vai inteiramente para o fascículo lateral. Para constatar se tanto C8 como T1 contribuem para formar o nervo mediano, vinte e oito dissecações foram feitas, quatorze em crianças e quatorze em adultos. Em um feto e em um adulto, nenhum ramo de T1 foi encontrado. Estas duas foram, no entanto, as únicas exceções à regra, pois ambas as raízes enviam fibras para o nervo. O nervo mediano então é formado por C6, C7, C8 e T1. Mas estas raízes não mantêm uma constante proporção. Há uma pequena variação no tamanho de C6, C7 varia consideravelmente, C8 é às vezes igual, às vezes, menor ou maior que T1.

A origem do nervo ulnar foi identificada em trinta e oito casos, dos quais quatorze eram relativos a adultos, e foi encontrado originando-se de quatro diferentes modos. É mais comum originar-se de C8 e T1 juntas. Isto ocorreu em vinte e três casos, onze em fetos e doze em adultos. Com estas, às vezes, com uma participação de C7 foi encontrada, em cinco casos, quatro em fetos e um em adulto. Em três casos de fetos ele originou-se apenas de C8, e em um caso de feto e um de adulto, de C7 e C8.

A origem do cutâneo medial foi observada vinte e três vezes nas dissecações. Nove vezes ele continha participação de C8 bem como de T1, e quatorze vezes ele originou-se apenas de T1. Em dois casos da primeira classe, C8 estava separada de T1. O cutâneo medial menor é derivado, com raras exceções, unicamente de T1. Em vinte casos, recebeu participação somente uma vez de C8. Os ramos posteriores das raízes dos nervos unem-se para formar o fascículo posterior. Cada uma das quatro raízes superiores contribui para formar o fascículo, mas T1 raramente junta-se a ele. Os ramos do fascículo posterior são os três subescapulares, o axilar e o radial.

O primeiro subescapular que inerva o músculo subescapular é freqüentemente duplo, às vezes, triplo. Ele nunca recebe contribuição de C7 ou C8 sendo muitas vezes, inteiramente

ou parcialmente emitido por C5 e C6 antes deles juntarem-se à C7. O terceiro subescapular indo para o grande dorsal foi identificado em quarenta e dois casos.

O nervo axilar foi encontrado em quarenta e três casos derivado de C5 e C6, não recebendo fibras de C7. Em seis casos, dois deles em adultos, ele procedeu de C5 sozinha; em vinte e dois, de C5 e C6.

O radial é formado, às vezes, pelas quatro raízes superiores, geralmente por C6, C7 e C8. De quarenta e seis casos, C5 e C6 foram indivisíveis em doze, sendo que em nove dos trinta e quatro restantes, C5 participou.

Os próximos ramos emitidos são os dois cutâneos laterais. Em oito vezes procedeu somente de C6, uma vez de C5 e C6 e nas cinco restantes, das duas primeiras raízes, C5 não sendo excluída.

O nervo para o supinador curto foi identificado treze vezes, em todos os casos com a participação de C6, em cinco casos houve a participação de C5.

As duas divisões restantes são a radial e o interósseo posterior. A primeira é composta por C6 sozinho, treze vezes, em sete casos houve a participação de C5.

Diferentes autores afirmam que existe algumas vezes, um fascículo do quarto cervical une-se ao plexo, e similarmente, que um filamento do segundo nervo torácico é encontrado, frequentemente.

De acordo com Kerr (1918), num estudo realizado com 175 plexos humanos, cita que todos os anatomistas estão de acordo, que no Homem, os ramos anteriores caudais do quarto nervo cervical e uma parte do primeiro nervo torácico sempre entram na formação do plexo braquial. Entretanto, há certa dúvida quanto a frequência com que um ou ambos os nervos enviam ramos ao plexo. Em outras palavras, todos estão de acordo que os ramos anteriores de, pelo menos, cinco nervos espinhais entram na formação do plexo em todos os casos, mas eles não são claros quanto à questão da frequência com que pode haver a participação de seis ou possivelmente sete raízes na construção do plexo.

Ainda para o mesmo autor, todos aqueles plexos em que um ramo do quarto nervo cervical é identificado, integram grupo que foi designado como grupo 1. O tamanho deste ramo varia de um ramo diminuto a um ramo grande. Dos 175 casos estudados, 110 (62,85%) pertencem ao grupo I.

O grupo 2 consiste naqueles plexos em que ocorrem a contribuição do quinto nervo cervical, sem qualquer participação do quarto cervical. Foram encontrados 52 registros (29,71% dos casos) nesse grupo.

Um terceiro grupo (grupo 3), em que nenhuma parte do quarto nervo cervical entra na composição do plexo, também não há participação do quinto nervo. Um ramo do quinto cervical une-se com o quarto para formação do plexo cervical. Foi encontrado 13 casos, (7,42%) no grupo 3. Portanto, em mais de 62% dos casos, o quarto nervo cervical envia um ramo para o plexo braquial, o que não acontece em cerca de 37%. Neste último caso, a totalidade do quinto nervo cervical entra na formação do plexo, em quase 30% dos casos e apenas parte dele contribui, em torno de 7%.

Na formação do plexo braquial, as variações são comuns, sendo observado um maior numero de alterações com a inclusão do quarto nervo cervical (C4) e, nesse caso, o plexo é chamado de pré-fixado. Quando o ramo anterior do segundo nervo torácico é maior, o plexo denomina-se pós-fixado (PRASADA RAO; CHAUDHARY, 2000). Variações também podem ocorrer durante a formação dos troncos, nas divisões e fascículos; ou na origem e/ou combinação dos ramos ou, ainda, nas relações da artéria axilar e dos músculos escalenos (MENESES, 1999; MOORE; DALLEY, 2001; SAEED; RUFAl, 2003).

2.4 Anestesia Locorregional

A anestesia locorregional (ALR) é um dos grandes pilares da moderna anestesia (NINANE et al., 2015), pois, proporciona analgesia e um potente relaxamento muscular. Dessa forma, torna-se uma opção extremamente vantajosa para procedimentos operatórios de membros pélvicos e torácicos em regime ambulatorial e/ou cirúrgico, ocupando um importante espaço na casuística cirúrgica. Na Medicina Veterinária, tal afirmação é fato comum tanto em grandes animais (BHOJANI; PARSANIA; VYAS, 1981) como em pequenos animais (OTERO, 2005) e tem sido uma valiosa ferramenta na prática clínico-cirúrgica. O bloqueio locorregional (BLR) é obtido pela deposição de anestésico local em um nervo ou em grupo de nervos que formam um plexo suscitando insensibilização de uma extensa área do indivíduo (INTELIZANO et al., 2002). Segundo Rodriguez et al. (1996), a eficiência dos BLR é diretamente proporcional à deposição da solução o mais próximo possível da estrutura que se deseja bloquear.

O depósito destes fármacos sobre as fibras nervosas inibe as vias de transmissão do estímulo nociceptivo (BECKER; REED, 2012) e, dependendo do local de administração, conferem potente relaxamento da musculatura estriada esquelética (PASCOE, 1997). Dessa forma, é possível reduzir consideravelmente a necessidade do uso de anestésicos gerais (HODGSON; LIU, 2001), minimizando os riscos inerentes a depressão cardiovascular causada por esses agentes. Esta modalidade anestésica serve como pilar do conceito *stress free anesthesia* o qual almeja a anestesia livre dos devastadores efeitos neuroendócrinos suscitado pelo estresse cirúrgico (KEHLET, 1988). Segundo Holte e Kehlet (2002), pacientes adequadamente analgésicos durante o período transoperatório possuem o tempo de convalescência diminuído e conseqüentemente recebem de forma mais precoce a alta hospitalar (KEHLET; DAHL, 2003).

O princípio farmacológico destas técnicas norteia o bloqueio dos canais de sódio dependentes de voltagem através do uso de anestésicos locais, não permitindo desta forma o alcance do limiar de disparo e subsequente deflagração do potencial de ação (CATTERALL; SWANSON, 2015). No que tange os entendimentos da nocicepção, sabe-se que a não formação do impulso nervoso nas áreas bloqueadas/anestesiadas impede a transmissão deste aos centros superiores como a medula espinhal, tálamo, hipotálamo, mesencéfalo e formação reticular evitando dessa forma, todas as conseqüências relacionadas a estas regiões anatômicas como a percepção, modulação, resposta ao estresse, alterações da nocicepção, emoções e etc. (PASCOE, 1997; HAHNENKAMP et al., 2004; BREIVIK; NORUM, 2010; ANDREAE; ANDREAE, 2012).

2.5 Bloqueio do Plexo Braquial

O bloqueio do plexo braquial (BPB) é uma técnica de ALR que possibilita à realização de procedimentos cirúrgicos distais a articulação escapulo-umeral obtida pela embebição epineural por anestésico local no PB. Na veterinária, o BPB é comumente realizado pela técnica da obstrução do fluxo arterial e o uso do estimulador de nervos periféricos (FUTEMA et al., 1999). É consenso entre os anestesiólogistas que a complexa anatomia da região é um fator limitante para o amplo emprego desta técnica na rotina dos médicos veterinários, pois, a curva de aprendizado para a realização deste bloqueio quando realizado "às cegas" é alta e um tanto quanto desafiadora.

Na literatura, diferentes técnicas foram descritas ao longo do tempo, sempre baseadas em referências anatômicas, entretanto, com resultados nem sempre satisfatórios (TUFVESSON, 1951; VALLAT, 1959; NUTT, 1962) e com algumas contradições entre os mesmos. No início dos anos 50, Tufvesson (1951) indicou a anestesia do plexo braquial em

todas as intervenções cirúrgicas do membro torácico do cão que fossem realizadas distalmente à articulação do cotovelo. A técnica consistiu na utilização de 10 mililitros de lidocaína 2% sendo a agulha inserida entre a parede lateral do tórax e o músculo subescapular até a espinha da escápula. Na década seguinte, utilizando a técnica descrita pelo autor anterior, Nutt (1962), utilizou o bloqueio do plexo braquial em casos clínicos, entretanto, utilizou a concentração de 3% de lidocaína. Este autor indicou o bloqueio do plexo braquial nas intervenções cirúrgicas abaixo da articulação úmero-rádio-ulnar corroborando com Tufvesson (1951). Entretanto, Vallat (1959) realizou o bloqueio do plexo braquial em cães, obtendo anestesia do membro torácico do cão, dista a articulação escápulo-umeral.

Mais recentemente, Futema et al (1999), utilizou a técnica da obstrução do fluxo arterial. Com o paciente em decúbito lateral, com uma das mãos, na região axilar, palpou-se a artéria axilar, e com a outra mão, obstruiu-se o fluxo desta artéria no vazio torácico próximo à primeira costela. Ao constatar a ausência de pulso, certificou-se que a polpa digital se encontrava-se sobre a artéria axilar na região do vazio torácico, indicando, conseqüentemente, a proximidade com os nervos que compõem o plexo. Após a localização arterial, iniciou-se a introdução da agulha, lateral à polpa digital que obstruiu a artéria. A partir deste estudo, outros autores se propuseram a comparar fármacos e/ou concentrações no que tange os tempos de latência motora e sensitiva e tempo de bloqueio motor e sensitivo (WAKOFF et al., 2013). Em gatos, até pouco tempo, existiam poucos relatos na literatura relacionados a estudos clínicos e/ou experimentais (MOSING et al., 2000; MENCALHA et al., 2014) sendo ainda mais difícil prever a eficácia da técnica e utilização na casuística do médico veterinário, no entanto, um grupo de pesquisadores espanhóis tem frequentemente contribuído com estudos anatômicos, sonográficos e aplicados a anaestesia locorregional do membro torácico (ANSÓN et al., 2013; 2015; 2016).

A utilização dos neuroestimuladores para localização dos nervos a serem bloqueados foi descrita há mais de 30 anos por Greenblatt; Denson (1962) e Wright (1969). Segundo estes autores, esses estimuladores para localização dos nervos, aumentam significativamente o sucesso do bloqueio, sugerindo que esta técnica poderia ser extremamente útil em pacientes psicóticos, comatosos e torporosos, o que justificaria seu emprego na medicina veterinária (MOENS, 1995). O estimulador de nervos periféricos (ENP) possui longa história e grande aceitação na ALR. Tal aparato facilita a localização nervosa através de uma corrente elétrica a qual possibilita o estímulo de fibras motoras. Essa técnica permite o depósito de anestésico local o mais próximo do local desejado aumentando dessa forma a eficácia e minimizando situações de parestesias causada por volumes excessivos dos fármacos (KLEIN et al., 2012).

Segundo a literatura, o estimular ideal é aquele que possui regulagem da amperagem, permitindo alterações frequentes da mesma, durante a localização dos nervos. Inicialmente, altas correntes são usadas para provocar as contrações musculares, e então, progressivamente se reduz a amperagem até o momento em que se consegue a contração com a menor amperagem, o que indica a proximidade da agulha com o nervo (BASHEIN et al., 1984). Estes autores recomendam que se inicie com 1mA, reduzindo até conseguir contrações com 0,3 a 0,5mA; neste ponto, injeta-se 3ml do anestésico local que produzirá a abolição das contrações musculares, indicando assim a proximidade da agulha com o nervo a ser bloqueado (BARANOWSKI; PITHER, 1990; KOSCIELNIAK-NIELSEN, et al., 1997). BASHEIN et al. (1984) recomendam a utilização de agulhas descartáveis revestidas, exceto na ponta, por material plástico não condutor, o que acarreta contrações musculares somente quando a ponta da agulha estiver próxima do nervo.

O uso do ENP demonstrou-se viável para a realização do BPB em cães (FUTEMA et al., 1999). Esta técnica consiste na inserção da agulha do ENP lateralmente à artéria axilar, na região do vazio torácico. Após inserção da agulha emprega-se uma corrente de 1mA e 1Hz, diminuindo-se gradativamente até obtenção de contrações musculares com menos de 0,5 mA.

O volume total é administrado em quatro partes iguais com finalidade de alcançar eficácia máxima no bloqueio por atingir maior número possível de nervos. Segundo estes autores, em 90% dos animais, o bloqueio foi efetivo, constatado através da anestesia de todo membro torácico distal à articulação escápulo-umeral.

Mais recentemente, o recurso ultrassonográfico vem recebendo atenção especial por parte dos anestesiólogos veterinários, e, desde o ano de 2009 alguns estudos vem comprovando sua viabilidade e eficácia no bloqueio do plexo braquial de diferentes espécies (CHIU et al., 2009; ALTERMATT et al., 2010; CAMPOY et al., 2010; RIOJA et al., 2012; IWAMOTO et al., 2012; VASSILIOU et al., 2012; DA CUNHA et al., 2013; FONSECA et al., 2015).

2.6 Anatomia Ultrassonográfica Do Plexo Braquial

Com o crescente interesse na utilização do recurso ultrassonográfico para a realização dos bloqueios locoregionais, Guilherme e Benigni (2008), contribuíram com a literatura veterinária descrevendo a técnica de avaliação da anatomia ultrassonográfica do plexo braquial em cães. Tal experimento englobou o estudo em cinco cadáveres e três animais vivos. Assim como descrito na anatomia de dissecação, os ramos ventrais dos nervos espinhais cervicais e torácicos foram identificados em sua saída do forame intervertebral. Esses nervos podem ser seguidos distalmente, cranial à primeira costela, até formar o plexo. Os nervos musculocutâneo, ulnar e mediano foram identificados na face medial ao nível da porção proximal do úmero e seguiu para a região axilar distalmente ao cotovelo. O nervo radial, formado pelos componentes de múltiplos nervos, foi observado na face lateral e caudalmente a parte medial do úmero. Neste estudo, os nervos se mostraram como estruturas tubulares hipocóicas com ecotextura descontínua de bandas hiperecóicas, rodeados por uma borda fina de tecido altamente ecogênica.

Mais recentemente, Ansón et al. (2013), descreveram minuciosamente a anatomia sonográfica (Figura 1) do plexo braquial em gatos em um completo estudo realizado em três fases: anatômico, cadavérico e sonográfico. Neste experimento, a descrição da anatomia sonográfica mencionou que o plexo braquial em gatos aparenta ser um agrupamento de pequenas estruturas hipocóicas circundadas por uma fina borda hiperecóica. Os ramos nervosos de C6 e C7 são localizados cranialmente a artéria axilar, enquanto que os ramos nervosos de C8 e T1 foram identificadas lateralmente a artéria axilar e intimamente a veia axilar. Estes ramos nervosos s foram localizados medialmente ao músculo escaleno.

Neste estudo, utilizando uma abordagem proximal e medial a nível umeral e posicionando o transdutor no plano transversal no aspecto medial do úmero, quatro estruturas hipocogênicas ovais arredondadas com bordas hiperecogênicas foram visualizadas caudalmente ao músculo bíceps braquial. Estas estruturas foram identificadas, do seu aspecto cranial para o medial como a seguir: nervo radial (um grupo de múltiplos componentes), artéria braquial, nervos mediano e ulnar. Nesta abordagem não se observou o nervo musculocutâneo. Ademais, os autores obtiveram imagens com cortes longitudinais rotacionando o transdutor em 90 graus e realizando pequenos ajustes para obtenção de imagens individuais dos nervos. Estes nervos foram visualizados como estruturas tubulares hipocogênicas delimitados por duas linhas hiperecóicas. Imagens no plano transversal dos nervos mediano e ulnar e da artéria braquial também foram obtidas nesta mesma abordagem umeral, entretanto, em seu aspecto mais distal. Neste contexto, a artéria braquial foi observada entre os dois nervos mencionados. O nervo mediano foi visualizado cranialmente a artéria braquial e caudalmente ao músculo bíceps braquial e aparentou ser menor em comprimento do que o nervo ulnar. No aspecto lateral do úmero distal, os ramos superficiais do nervo radial foram visualizados caudalmente ao úmero e medialmente a cabeça lateral o músculo

tríceps braquial. Este nervo aparentou ser uma estrutura arredondada hipocogênica com borda hiperecogênica.

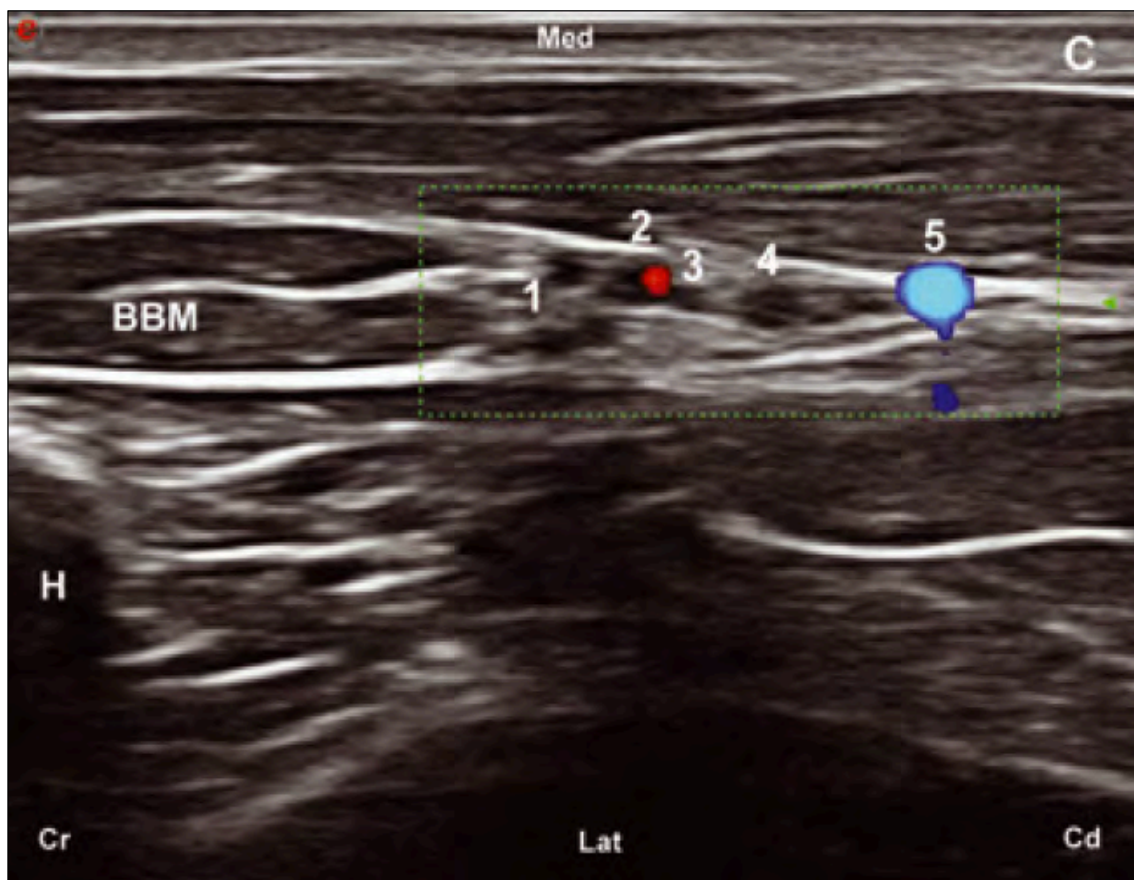


Figura 1: Foto ilustrativa representando a anatomia sonográfica em corte transverso do plexo braquial de gatos na abordagem umeral proximal. 1. nervo radial ; 2. artéria braquial; 3. nervo mediano; 4. nervo ulnar; 5. veia braquial; BBM: músculo bíceps braquial; H: úmero; Cr: cranial; Cd: caudal; Med: medial; Lat: lateral (ANSÓN et al., 2013).

2.7 Bloqueio do Plexo Braquial Guiado por Ultrassonografia

O uso da ultrassonografia no auxílio ao BPB vem ganhando grande popularidade (MARHOFER; CHAN, 2007; SITES; BRULL. 2006). Seu uso permite adequada avaliação anatômica individual da região a ser bloqueada com correta identificação das estruturas que compõem este plexo (CONCEIÇÃO et al., 2007; HELAYEL et al., 2009). Estas características podem evitar lesões de estruturas como vasos, pleura e os próprios nervos periféricos, além de permitir a deposição epineural do anestésico local, sob visualização direta e em tempo real (Figura 2) (HELAYEL; CONCEIÇÃO; FILHO, 2007; MARHOFER; CHAN, 2007).

O sucesso de um bloqueio nervoso é dependente da deposição da solução de anestésico local o mais próximo possível do nervo desejado. A estimulação de nervos periféricos vem sendo considerado a técnica "padrão ouro" para a localização nervosa periférica (MARHOFER; CHAN, 2007), entretanto, as técnicas guiadas por ultrassonografia têm ganho intensa popularidade para facilitar a execução dos bloqueios. Este recurso requer treinamento e habilidades adquiridas no que se refere a manipulação simultânea da agulha e do transdutor além da visualização sonográfica das estruturas anatômicas inerentes a cada

bloqueio locorregional, da agulha e mesmo da solução de anestésico local. Em seres humanos, estudos citam o aumento da segurança e eficácia destes procedimentos (PERLAS et al., 2003) e decréscimo do tempo requerido para a performance dos bloqueios (WILLIAMS et al., 2003). Adicionalmente, menores volumes podem ser necessários em razão da visualização em tempo real da solução do anestésico frente as fibras nervosas (OBERNDORFER et al., 2007). Rotineiramente, a combinação do recurso ultrassonográfico com a estimulação de nervos periféricos oferece vantagens para a confirmação da identificação do nervo em questão e adequado posicionamento da agulha.

Uma revisão sistemática que comparou o uso do ultrassom com a neuroestimulação em bloqueios nervosos periféricos concluiu que a ultrassonografia propiciou menor falha, diminuiu o tempo de execução e latência e ainda aumento o tempo de duração total do bloqueio (ABRAHAMS et al., 2009). Ademais, estudo apontam menor incidência de injeções vasculares com os bloqueios guiados por ultrassonografia *versus* os guiados por eletroestimulação (CONCEIÇÃO; HELAYEL; FILHO, 2009).

Em uma análise clínica retrospectiva em 12.688 seres humanos submetidos a bloqueios guiados por ultrassonografia, relatou-se baixa incidência de complicações tais como sintomas neurológicos, venopunção, punção arterial, pneumotórax e parestesia (SITES et al., 2012), corroborando dessa forma com as vantagens descritas pelo uso desta técnica.

Em medicina veterinária recentes estudos demonstram o interesse pelos bloqueios guiados por ultrassonografia em membros torácicos (RIOJA et al., 2012; PORTELA et al., 2013), pélvicos (ECHEVERRY et al., 2010; SHILO et al., 2010; WAAG et al., 2014), neuroeixo (GREGORI et al., 2014) e no bloqueio do plano transversal do abdômen (PORTELA et al., 2014). Recentemente em cães, foram descritas as bases anatômicas para três técnicas de bloqueios regionais guiados por ultrassonografia incluindo o BPB e dos nervos isquiático e femoral (CAMPOY et al., 2010). Adicionalmente, alguns modelos de carcaças de animais vem sendo rotineiramente utilizadas na prática do ensino dos bloqueios guiados nas disciplinas e residências em anestesiologia (BRINKMANN; MITCHELL; HOCKING, 2012).

Em um dos estudos pioneiros realizados em cães (CAMPOY et al., 2010), a resposta motora com uma corrente de 0,4mA foi obtida para verificar a correto posicionamento da agulha introduzida guiada por ultrassonografia. Essa corrente inicial utilizada neste estudo foi muito menor do que quando utiliza-se inicialmente na técnica executada por estimulação de nervos periféricos isoladamente a qual inicia-se com valores aproximados de 1mA. Este dado sugere que a ecolocalização dos nervos periféricos, quando realizada por profissionais treinados, é perfeitamente reproduzida e com excelentes aplicações em medicina veterinária.

Um outro grupo de pesquisadores descreveram uma técnica intervencionista do bloqueio do plexo braquial em bezerros de modo a aumentar a segurança dos procedimentos cirúrgicos do membro torácico destes animais (IWAMOTO et al., 2012). Neste estudo, após realização do exame ultrassonográfico da região, foi injetado 2% de lidocaína guiado por ultrassonografia. Segundo estes autores, ultrassonograficamente o plexo braquial apareceu como múltiplas áreas hipocólicas com borda hipercólica ou uma estrutura hipercólica caracterizada por várias linhas descontínuas. O efeito analgésico foi principalmente observado na área inerente ao nervo musculocutâneo, indicando o bloqueio bem sucedido deste plexo nervoso. Dos oito membros torácicos puncionados, o efeito motor alterado foi observado em sete deles. Estes resultados sugerem a viabilidade clínica do bloqueio do plexo braquial guiada por ultrassom na medicina de bovinos, embora mais estudos são necessários para examinar várias abordagens, incluindo os locais de inserção da agulha e o volume e dose adequada de anestésico.

Após estes recentes estudos, é fato que o uso do recurso ultrassonográfico na anestesiologia veterinária é uma tecnologia interessante e promissora, entretanto, além de um

alto investimento financeiro em equipamentos de alta resolução de imagem requer um considerável período de treinamento. Alguns estudos apontam os modelos de carcaças de porcos como uma excelente ferramenta para o treinamento dos bloqueios anestésicos guiados por ultrassonografia (WHITTAKER et al., 2013). Outros pesquisadores publicaram a curva de aprendizado do profissional sob treinamento do bloqueio do plexo braquial por via axilar em seres humanos. Neste estudo os autores afirmam que os profissionais anestesiológicos os quais possuem previa experiência no BPB por via axilar precisam de pelo menos 15 punções guiadas por ultrassonografia para começarem a apresentar um resultado considerado bom com este recurso (MORROS et al., 2011).

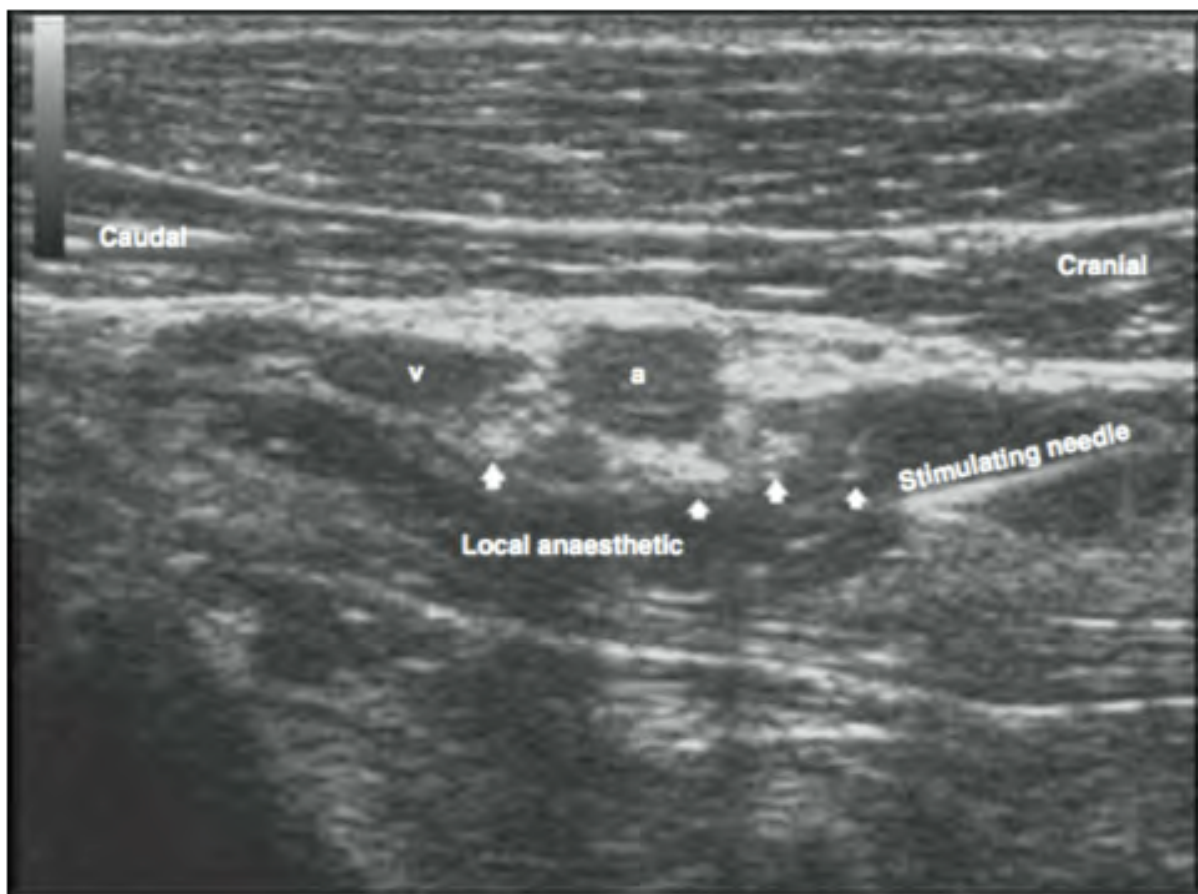


Figura 2: Foto ilustrativa de uma imagem ultrassonográfica da região axilar de cães após a injeção de 0,15ml/kg de solução de anestésico local. As setas indicam as raízes nervosas de C7, C8 e T1. Nota-se que um "bleb" hipoecóico produzido pela solução se estende desde a raiz de C6 até a raiz de T1 (CAMPOY et al., 2010).

2.8 Termografia Aplicada aos Bloqueios Regionais

Bloqueios de nervos periféricos são amplamente utilizados na rotina da ALR, entretanto, a avaliação da eficácia continua sendo uma tarefa árdua em função da maioria dos testes incorrerem no fator subjetividade (picada de agulha, estimulação térmica). Com o avanço tecnológico, pesquisadores perceberam a necessidade da inserção de testes objetivos de modo a aumentar a qualidade e por conseguinte a eficácia dos BLR (CURATOLO; PETERSEN-FELIX; ARENDT-NIELSEN, 2004; PAQUERON et al., 2004).

Os bloqueios simpáticos evocam vasodilatação, aumentando o fluxo sanguíneo local e consequentemente a temperatura cutânea (TC) e tecidual (MAGNUSDOTTIR et al., 1999). Anatomicamente, sabe-se que as fibras nervosas simpáticas estão presentes nos nervos

periféricos, dessa forma, recentes estudos têm investigado se o aumento da TC pode ser um parâmetro objetivo para avaliar e prever o sucesso dos BLR, como por exemplo o bloqueio do plexo braquial (MINVILLE et al., 2009; GALVIN et al., 2006).

Lange et al. (2011), realizaram um estudo guiado por ultrassonografia com bloqueios específicos dos nervos musculocutâneo, radial, ulnar e mediano em seres humanos submetidos a cirurgias de mãos. Em tal estudo, foi aferido a TC específica destes nervos, por termografia infravermelha, com a hipótese de que o bloqueio de um nervo específico poderia levar um aumento da TC na área inervada pelo nervo. Em resumo, foi constatado que o bloqueio específico dos nervos ulnar e mediano conduz a um aumento substancial na TC nas áreas inervadas por esses nervos e o aumento é ainda mais notório na ponta dos dedos (Figura 3). Adicionalmente, os resultados do bloqueio específico do nervo mediano demonstraram aumento da TC na área dorso da mão inervados pelo nervo radial. No entanto, o bloqueio específico dos nervos musculocutâneo ou do nervo radial não aumentou a TC em qualquer área. Estes resultados contrastam a hipótese de que o bloqueio de um nervo específico sempre conduz a aumentos de TC nas áreas inervadas pelo nervo bloqueado.

Mais recentemente, um estudo realizou um bloqueio infraclavicular guiado por ultrassonografia em 45 pacientes humanos submetidos a cirurgias de membro anterior (ASGHAR et al., 2014). A mão contralateral serviu como o controle e foram obtidas imagens por termografia infravermelha de ambas as mãos antes dos bloqueios e durante 30 minutos após a execução da anestesia. Foi observado quatro padrões termográficos diferentes neste estudo. Aumento da temperatura cutânea do segundo e quinto dígitos as quais caracterizam a eficácia do bloqueio foi observada com um valor preditivo de 100%.

A eficácia da termografia infravermelha também foi comprovada por Minville et al. (2009) os quais utilizaram esta ferramenta no bloqueio do plexo braquial pelo acesso infraclavicular em 30 pacientes humanos submetidos a cirurgia de membro anterior. Neste estudo os autores concluem que a termografia infravermelha é um indicador confiável, simples e precoce da instalação do bloqueio do plexo braquial.

Na mesma linha de raciocínio outros pesquisadores propuseram avaliar o uso da termografia infravermelha no bloqueio do nervo isquiático guiado por ultrassonografia (VAN HAREN et al., 2013). Neste estudo, 18 indivíduos saudáveis submetidos a cirurgia ortopédica dos pés, foram anestesiados através da administração de 7,5mg/ml de ropivacaína no nervo isquiático pelo acesso subglúteo. A temperatura cutânea foi mensurada nos dedos dos pés, dorso, planta, maléolos e a face lateral da parte interior da perna momentos antes do bloqueio anestésico do isquiático e com intervalos de 10 minutos. Dessa forma, observou-se que após o bloqueio anestésico, a temperatura dos pés aumentou significativamente. Os autores concluem o presente estudo afirmando que a termografia infravermelha é um bom teste para determinação do bloqueio anestésico.

Além dos bloqueios de membros torácicos e pélvicos, esta ferramenta foi utilizada para determinação da fidedignidade do grau do bloqueio simpático durante uma anestesia do neuroeixo através da mensuração da temperatura cutânea (KIMURA et al., 1992; VAN HAREN et al., 2010). Neste segundo estudo, após os minutos 5, 10 e 20 da anestesia espinal a temperatura cutânea foi mensurada nos dermatômos T2-L3 em pacientes do sexo masculino submetidos a cirurgia de membro inferior. O dermatômo mais cefálico que o bloqueio sensitivo se instalou foi exatamente o local de registro da maior temperatura cutânea, entretanto, os autores citam a necessidade de alguns ajustes nesta tecnologia para prever a extensão do bloqueio locorregional.

Em medicina veterinária um dos grandes usos da termografia infravermelha se relaciona a prática de medicina esportiva equina e ao apoio ao diagnóstico de algumas enfermidades (TURNER, 2001; AUTION et al., 2006; SIMON et al., 2006; AUTIO et al., 2007; BOWERS et al., 2009; ROSENMEIER et al., 2012; CELESTE et al., 2013; WESTERMAN et al., 2013),

entretanto, no que tange sua aplicação destinada a prática da anestesiologia veterinária seu uso permanece incerto e com escassos dados na literatura. Hoogmoed e Snyder (2002) realizaram um estudo objetivando determinar se a termografia infravermelha poderia detectar a injeção de analgésicos e agentes neurolíticos e neurectomia cirúrgica digitais palmares. Neste ensaio experimental, procedimentos realizados nortearam a injeções na região lombar, ligamentos, nervo tibial, nervos digitais palmares, e neurectomia digitais palmar. As imagens foram obtidas antes e depois destes procedimentos supracitados até que uma diferença significativa já não fosse detectada. A injeção local da região lombar, no ligamento suspensor e a infiltração do nervo tibial com um agente neurolítico produziram padrões térmicos detectáveis os quais foram significativos durante dois dias. A analgesia dos nervos palmares foi significativa para 24 horas com bupivacaína, comparado a cinco dias para o cloreto de amônio. A neurectomia digital palmar produziu padrões térmicos mais variáveis. Embora sensível o suficiente para detectar mudanças nos padrões de calor a partir de regiões de controle, segundo estes autores, a termografia não é específica o suficiente para discriminar entre procedimentos e lesões induzindo uma resposta inflamatória. No ano seguinte, Holmes et al. (2003), utilizaram o recurso de termografia infravermelha para avaliar a anestesia epineural dos dedos palmares em equinos. Neste estudo, cavalos desprovidos de quaisquer alterações patológicas foram divididos em dois grupos, o tratamento a base do anestésico local mepivacaína, e o controle o qual recebeu salina tamponada. Os resultados não indicaram nenhuma diferença significativa entre os tratamentos. Dessa forma, foi concluído que a termografia infravermelha aparentemente pode ser realizada dentro de 45 minutos de anestesia cloridrato de mepivacaína perineural, sem risco de alterações de artefato na temperatura da superfície do membro.

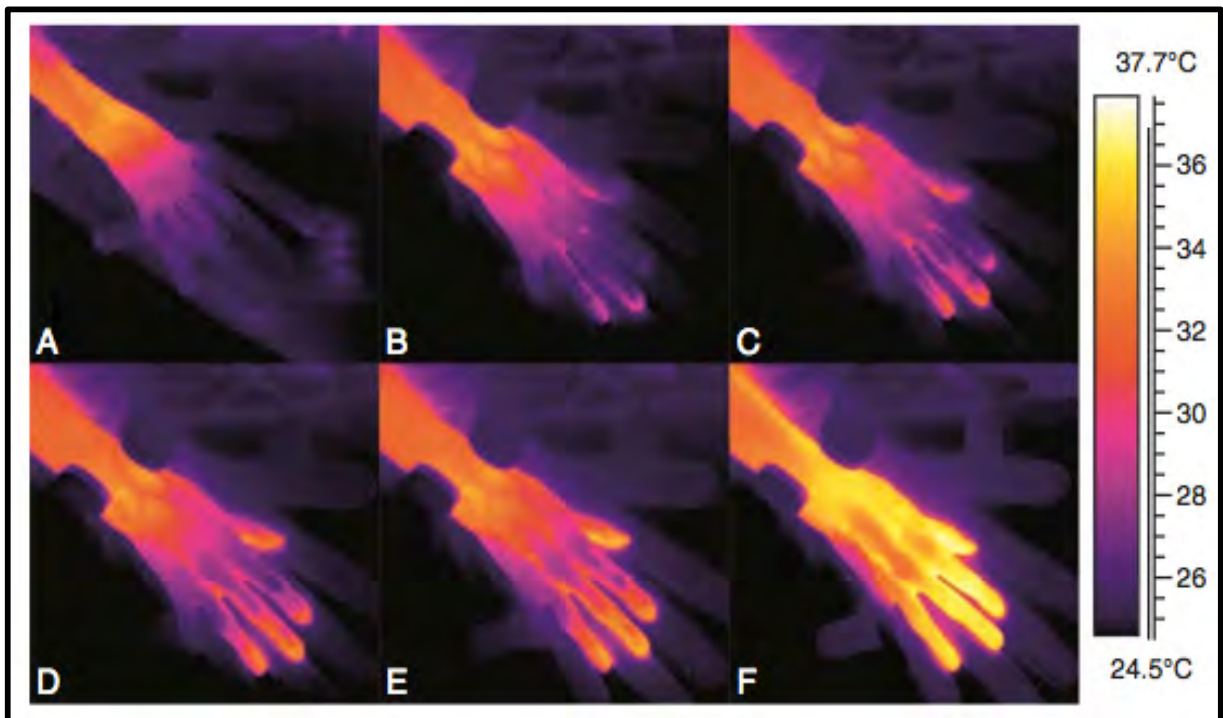


Figura 3: Imagens de termografia infravermelha das mãos em posição pronada após a realização do bloqueio do nervo mediano. (A) Baseline, (B) 4 min, (C) 5 min, (D) 6 min, (E) 7 min, e (F) 22 min após a execução da anestesia. A temperatura da pele inicialmente aumentou na região dos dedos e se estende proximalmente ao longo das veias. (LANGE et al., 2011).

2.9 Eletromiografia Aplicada Aos Bloqueios Regionais

Assim como a técnica anterior, a eletromiografia (EMG) concerne a ideia de uma avaliação objetiva da eficácia dos BLR no que se refere a função motora. Tal ferramenta permite acessar a qualidade e a intensidade do bloqueio motor induzido pela deposição dos anestésicos locais frente as fibras motoras da técnica de anestesia locorregional envolvida. Ao longo da história da anestesiologia, o estudo pioneiro realizado por Bromage (1964), avaliou a qualidade e intensidade do bloqueio motor induzido pelo uso de anestésicos locais, entretanto, ainda utilizando critérios clínicos, como a perda parcial ou completa do movimento de pernas e pés. Com a inserção de recursos tecnológicos na pesquisa e prática anestesiológica, a eletromiografia mostrou-se um recurso mais objetivo e quantitativo em acessar a qualidade do bloqueio motor através da gravação de ondas de despolarização as quais induzem contração muscular conhecida como um potencial de ação motor composto (CMAP). Os sinais elétricos (CMAPs) representam atividade muscular e ocorrem em resposta a estimulação do nervo motor responsável pela atividade no músculo monitorado (ATANASSOFF et al., 1996).

A estimulação nervosa é mais facilmente alcançada com a inserção de eletrodos colocados sobre um nervo superficial. Em qualquer corrente despolarizante, a amplitude da onda gravada por EMG é proporcional ao número de fibras musculares que tenham atingido o limiar, e pode ser usada para quantificar a força da função motora. Os nervos distais do PB foram extensivamente utilizados para estudos de condução elétrica, em particular, por neurologistas, os quais avaliaram principalmente os nervos mediano, ulnar e radial (TROJABORG, 1970; IRANI; GRABOIS; HARVEY, 1982).

Atanassoff et al. (1998) avaliaram amplitudes de EMG de ambos os nervos ulnares (Figura 4). A amplitude do PAMC diminuiu rapidamente após injeção do anestésico local, confirmando o bloqueio de transmissão neural. Estes resultados corroboram com estudo anterior (ATANASSOFF et al., 1996) o qual avaliou o tempo de início do bloqueio motor do nervo obturador. Outros estudos, comprovaram a utilização da EMG na avaliação da resposta motora frente a um bloqueio locorregional em seres humanos (ATANASSOFF et al., 1995; KHODULEV, 2006; KHODULEV et al., 2006), entretanto, em medicina veterinária apesar de um amplo uso em estudos relacionados a prática da anestesiologia (MANANI et al., 1968; GOLDEN et al., 1976; MENON et al., 1980; PEETS; POMERANZ, 1987; FITTING et al., 1987; OCHIAI et al., 1989; ENGBAEK, 1996; NUIJENS et al., 1997; KYLES et al., 2001; BRÁS et al., 2011) não se encontrou na literatura o uso deste recurso na avaliação motora dos bloqueios locorregionais.

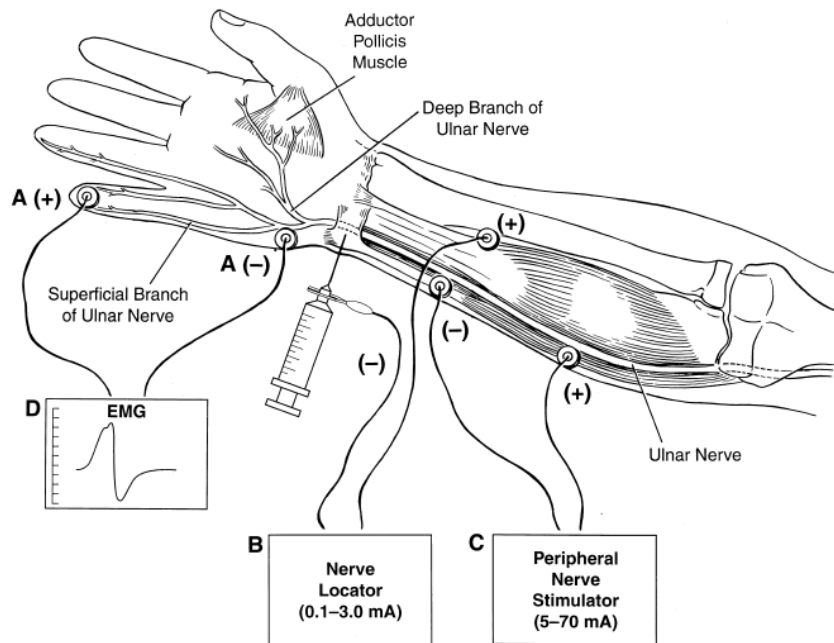


Figura 4: Diagrama representativo da monitoração eletromiográfica no nervo ulnar. Eletrodos de registro [anodo (1), catodo (2)] na eminência hipotenar (A) são usados para verificar a adequada a injeção do anestésico local através do neurolocalizador (B) próximo ao nervo ulnar. Eletrodos de estimulação (C) evocam o potencial de ação motor composto (CMAPs) os quais são registrados pelos eletrodos hipotenares e registrados pela interface do eletromiógrafo (D). (ATANASSOFF et al., 1998).

3- OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

- Avaliar a eficácia do bloqueio do plexo braquial guiado por ultrassonografia associada a estimulação de nervos periféricos em coelhos.

3.2 Objetivos Específicos

- Comparar a eficácia do bloqueio do plexo braquial guiado por ultrassonografia associado a estimulação de nervos periféricos com o bloqueio do plexo braquial guiado por estimulação de nervos periféricos em coelhos;
- Avaliar a morfologia do plexo braquial do coelho e validar seu uso como modelo experimental do bloqueio do plexo braquial;
- Investigar a evolução temporal do bloqueio motor através da mensuração dos *Potenciais de ação motores compostos* evocados por eletromiografia;
- Mensurar a variação da temperatura cutânea por termografia infravermelha em áreas específicas de interesse nas regiões correspondentes ao bloqueio do plexo braquial (antebraço, mão e dígitos);
- Determinar o valor preditivo, sensibilidade e especificidade da termografia infravermelha na avaliação da eficácia do bloqueio do plexo braquial.

4- MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Comitê de Ética

Este estudo experimental foi previamente aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) do Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro sob protocolo número 006/2014 em reunião realizada em 5/11/2015 (ANEXO 1).

4.2 Estudo cadavérico

4.2.1 Local de Experimentação

O estudo cadavérico foi realizado no Laboratório de Anatomia Animal do Instituto de Veterinária da UFRRJ. Durante o experimento o ambiente foi mantido arejado com ventilação e iluminação natural.

4.2.2 Ensaio Experimental

Foram utilizados 40 cadáveres de coelhos adultos da raça Nova Zelândia, dentre machos e fêmeas, pertencentes ao acervo da Área de Anatomia Animal da UFRRJ. Esses cadáveres foram previamente sexados, identificados e fixados com solução de formaldeído a 10%. As peças anatômicas foram dissecadas cuidadosamente, em ambos os antímeros, preservando-se cada ramo pertencente ao plexo braquial. Para tal procedimento, foi utilizado a técnica descrita a seguir.

Foram removidas as vísceras torácicas, assim como o tecido adiposo da região, expondo parcialmente os nervos oriundos do plexo em estudo. Sobre a área foram colocados chumaços de algodão embebidos em solução de álcool absoluto com ácido acético glacial na proporção de 70/30 respectivamente, por 60 minutos de modo a precipitar a mielina e por um processo de difusão permitir a dilatação dos fascículos neurais favorecendo sua visualização.

Após esse tempo, foi realizada cuidadosa dissecação, a olho nú ou, quando necessário, com microscópio cirúrgico¹, retirando o esterno e, em seguida, os corpos vertebrais, até exposição completa da medula espinhal e raízes nervosas formadoras do plexo. Os nervos resultantes inerentes a musculatura intrínseca do plexo braquial foram dissecados desde a sua origem a partir dos ramos espinhais até suas respectivas inserções musculares. Em seguida os nervos formadores do plexo braquial foram fotografados com câmera fotográfica de alta resolução. Foram confeccionados desenhos esquemáticos do plexo braquial de modo a facilitar o entendimento desta complexa rede de nervos e vasos sanguíneos.

4.3 Estudo in vivo

4.3.1 Local de Experimentação

Os ensaios experimentais *in vivo* foram realizados no Laboratório do Centro Experimentação Animal do Centro de Ensino Superior de Valença. Durante o experimento, o ambiente foi climatizado em 21°C e a umidade relativa do ar monitorada através de um termo higrômetro digital². Na sala de experimentação não houve nenhum contato com radiação solar e foi utilizada uma lâmpada de led branca para iluminação do ambiente. Todos os animais foram introduzidos no ambiente com antecedência de 15 minutos para adequada aclimatização.

4.3.2 Animais

Foram utilizados 40 coelhos, machos, da raça Nova Zelândia obtidos no setor de cunicultura do Instituto de Zootecnia (IZ) da UFRRJ, com idade de aproximadamente 120 dias, pesando em média $2,3 \pm 0,5$ kg. Durante toda a fase dos procedimentos experimentais estes animais permaneceram acomodados em suas respectivas gaiolas individuais com acesso aos bebedouros volumétricos contendo água e ração *ad libitum* sendo manuseados todos os dias. Após a realização dos experimentos os animais retornaram ao setor de cunicultura do Instituto de Zootecnia da UFRRJ.

Todos os procedimentos aos quais os animais utilizados neste estudo foram submetidos, estavam de acordo com as normas e princípios éticos preconizados pela Comissão de Ética em Experimentação da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, o qual segue o Guide for the Care and Use of Laboratory Animals (NIH Publicação No 85-23, revisado em 1996).

¹ Microscópio Cirúrgico Opto 200 – Opto Eletrônica S/A – São Carlos. SP.

² Digital Termo Higrômetro - Instrutemp, Belenzinho, São Paulo, Brasil.

4.3.3 Grupos Experimentais

Os animais foram aleatoriamente alocados em dois grupos experimentais conforme especificado abaixo:

- Grupo US/ENP: Bloqueio do plexo braquial guiado por ultrassonografia associada a estimulação de nervos periféricos (BPB - US/ENP): n = 20
- Grupo ENP: Bloqueio do plexo braquial guiado por estimulação de nervos periféricos (BPB - ENP): n = 20

Os animais dos grupos US/ENP e ENP receberam o bloqueio do plexo braquial no membro torácico direito, portanto, o antímero contralateral (esquerdo) foi considerado o grupo "controle" (n=40).

Estes grupos experimentais foram delineados a partir de um experimento piloto, onde, 3 animais, nos quais o bloqueio do plexo braquial fora realizado às cegas, apresentaram sinais de intoxicação pelo anestésico local. Dessa forma, os integrantes desta pesquisa optaram por não realizar o bloqueio às cegas do plexo braquial.

4.3.4 Fármacos

Para realização da anestesia geral dos animais foi utilizado o halogenado isoflurano (Instituto Bioquímico), um conhecido anestésico geral inalatório bem tolerado pela espécie. No bloqueio do plexo braquial utilizou-se o anestésico local lidocaína 2% sem vasoconstrictor (Sigma-Aldrich).

4.3.5 Instrumentação

Após o período de aclimatização, foi introduzido um cateter intravenoso de calibre 24G, na veia auricular externa, para administração de fluidos e/ou drogas de emergências. Os animais tiveram seus membros torácicos cuidadosamente tricotomizados e desinfetados com solução de clorexidina alcoólica.

Os coelhos foram anestesiados empregando-se uma câmara anestésica de plástico cuja tampa localiza-se na parte superior da câmara, e apresenta dois orifícios com diâmetro de 10 mm em extremidades opostas, um inerente a entrada e outro a saída de gases. Após pré-oxigenação, os animais foram submetidos à anestesia inalatória com isoflurano³ vaporizado em oxigênio a 100% com o objetivo de realizar contenção química para preparação dos animais para a punção do plexo braquial. Neste ensaio utilizou-se um vaporizador universal⁴ e o nível de borbulhamento controlado de acordo com a necessidade. Em seguida, foram mantidos em máscara orofacial com vapor de isoflurano para manutenção do plano anestésico conectado a um sistema respiratório avalvular sem reabsorvedor de gás carbônico (Mapleson tipo A). Para tal, utilizou-se os estágios de Guedel como referência de manutenção de plano anestésico e optou-se por manter os animais no estágio 3.1.

Os animais foram devidamente monitorados com auxílio de um monitor multiparamétrico⁵ o qual permitiu avaliação minuciosa dos sistemas cardiovascular (pressão arterial sistólica, diastólica e média por oscilometria; frequência e ritmo cardíacos),

³ Isoflurano®. Instituto Biochimico Ind. Farm. Ltda. Itatiaia. RJ

⁴ Vaporizador universal Oxigel, São Paulo, Brasil.

⁵ Lifewindow. Digicare Animal Health, Florida, EUA.

respiratório (oximetria de pulso, pletismografia, capnografia e capnometria) e da temperatura corporal (temperatura retal e esofágica).

4.3.6 Bloqueio guiado por ultrassonografia associado a estimulação de nervos periféricos

A ecolocalização foi realizada através de um transdutor linear 7,5-10MHz/25mm pertencentes a um sistema de ultrassonografia digital portátil controlado por software⁶.

Os coelhos foram alocados em decúbito lateral direito com o seu respectivo membro esticado com auxílio de um ajudante. Nesta posição, o músculo peitoral superficial, manúbrio do esterno com os músculos esternocefálicos ligados a ele, e o músculo braquiocefálico puderam ser identificados e palpados. Cranial à entrada torácica, visualizou-se a veia jugular externa a qual se encontrou imediatamente lateral aos músculos esternocefálicos. A área axilar foi então digitalizada com o transdutor orientado num plano parassagital, podendo ser planado, girado ou inclinado até que se encontrasse um eixo ideal para visualização dos vasos axilares.

A artéria axilar foi identificada pela sua imagem com característica anecóica pulsátil e teve vital importância para realização do bloqueio, pois, esta é a principal referência anatômica do BPB. Posteriormente, foi providenciada a imagem de cinco estruturas arredondadas hiperecóticas dorsais aos vasos axilares, os ramos ventrais de C5, C6, C7, C8 e T1 (Figuras 5A e 5B). O local da punção da agulha foi identificado lateralmente a extremidade cranial do músculo peitoral superficial no sentido cranio-caudal a entrada do espaço axilar.

A partir deste momento, uma agulha de neuroestimulação⁷, acoplada ao neuroestimulador⁸, totalmente desligado, foi devidamente inserida de modo que o eixo longitudinal da agulha fosse posicionado por baixo do eixo longitudinal do feixe ultrassonográfico, permitindo que a haste e a ponta da agulha fossem observadas no momento de inserção no sentido craniocaudal em direção a imagem ultrassonográfica correspondente a artéria axilar e as estruturas hiperecóticas inerentes as raízes do PB. Após a visualização da imagem, uma corrente de 0,3 mA e 1Hz foi mimetizada pelo neuroestimulador para certificação do correto posicionamento da agulha nas raízes nervosas do BP.

Após aspiração do êmbolo da seringa, foi procedida a administração da solução de cloridrato de lidocaína 2%⁹ sem vasoconstrictor até o término da atividade motora promovida pelo neuroestimulador, no entanto, foi respeitado o volume máximo de 0,7ml.kg⁻¹. Dessa forma, pôde-se observar em tempo real a distribuição e a difusão da solução em torno das raízes nervosas através da imagem ultrassonográfica.

4.3.7 Bloqueio guiado por estimulação de nervos periféricos

Os coelhos foram alocados na mesma posição citada no grupo anterior, portanto, em decúbito lateral direito com o seu respectivo membro esticado com auxílio de um ajudante. Auxiliado pelo neurolocalizador a agulha de neuroestimulação foi introduzida por via axilar em busca do nervo radial que respondeu a sua estimulação com extensão da articulação do cotovelo. Posteriormente foi realizada a busca pelos nervos mediano e ulnar os quais responderam sua estimulação com a flexão do carpo e pronação do membro (mediano) e nervo musculocutâneo o qual respondeu sua estimulação com a flexão e supinação do cotovelo. A estimulação dos nervos do PB foi iniciada com uma corrente limiar de 1,5mA e

⁶ DP 2200 VET, Mindray Brasil, Perdizes, São Paulo, Brasil.

⁷ Agulha Stimuplex®. A100 (21G x 4") - São Gonçalo, Rio de Janeiro, Brasil.

⁸ Stimuplex®. HNS 12 - Bbraun - São Gonçalo, Rio de Janeiro, Brasil.

⁹ Cloridrato de Lidocaína 2% sem vasoconstrictor, Sigma-Aldrich, Inc., MO, USA.

1Hz, diminuindo-se gradativamente até obtenção da resposta motora com 0,5 mA conforme descrito previamente por (WAKOFF et al., 2013).

Após a localização de cada um dos nervos supracitados e aspiração do êmbolo da seringa, foi procedida a administração da solução de cloridrato de lidocaína 2% sem vasoconstrictor até o término da atividade motora promovida pelo neuroestimulador, no entanto, foi respeitado o volume máximo de $0,7\text{ml.kg}^{-1}$.

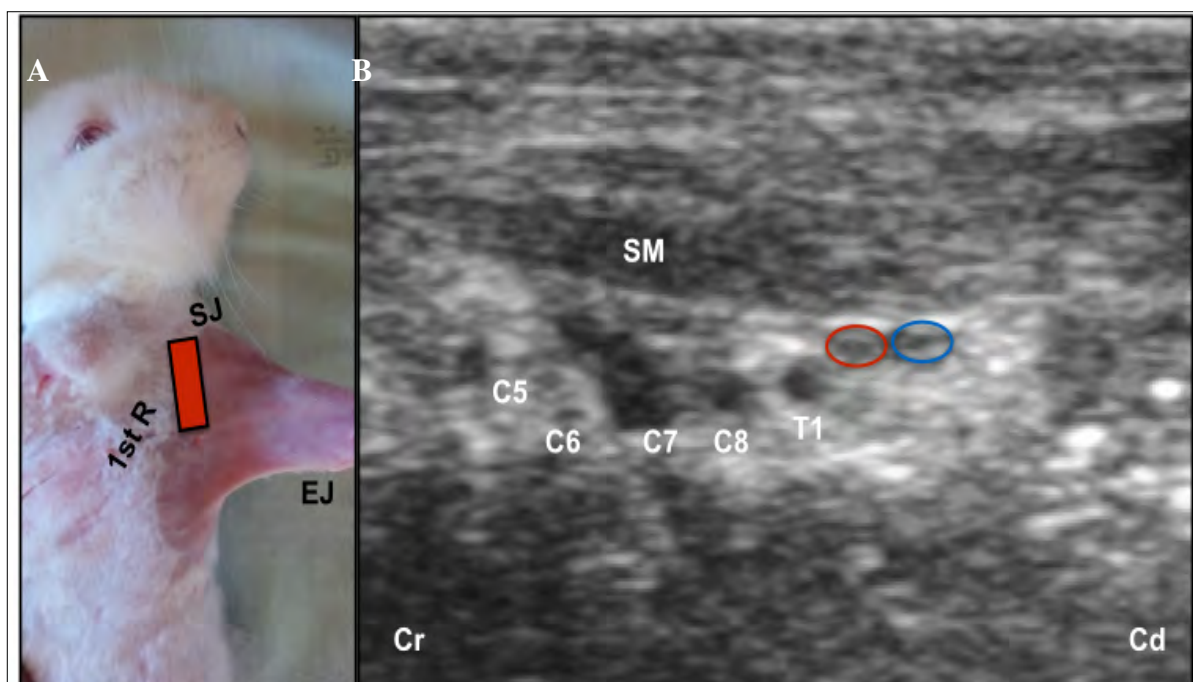


Figura 5: Fotomicrografia representando: (A) Posicionamento do transdutor (retângulo vermelho) na abordagem axilar. Referência anatômicas foram delineadas nas abreviações em preto. (B) Ultrassonografia em corte transversal corresponde a imagem sonográfica das raízes nervosas do plexo braquial (C5, C6, C7, C8, T1). Nesta imagem visualiza-se a veia subescapular (círculo azul); Artéria axilar (círculo vermelho); SJ: articulação do ombro EJ: Articulação do cotovelo ; Cr: cranial; Cd: caudal.

4.4 Avaliação dos Bloqueios

4.4.1 Avaliação temporal do bloqueio motor por eletromiografia

O estudo eletromiográfico foi utilizado como ferramenta para avaliar a diferença entre o tempo de latência motora e o tempo de bloqueio motor entre as técnicas de bloqueio do plexo braquial guiada por ultrassonografia e por eletroestimulação. Para tal, foi escolhido avaliar a função eletromiográfica do nervo radial tendo em vista seu maior calibre (observado pela avaliação morfológica do presente estudo) e pelo fato de sua função motora poder ser acessada em um músculo com tamanho condizente a inserção dos eletrodos no membro torácico do coelho (tríceps braquial).

As amplitudes dos potenciais de ação motores compostos (PAMC) usando estimulação supra-máxima foram obtidas a partir da contração voluntária máxima (CVM) antes da execução do bloqueio do plexo braquial e anestesia geral. Dois eletrodos de gravação¹⁰ foram

¹⁰ Eletrodo Medi-Trace 100 – Miotec Equipamentos Biomédicos Ltda – Porto Alegre, Brasil.

inseridos na origem e inserção do cabeça longa do músculo tríceps (Figura 6). Estes eletrodos foram sempre inseridos em dois pares (um par no antímero direito e o outro par no antímero esquerdo) de modo a comparar o perfil eletromiográfico do membro bloqueado e do membro não bloqueado (controle).

Imediatamente após a realização do bloqueio do plexo braquial, foi iniciada a avaliação dos seguintes parâmetros em comparação com o membro torácico controle: 1) Tempo de latência motora: período que compreende desde o término da técnica até a ausência da resposta motora provocada pelo pinçamento da região interdigital e da pele, tanto na porção cranial do rádio quanto da pele na porção cranial e lateral do úmero; 2) Tempo total de bloqueio motor: período que compreende desde o término da latência motora até retorno da ação motora do membro; Todos os pinçamentos propostos anteriormente foram realizados por meio da mesma pinça (hemostática de Kocher número quinze), por um período dez segundos cada, com a pressão exercida até alcançar o primeiro dente da cremalheira (ARAÚJO et al., 2001). Para evitar a laceração da pele pela ação dos pinçamentos, um segmento de equipo de fluidoterapia foi cortado e utilizado para recobrir a região denteada da pinça.

A função motora do nervo radial foi avaliada pela amplitude dos PAMCs evocados medido automaticamente por um eletromiógrafo de quatro canais¹¹ (Figura 7). A amplitude do PAMC evocado foi medida a partir da linha isoeletrica até o pico de deflexão negativo. A monitorização dos PAMCs foi iniciada simultaneamente em ambos os membros para se obter as formas de onda de referência e posteriormente, foram executados os bloqueios de acordo com o respectivo grupo experimental. O membro contralateral serviu como controle para excluir alterações de PAMCs devido a fatores extrínsecos (hipotermia, vasodilatação, etc) que não fossem efeitos de anestésicos locais, e para garantir a coerência do PAMC base ao longo do tempo. O PAMC suscitados em ambos os lados foram registrados na linha de base e, em seguida, em intervalos de 10 segundos durante todo o resto do estudo conforme descrito por Atanassoff et al. (1998).

A latência do bloqueio motor foi definida como uma diminuição da amplitude de linha de base do PAMC de pelo menos 90% e a recuperação completa (tempo do bloqueio motor) foi definida como o retorno da amplitude de pelo menos 90% da marcação inicial (ATANASSOFF et al., 1995).

¹¹ Miotool - Miotec Equipamentos Biomédicos Ltda – Porto Alegre, Brasil.



Figura 6: Eletrodos de gravação inseridos na cabeça longa do músculo tríceps braquial para avaliação temporal do bloqueio motor do plexo braquial em coelhos.



Figura 7: Eletromiógrafo de 4 canais e os eletrodos de gravação utilizados para avaliação temporal do bloqueio motor do plexo braquial em coelhos.

4.4.2 Mensuração da temperatura cutânea por termografia infravermelha

Este ensaio consistiu na mensuração da temperatura cutânea (TC) por termografia infravermelha nas regiões correspondentes ao BPB. Esta análise foi realizada nos dois grupos experimentais e serviu como metodologia na investigação do valor preditivo da eficácia do bloqueio do plexo braquial.

Após a injeção do anestésico, as imagens por termografia infravermelha dos braços, antebraços e mãos foram obtidas e salvas inicialmente com intervalos de 2 minutos e posteriormente de 5 minutos. A câmara foi previamente calibrada e fixada em posição padronizada (60cm) verticalmente acima da bancada. O termovisor¹² (Figura 8) utilizado tem uma resolução térmica de 0,07°C, uma precisão de 2%, e uma resolução de 320 × 240 pixels. Tendo em vista que o fator emissivo da pele é de 0,98, os valores de temperatura medidos podem ser avaliados como valores de temperatura da pele.

Este estudo foi realizado de acordo com Lange et al. (2011) os quais trabalharam com essa tecnologia no bloqueio específico de alguns nervos do plexo braquial em humanos. Para avaliação da TC, foi definido áreas específicas de interesse (AEIs) de acordo com a área de inervação cutânea de cada um dos nervos específicos (Figuras 9 e 10). As AEIs dos nervos bloqueados foram desenhados para cada animal e a temperatura cutânea média das AEIs foram calculadas em linha de base com intervalos de 2 minutos, após a realização dos bloqueios, totalizando sete medições. A TC média em uma área adjacente serviu como temperatura de referência (TR).



Figura 8: Termovisor utilizado para avaliar a variação da temperatura cutânea no bloqueio do plexo braquial em coelhos.

¹² ThermoVision A320 , FLIR Systems, Dan-deryd, Suécia.

4.4.3 Análise estatística

Nos distintos estudos desta pesquisa foi utilizado o software GraphPad Prism (versão 6.0 para Mac - Califórnia, EUA). O intervalo de confiança adotado foi de 95% com P - valor < 0,05.

4.4.3.1 estudo Anatômico

Neste estudo foram analisados a origem e a distribuição dos diferentes nervos do plexo braquial, bem como os tipos de arranjos observados nos animais dissecados. Para tal, empregou-se a estatística descritiva com método numérico envolvendo apresentações de medidas de posição (média aritmética). Dessa forma, os dados foram coletados e apresentados em tabelas através da frequência absoluta e percentual simples de distribuição.

4.4.3.2 eletromiografia

Após documentar uma distribuição normal (Teste de Shapiro-Wilkensen), os dados foram comparados utilizando a Análise da Variância de Medidas Repetidas e o Teste T não Pareado para comparação do tempo de latência e duração do bloqueio motor do bloqueio do plexo braquial guiado por ultrassonografia e eletroestimulação. O Teste T Pareado foi utilizado para comparação das alterações da amplitudes dos PAMCs ao longo do tempo.

4.4.3.3 termografia

Após documentar uma distribuição normal (Teste de Shapiro-Wilkensen), as alterações de temperatura cutânea (TC) ao longo do experimento foram analisadas através da Análise da Variância de Medidas Repetidas. Primeiramente, o Teste de Mauchly de esfericidade foi utilizado. No caso de violação da esfericidade, os graus de liberdade foram corrigidos utilizando os valores estimados de esfericidade de Greenhouse-Geisser. As comparações entre a TC nos diferentes pontos de tempo são relatados após a correção de Bonferroni. Os aumentos na TC medidos em ambos os grupos foram comparados com um teste t independente.

5- RESULTADOS

5.1 Origem do Plexo Braquial

Os plexos foram identificados como conexões amplas e finas que atingem o espaço axilar através dos músculos do pescoço e escaleno ventral, os quais sobrepõem a saída dos nervos cervicais através do forame intervertebral. Em 74 (92,5%) dos oitenta plexos braquiais dissecados os nervos resultantes foram constituídos das conexões entre os ramos ventrais dos 4 últimos nervos espinhais cervicais (C5, C6, C7, C8) e o primeiro torácico (T1) (Figura 9), em 4 (2,5%) as raízes participantes foram as quatro últimas cervicais (C5, C6, C7, C8) e as duas primeiras torácicas (T1, T2), em 2 (5%) observamos a participação de C4, C5, C6, C7, C8, T1 e T2. Destes ramos derivaram os nervos supraescapular, subescapulares, axilar, musculocutâneo, radial, mediano e ulnar para a musculatura intrínseca e os nervos toracodorsal, cutâneo medial do braço, torácico longo, peitoral cranial e peitoral caudal para a musculatura extrínseca. Os nervos frênicos direito e esquerdo, ainda que tenham sua origem mais cranial e não participem do plexo braquial, receberam contribuições de C5 e C6 nas quarenta espécimes e, em ambos os antímeros. Uma simetria exata entre os antímeros na origem dos nervos ocorreu em todas as espécimes (100%) (Figura 10)

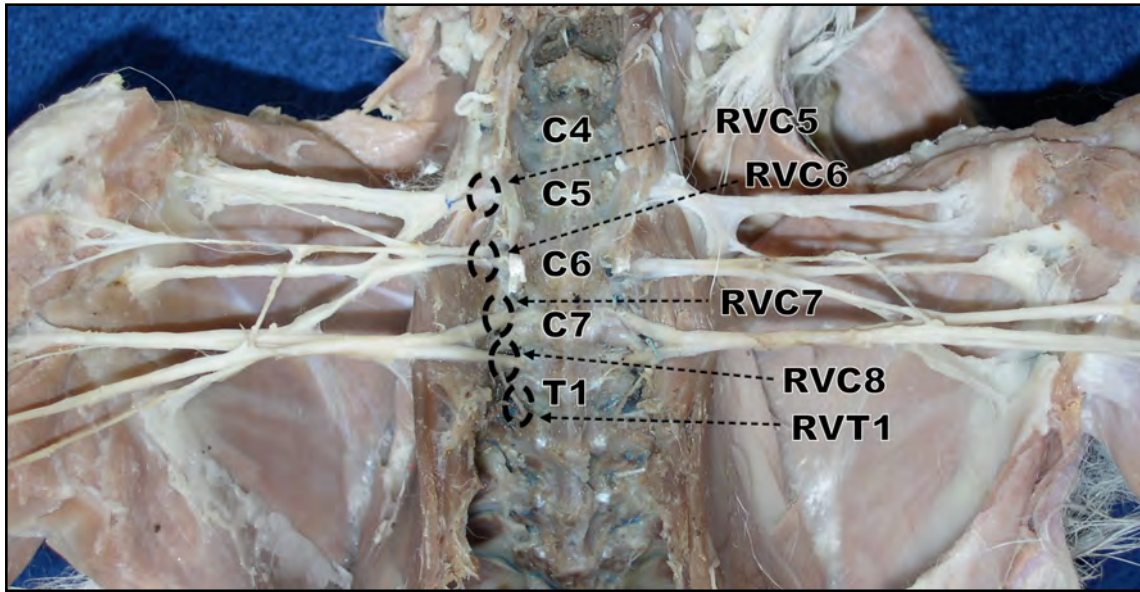


Figura 9 – Fotomacrografia da vista ventral do coelho apresentando a origem dos ramos ventrais a partir da medula espinhal. C4 – quarta vértebra cervical, C5 – quinta vértebra cervical, C6 – sexta vértebra cervical, C7 – sétima vértebra cervical, T1 – primeira vértebra torácica. RVC5 - ramo espinhal ventral de C5; RVC6 - ramo espinhal ventral de C6; RVC7 - raiz espinhal ventral de C7; RVC8 - raiz espinhal ventral de C8; RVT1 - ramo espinhal ventral de T1.

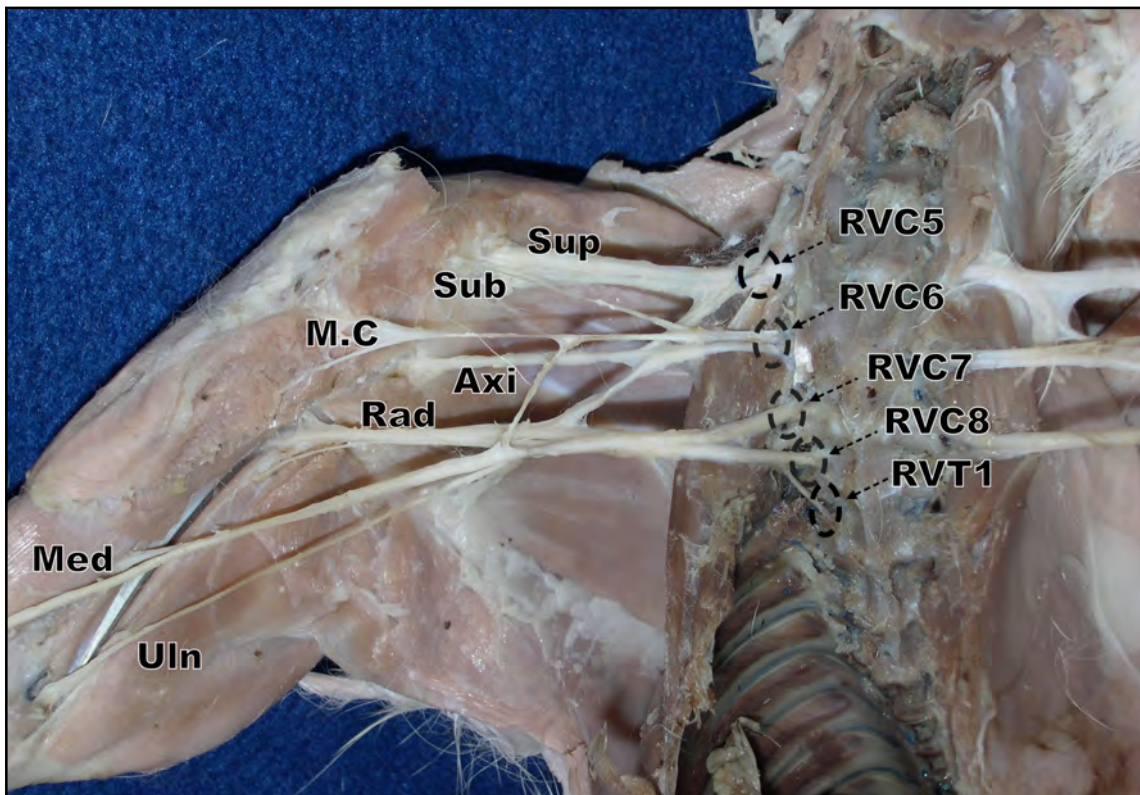


Figura 10 – Fotomacrografia da vista ventral do plexo braquial (antímerno direito) de coelho, apresentando as origens e os nervos resultantes inerentes a musculatura intrínseca do plexo braquial. RVC5 – quinto ramo espinhal cervical, RVC6 – sexto ramo espinhal cervical, RVC7 – sétimo ramo espinhal cervical, RVC8 – oitavo ramo espinhal cervical, RVT1 – primeiro ramo espinhal torácico. Sup – nervo supraescapular, Sub – nervo subescapular, M.C – nervo musculocutâneo, Axi – nervo axilar, Med – nervo mediano, Rad – nervo radial, Uln – nervo ulnar.

5.2 Distribuição dos nervos do plexo braquial

5.2.1 Troncos nervosos

Em todos os animais analisados neste estudo, os ramos ventrais formaram três troncos nervosos (Figura 11): tronco cranial, tronco médio e tronco caudal. O tronco cranial foi oriundo da raiz de C5 com exceção de dois plexos que tiveram a participação de C4 (2,5% da amostra) e seis plexos que tiveram a participação de C6. Observamos a formação dos nervos supraescapular e subescapular, além disso, contribuiu para a formação dos nervos axilar e musculocutâneo (Tabelas 1).

A origem do tronco médio foi dada pela efetiva participação de C6, todavia, para seus nervos resultantes observamos as contribuições de C5 e C7. Neste tronco, pudemos observar a formação dos nervos axilar e musculocutâneo.

Por último, o tronco caudal foi formado predominantemente por C7, C8 e T1, muito embora, em 6 plexos (7,5%) da amostra, encontramos a participação de T2, no qual, enviou um pequeno ramo para a raiz de T1. Deste, partiram os nervos radial, mediano e ulnar.

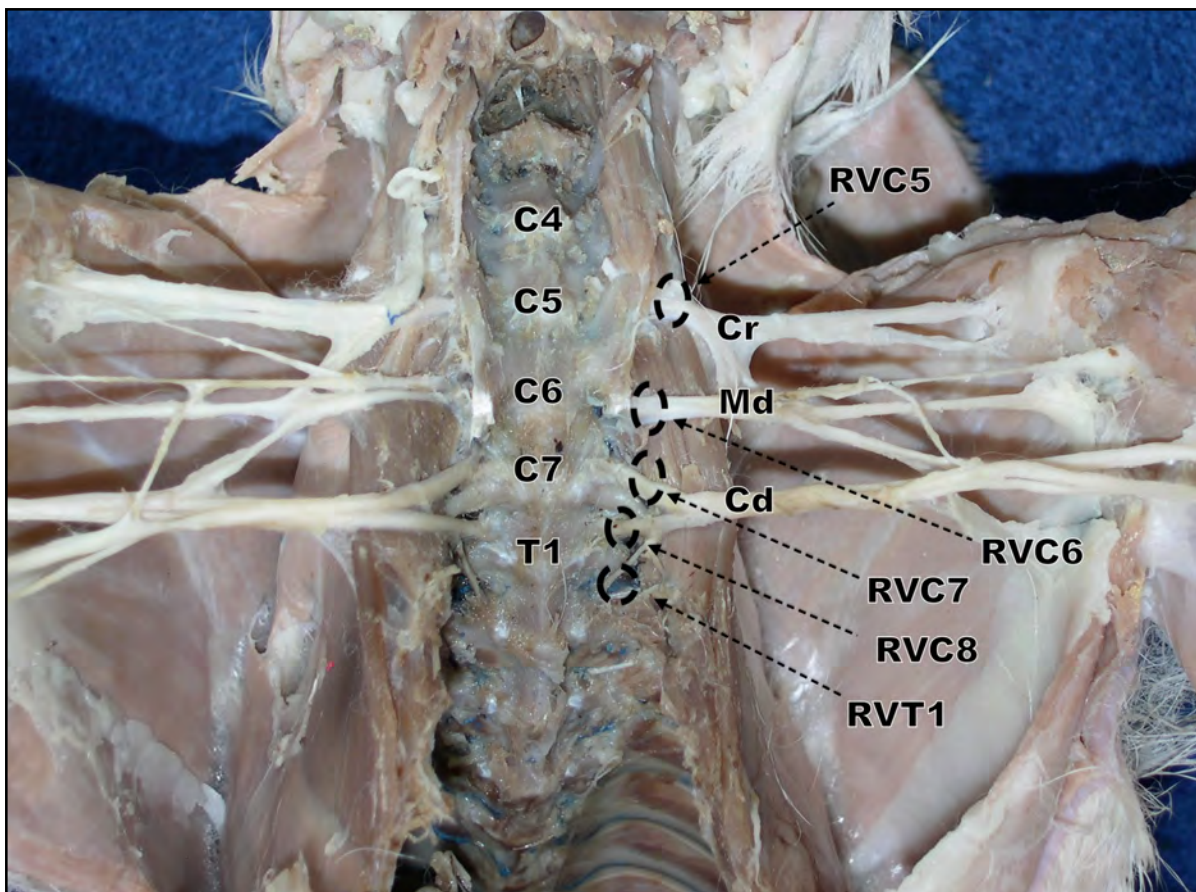


Figura 11 - Fotomicrografia da vista ventral do coelho mostrando a distribuição antimérica dos nervos. C4 – quarta vértebra cervical, C5 – quinta vértebra cervical, C6 – sexta vértebra cervical, C7 – sétima vértebra cervical, T1 – primeira vértebra cervical, RVC5 – quinto ramo espinhal cervical, RVC6 – sexto ramo espinhal cervical, RVC7 – sétimo ramo espinhal cervical, RVC8 – oitavo ramo espinhal cervical, RVT1 – primeiro ramo espinhal torácico, Cr – tronco cranial, Md – tronco médio, Cd – tronco caudal.

Tabela 1. Origem, frequência absoluta e percentual simples dos nervos do plexo braquial que suprem os músculos intrínsecos do membro torácico de *Oryzotolagus cuniculus*.

NERVOS	Raízes			
	Ant. direito (n=40)	Frequência	Ant. esquerdo (n=40)	Frequência
Supraescapular	C4, C5	1 – 2,5	C4, C5, C6	1 – 2,5
	C5	36 – 90	C5, C6	36 – 90
	C5, C6	3 – 7,5	C6	3 – 7,5
Subescapular	C5, C6	40 – 100	C6	40 – 100
Axilar	C6, C7	40 – 100	C6, C7	40 – 100
Musculocutâneo	C5, C6, C7	2 – 20	C5, C6, C7	2 – 20
	C6, C7	8 – 80	C6, C7	8 – 80
Mediano	C7, C8, T1	37 – 92,5	C7, C8, T1	37 – 92,5
	C7, C8, T1, T2	3 – 7,5	C7, C8, T1, T2	3 – 7,5
Radial	C8, T1	37 – 92,5	C8, T1	37 – 92,5
	C8, T1, T2	3 – 7,5	C8, T1, T2	3 – 7,5
Ulnar	C7, C8, T1	37 – 92,5	C7, C8, T1	37 – 92,5
	C7, C8, T1, T2	3 – 7,5	C7, C8, T1, T2	3 – 7,5

5.2.2 Nervos resultantes (Figuras 12, 13, 14A e 14B)

Nervo supraescapular: Foi derivado de ramos ventrais do quinto nervo cervical (C5) (90,00%) e em alguns casos receberam contribuição do sexto nervo cervical (C6) (9,75%) e quarto nervo cervical (C4) (1,25%). No seu trajeto penetrou medialmente na região entre os músculos subescapular e supraespinhoso oferecendo um ramo ao m. infraespinhoso. Nos machos, o comprimento médio no antímero direito foi de $2,984 \pm 0,6697$ cm, e no antímero esquerdo foi de $3,108 \pm 0,6285$ cm. Nas fêmeas, o comprimento médio no antímero direito foi de $2,822 \pm 0,4884$ cm, e no antímero esquerdo foi de $2,950 \pm 0,5004$ cm.

Nervo subescapular: Originou-se do ramo ventral do sexto e sétimo nervos cervicais (C5 e C6) (100,00%). O nervo subescapular apresentou-se com um único trajeto até a face medial do m. subescapular para supri-lo. Nos machos, o comprimento médio no antímero direito foi de $2,924 \pm 0,6371$ cm, e no antímero esquerdo foi de $3,089 \pm 0,6543$ cm. Nas fêmeas, o comprimento médio no antímero direito foi de $2,948 \pm 0,4602$ cm, e no antímero esquerdo foi de $3,041 \pm 0,4257$ cm.

Nervo axilar: Formado a partir de fibras do sexto e sétimo nervos cervicais (C6 e C7) (100,00%). Em seu trajeto inervou os mm. redondo maior, redondo menor e deltoide. Nos machos, o comprimento médio no antímero direito foi de $3,844 \pm 0,8097$ cm, e no antímero esquerdo foi de $3,901 \pm 0,8257$ cm. Nas fêmeas, o comprimento médio no antímero direito foi de $3,680 \pm 0,5528$ cm, e no antímero esquerdo foi de $3,711 \pm 0,5752$ cm.

Nervo musculocutâneo: Em 90% dos casos foi formado por fibras de ramos dos sétimo e oitavo nervos cervicais (C7, C8) e em 10% dos casos houve contribuição do primeiro nervo torácico (T1). Este nervo passa cranialmente a artéria braquial e um ramo destacado comunica-se ao nervo mediano. Além disso, ele percorre ao longo da superfície medial do músculo bíceps braquial. Em seu trajeto, emitiu ramos para os mm. coracobraquial, bíceps braquial e braquial. Nos plexos estudados emitiu uma alça axilar (ansa axilaris) para o nervo mediano. Nos machos, o comprimento médio no antímero direito foi de $4,396 \pm 0,7172$ e no antímero esquerdo foi de $4,509 \pm 0,8280$. Nas fêmeas, o comprimento médio no antímero direito foi $4,023 \pm 0,4797$ cm e no antímero esquerdo foi de $4,033 \pm 0,6013$ cm.

Nervo mediano: Encontrado decorrente do ramo ventral de C7, C8 e T1 (92,5%), enquanto que em 7,5% dos animais há contribuição de T2. Este nervo forma uma alça com o nervo musculocutâneo na qual a artéria axilar fica suspensa. Este nervo correu num local caudolateral em relação à artéria braquial, onde recebe um ramo comunicante do nervo musculocutâneo. O nervo mediano, em seguida, continua distalmente ao cotovelo medial. Na sua trajetória inervou o mm. pronador redondo em ambos os antímeros. Nos machos, o comprimento médio no antímero direito foi de $14,29 \pm 1,828$ cm, e no antímero esquerdo foi de $14,34 \pm 1,905$ cm. Nas fêmeas, o comprimento médio no antímero direito foi de $13,52 \pm 1,097$ cm, e no antímero esquerdo foi de $13,83 \pm 1,411$ cm.

Nervo radial: Resultou principalmente dos ramos ventrais de C8 e T1 (92,5%), embora, em alguns casos também houve a participação dos ramos ventrais do ramo de T2 (7,5%). Este nervo foi visualizado como um único nervo na região axilar e foi dividido em um conjunto de múltiplos componentes fibrilares distais à articulação escápulo-umeral. Além disso, ele emerge entre o nervo axilar e o tronco comum dos nervos mediano e ulnar, imediatamente cranial à artéria e veia axilar. O nervo radial continua distalmente entre o nervo subescapular e a artéria axilar. Nos machos, o comprimento médio no antímero direito

foi de $5,167 \pm 0,5815$ e no antímero esquerdo foi de $5,245 \pm 0,6080$. Nas fêmeas, o comprimento médio no antímero direito foi de $4,810 \pm 0,4688$ e no antímero esquerdo foi de $4,995 \pm 0,5551$ cm. Localizou-se dorso-caudalmente ao nervo mediano e acompanhou-o até o terço médio da face medial do braço, no qual, emitiu ramos para o m. tensor da fáscia do antebraço e também para o m. tríceps braquial suprindo-o. Em seguida contornou caudalmente a diáfise umeral e surgiu na face lateral do membro após ter inervado o m. âncone e as cabeças acessória e lateral do tríceps braquial.

Nervo ulnar: Suas fibras são derivadas inteiramente de ramos ventrais de C7, C8 e T1 (92,5%) e em 7,5% dos animais há contribuição de T2. Este nervo foi observado caudal ao nervo mediano. Desceu em conjunto com o nervo mediano e foi acompanhado pela veia braquial. Na metade distal do úmero, o nervo ulnar foi localizada numa posição mais caudal e a margem de seguida o epicôndilo do úmero. Nos machos, o comprimento médio no antímero direito foi de $8,484 \pm 0,9721$ e no antímero esquerdo foi de $8,380 \pm 1,777$. Nas fêmeas, o comprimento médio no antímero direito foi de $7,704 \pm 0,6524$ e no antímero esquerdo foi de $7,905 \pm 0,8782$.

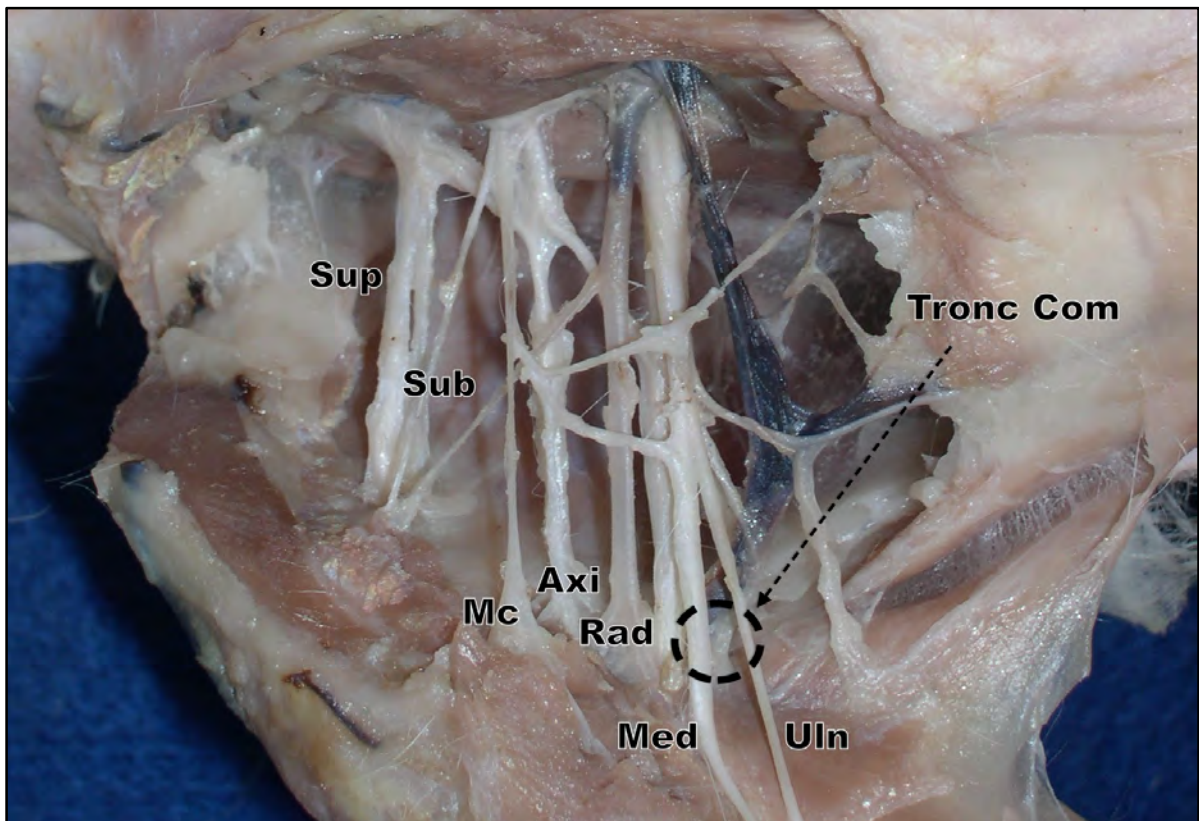


Figura 12 - Fotomicrografia da região axilar do coelho mostrando a distribuição dos nervos do plexo braquial identificados do sentido cranial para o caudal. nervo suprascapular (Sup), nervo subscapular (Sub), nervo axilar (Axi), nervo musculocutâneo (Mc), nervo radial (Rad) e o tronco comum (Tronc Com) do nervo mediano (Med) e nervo ulnar (ul).

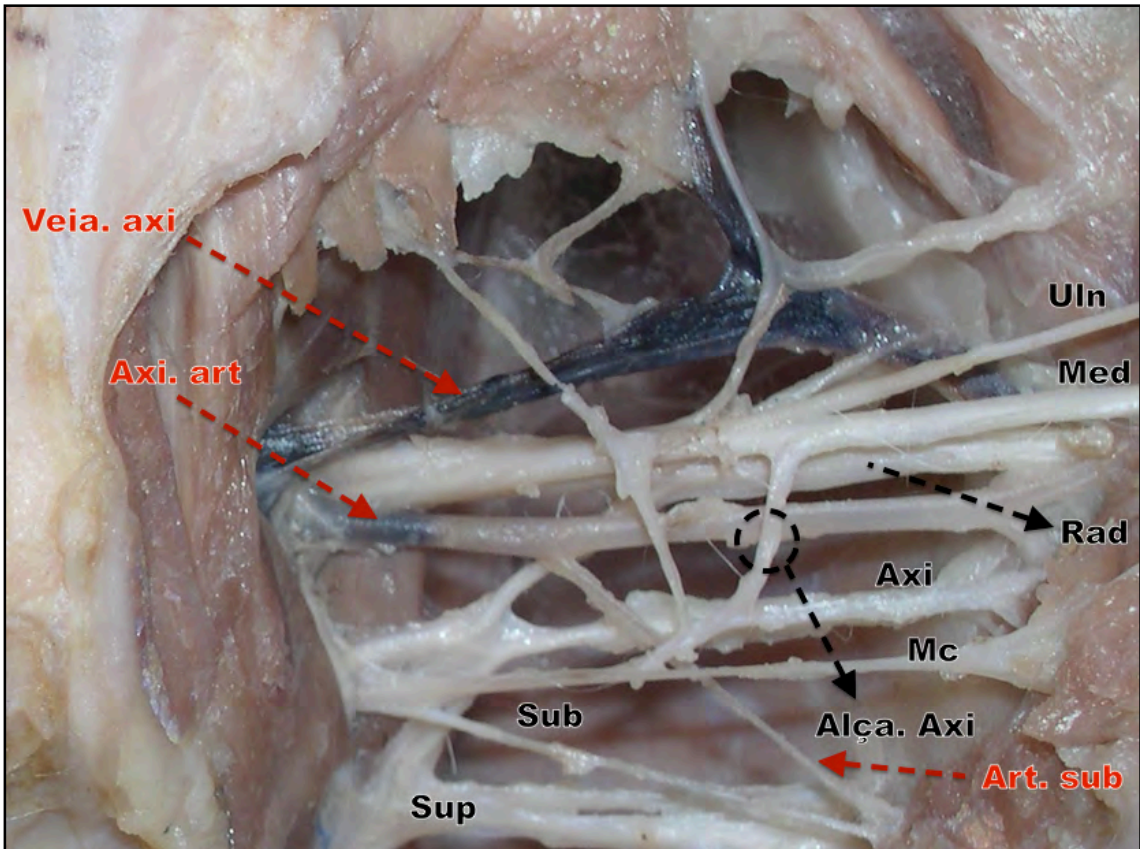


Figura 13: Aparência da dissecação do nervo radial (Rad), no qual se origina do tronco comum que contribuem para formação do nervo mediano e ulnar. O nervo mediano (Med), o qual recebe um ramo comunicante do nervo musculocutâneo (Mc) formam uma alça (alça axilar) na qual. Também são visualizados nesta foto os nervos supraescapular (Sup), subescapular (Sub), axilar (Axi), mediano (Med) e ulnar (Uln).

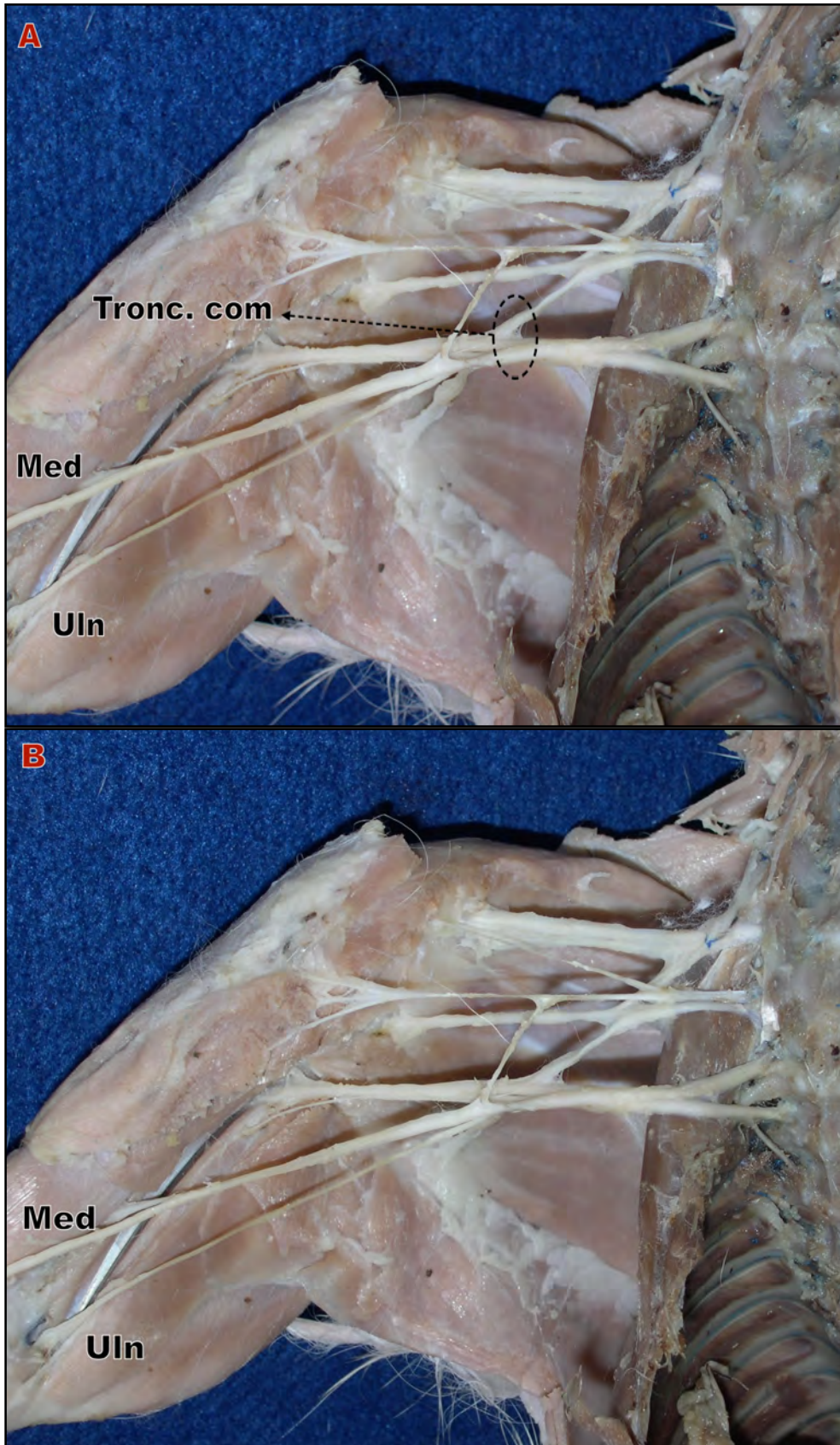


Figura 14: Fotomacrografia da vista axilar do plexo braquial do coelho evidenciando: (A) - nervo mediano (Med), nervo ulnar (uln) e tronco comum (Tronc. com); (B) Nervo ulnar (uln) localizado em uma posição mais caudal seguindo a margem do epicôndilo medial do úmero.

5.3 Estudo In Vivo

Dos 40 animais selecionados para os protocolos experimentais *in vivo* 38 deles completaram o estudo, pois, em 2 animais, o bloqueio do plexo braquial foi considerado ineficaz. Ambos os animais eram pertencentes ao grupo BPB guiado por ENP. Todos os demais bloqueios foram considerados eficazes os quais foram avaliados por estímulo nociceptivo na região das pregas interdigitais.

5.3.1 Avaliação temporal do bloqueio motor por eletromiografia

Os BPB guiado por US/ENP ou por guiado por ENP apresentaram diferenças significativas no volume necessário para a anestesia e no tempo de latência do fármaco. De uma maneira resumida e ilustrativa, estes dados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Análise comparativa do volume, latência, tempo de bloqueio motor, tempo de bloqueio sensitivo e performance da variação do bloqueio do plexo braquial guiado por ultrassonografia + estimulação de nervos periféricos e guiado por estimulação de nervos periféricos. Valores apresentados como média e desvio padrão. US: ultrassonografia; ENP: estimulação de nervos periféricos; ml: mililitros; min: minutos; ** P < 0,01; ** P < 0,0001.**

Grupo	Volume (ml)	Latência (min)	Bloqueio Motor (min)	Bloqueio Sensitivo (min)	Performance (min)
US/ENP	0,6 ± 0,1****	1,1 ± 0,14**	60,6 ± 11,2	54,6 ± 8,9	4,3 ± 2,3
ENP	1,2 ± 0,1	1,9 ± 0,7	55,4 ± 10,4	51,3 ± 9,6	6,4 ± 2,1

Não houve diferença significativa no tempo de performance do bloqueio do plexo braquial guiado por US/ENP (4,3 ± 0,73) e por ENP (6,4 ± 0,68), no entanto, foi necessário a administração de um volume significativamente menor de lidocaína 2% sem vasoconstrictor no grupo guiado por US/ENP 0,61 ± 0,15 mililitros *versus* 1,22 ± 0,17 mililitros no grupo guiado ENP (P < 0,0001; Figura 15).

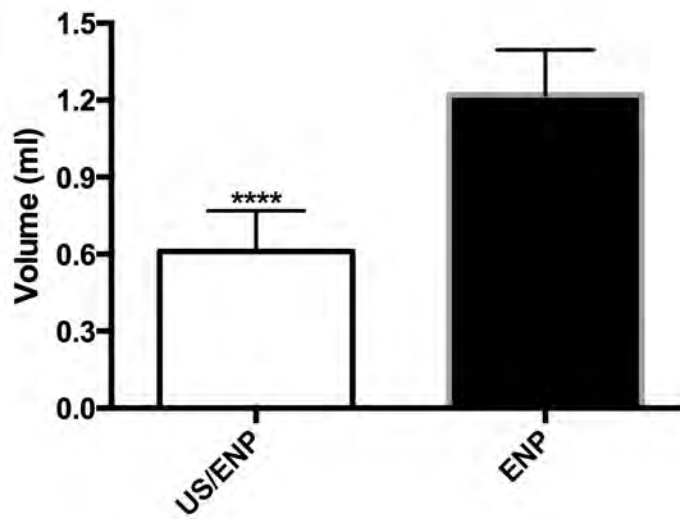


Figura 15: Volume de lidocaína 2% sem vasoconstrictor administrado no plexo braquial de coelhos guiado por US/ENP e por ENP. Dados apresentados como média e desvio padrão. **** P < 0,0001.

No que se refere ao tempo de latência do bloqueio do plexo braquial, apesar do menor volume utilizado (descrito anteriormente), observou-se que o grupo guiado US/ENP apresentou um menor tempo para instalação do bloqueio ($1,1 \pm 0,45$) em comparação ao grupo guiado por ENP ($1,95 \pm 0,79$) ($P < 0,01$; Figura 16).

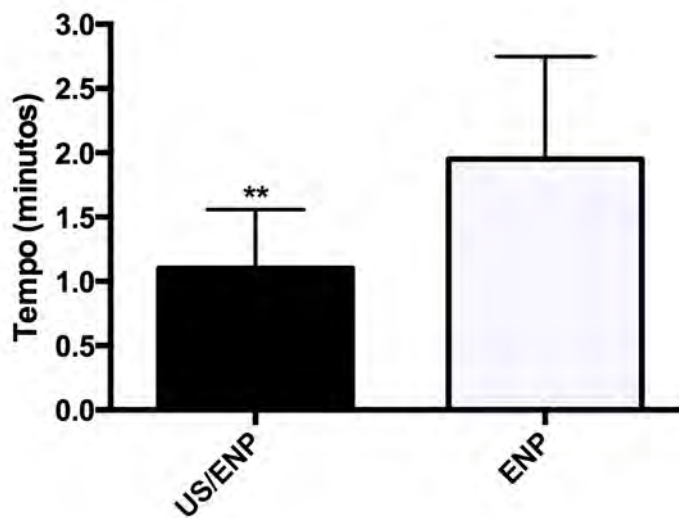


Figura 16: Tempo de latência do bloqueio plexo braquial de coelhos guiado US/ENP e ENP. Dados apresentados como média e desvio padrão. ** P < 0,01.

A amplitude basal média do PAMC antes da injeção de lidocaína 2% guiada por ENP foi de $3,58 \pm 0,76$ mV e $3,44 \pm 0,90$ mV para o nervo radial experimental e o controle, respectivamente ($P = n.s.$). O valor correspondente para a injeção guiada por US/ENP foi de $3,47 \pm 0,51$ mV e $3,53 \pm 0,66$ mV para o nervo radial experimental e o controle, respectivamente ($P = n.s.$).

Ao longo do estudo, a amplitude do PAMC do nervo controle variou 10% (intervalo de 4,10 a 5,64 mV no grupo guiado por ENP) e 11% (intervalo de 4,34 a 5,37 mV no grupo guiado US/ENP). Em contraste, o PAMC do nervo radial experimental diminuiu bruscamente após a administração de lidocaína em ambos os grupos experimentais (Figura 17).

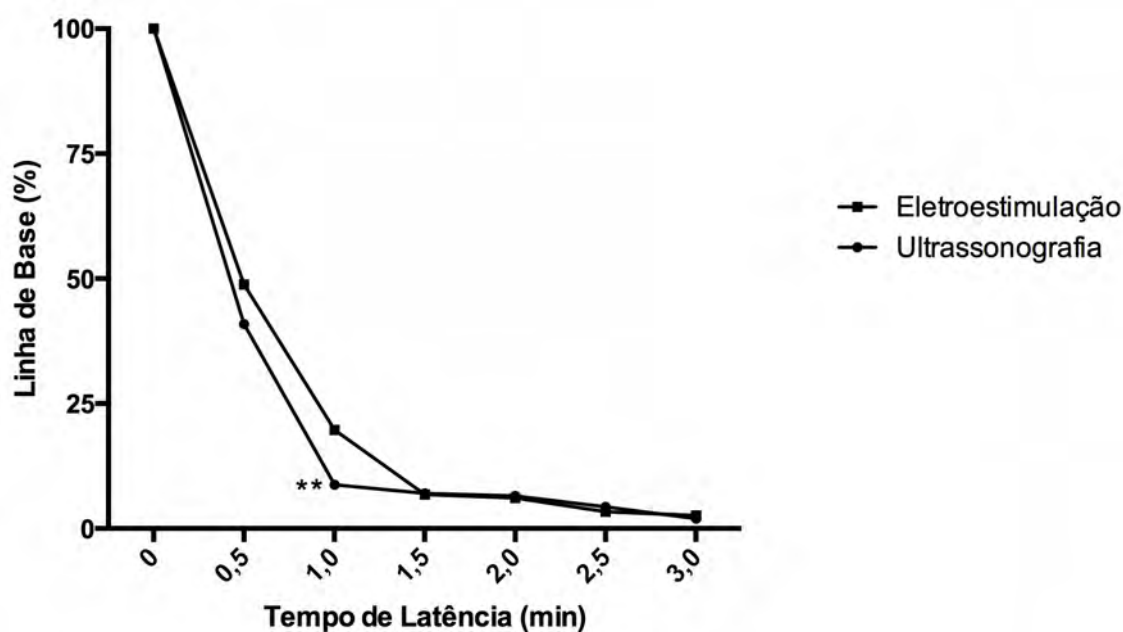


Figura 17: Tempo de curso do bloqueio do plexo braquial, após a injeção de lidocaína 2% sem vasoconstrictor, guiada por US/ENP e ENP. Dados apresentados como percentual de decréscimo da amplitude da linha de base (média \pm desvio padrão). Os valores de P foram obtidos a partir da Análise da Variância (ANOVA - TWO WAY) por mensurações repetidas incluindo entre os tempos 0 e 3 minutos. Diferença significativa foi observado entre os grupos experimentais (US/ENP: $1,1 \pm 0,4$; ENP: $1,9 \pm 0,7$). Diferença significativa a partir da linha de base para ambos os grupos foram observadas em $0,5 \pm 0,5$ minutos após a injeção ($P < 0,0001$).

A diminuição na amplitude do PAMC para ambas as técnicas do bloqueio guiado do plexo braquial tornou-se estatisticamente significativo no prazo de $0,5 \pm 0,5$ minutos (intervalo de 5 segundos a 1 minuto e 25 segundos e 10 segundos a 1 minuto e 30 segundos) para o bloqueio guiado por US/ENP e por ES, respectivamente.

No nervo radial experimental, o decréscimo de 90% do PAMC ocorreu entre $1,1 \pm 0,4$ minutos (intervalo de 0,5 a 2,0) após a injeção de lidocaína guiada por US/ENP e $1,9 \pm 0,7$ minutos (intervalo de 1,0 a 3,5) após a injeção de lidocaína guiada por ENP. O bloqueio motor máximo foi atingido após $2,5 \pm 0,5$ minutos (intervalo de 1,8 a 3,2) e $2,6 \pm 0,7$ minutos (intervalo de 2,0 a 3,5) no grupo US/ENP e ES, respectivamente.

A recuperação do PAMC para 90% da linha de base (recuperação completa) ocorreu em $60,6 \pm 11,2$ minutos (intervalo de 48,3 a 74,3 minutos) após a injeção de lidocaína guiado por US/ENP e $55,4 \pm 10,4$ minutos após a injeção de lidocaína guiado por ENP (intervalo de 45,4 a 83 minutos). O PAMCs de todos os animais recuperaram-se dentro de 10% da amplitude da linha de base (Figura 18).

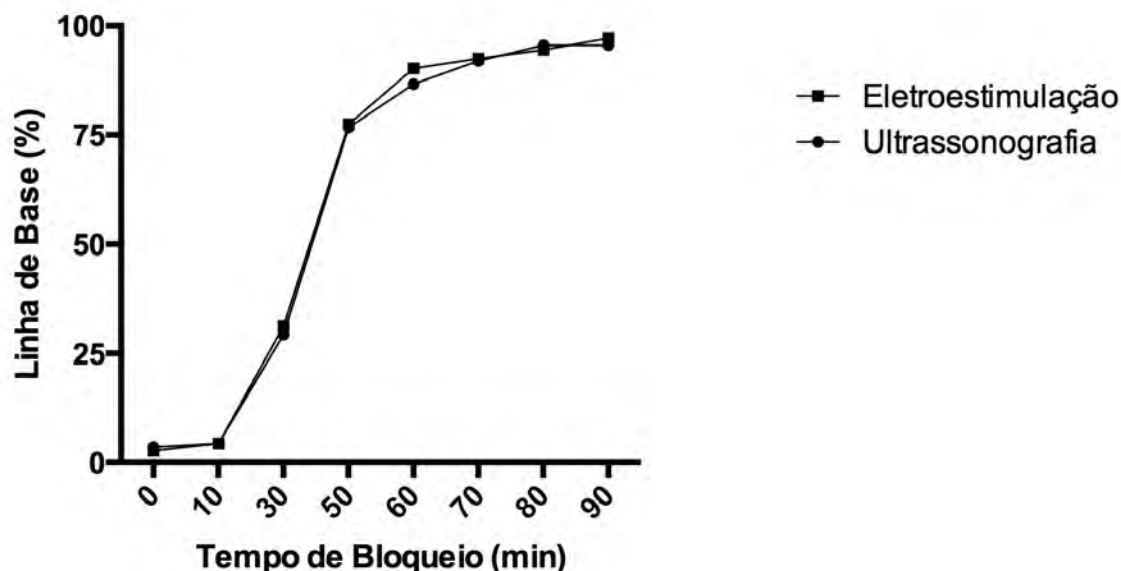


Figura 18: Tempo de recuperação do bloqueio do plexo braquial, após a injeção de lidocaína 2% sem vasoconstrictor, guiada por US/ENP ou ENP. Dados apresentados como percentual de acréscimo da amplitude máxima (média \pm desvio padrão). Os valores de P foram obtidos a partir da Análise da Variância (ANOVA - TWO WAY) por mensurações repetidas incluindo entre os tempos 0 e 90 minutos. Não houve diferença estatística entre os grupos.

5.3.2 Mensuração da temperatura cutânea por termografia infravermelha

O bloqueio do plexo braquial (BPB) guiado por US/ENP ou ENP resultou em alterações marcantes nas imagens termográficas das mãos e antebraços, em 100% dos animais, decorrente do aumento substancial e significativo da temperatura cutânea (TC) nas áreas de interesse (AIEs) inervadas pelos nervos radial, musculocutâneo, mediano e ulnar (Figuras 19 e 20; tabelas 3 e 4). Dessa forma, a termografia infravermelha apresentou valor preditivo, sensibilidade e especificidade de 100% no diagnóstico da eficácia do BPB.

O BPB guiado por US/ENP ou ENP resultou em um aumento substancial e significativo da TC nas áreas inervadas pelo nervo radial nos aspectos dorsal da mão (dígitos II, III e IV) (R1) ($P < 0,0001$; tabelas 3 e 4; Figuras 21 e 23) e dorsal do terço médio do antebraço (R2) ($P < 0,0001$; tabelas 3 e 4; Figuras 22 e 24). Nas AIEs de R1 a TC aumentou em média $3,1^{\circ}\text{C}$ (0,6 a 5,5) no BPB guiado por US/ENP e $2,0$ (0,4 a 3,3) no BPB guiado por ENP (tabela 4). Nas AIEs de R2 a TC aumentou em média $1,6^{\circ}\text{C}$ (-1,0 a 2,3) no BPB guiado por US/ENP e $1,9^{\circ}\text{C}$ (0,7 a 2,8) no BPB guiado por ENP (tabela 4). Ambos os registros foram observados no tempo 6 minutos (intervalo com a maior variação de temperatura). Em contrapartida, nos antímeros contralaterais (membros controle), nas AIEs de R1 a TC diminuiu em média $2,1^{\circ}\text{C}$ (-0,5 a 5,3) no grupo BPB guiado por US/ENP e $1,7^{\circ}\text{C}$ (-0,5 a 4,6) no grupo BPB guiado por ENP e nas AIEs de R2 a TC diminuiu em média $3,2^{\circ}\text{C}$ (0 a 6,4) no grupo BPB guiado US/ENP e $1,4^{\circ}\text{C}$ (1,2 a 4,7) no grupo BPB guiado por ENP. Ambos os registros foram realizados no tempo 2 minutos (intervalo com a maior variação de temperatura).

O BPB guiado por US/ENP ou ENP resultou em um aumento substancial e significativo da TC na área inervada pelo nervo musculocutâneo na face medial do terço médio do antebraço (MC1) ($P < 0,0001$; tabelas 3 e 4; Figuras 27 e 31). Nas AIEs do MC1 a TC aumentou em média $1,7^{\circ}\text{C}$ (0,9 a 2,5) no BPB guiado por US/ENP e $1,3^{\circ}\text{C}$ (0,2 a 2,1) no BPB guiado por ENP ambos registrados no tempo 6 minutos (intervalo com a maior variação de temperatura) (tabela 4). Em contrapartida, nos antímeros contralaterais (membros controle), nas AIEs do MC1 a TC diminuiu em média $2,9^{\circ}\text{C}$ (1,4 a 4,1) no grupo BPB guiado por US/ENP e $3,2^{\circ}\text{C}$ (1,7 a 3,1) no grupo BPB guiado por ENP. Ambos os registros foram realizados no tempo 8 minutos (intervalo com a maior variação de temperatura).

O BPB guiado por US/ENP ou ENP resultou em um aumento substancial e significativo da TC na área inervada pelo nervo mediano na face medial da mão (aspecto dorsolateral do dígito I) (M1) ($P = 0,001$ e $P < 0,0001$, respectivamente) (tabelas 3 e 4; Figuras 27 e 31). Nas AIEs do M1 a TC aumentou em média $4,5^{\circ}\text{C}$ (4,2 a 5,0) no BPB guiado por US/ENP e $3,1^{\circ}\text{C}$ (0,6 a 5,5) no BPB guiado por ENP ambos registrados no tempo 6 minutos (intervalo com a maior variação de temperatura) (tabela 4). Em contrapartida, nos antímeros contralaterais (membros controle), na AIE do M1 a TC diminuiu em média $1,5^{\circ}\text{C}$ (-0,4 a 2,7) no grupo BPB guiado por US/ENP e $1,2^{\circ}\text{C}$ (-0,8 a 2,3) no grupo BPB guiado por ENP. Ambos os registros foram realizados no tempo 2 minutos (intervalo com a maior variação de temperatura).

O BPB guiado por US/ENP ou ENP resultou em um aumento substancial e significativo da TC nas áreas inervadas pelo nervo ulnar na face lateral da mão (aspecto dorsolateral do dígito V) (U1) ($P < 0,0001$; tabela 3 e 4; Figuras 27 e 31), ambos no tempo 4 minutos, no entanto, resultou em uma diminuição significativa no aspecto lateral do terço proximal do antebraço (U2) ($P = 0,0025$ e $P < 0,0001$, respectivamente) (tabela 3 e 4; Figuras 27 e 31), ambos no tempo 2 minutos. Nas AIEs de U1 a TC aumentou em média $4,1^{\circ}\text{C}$ (2,1 a 6,8) no BPB guiado por US/ENP e $3,6$ (1,4 a 6,1) no BPB guiado por ENP e em U2 diminuiu em média $1,5^{\circ}\text{C}$ (-0,4 a 2,3) no BPB guiado por US/ENP e $1,3^{\circ}\text{C}$ (0,2 a 2,4) no BPB guiado por ENP (tabela 4). Ambos os registros foram observados no tempo 2 minutos (intervalo com a maior variação de temperatura). Nos antímeros contralaterais (membros controle), nas AIEs de U1 a TC diminuiu em média $1,9^{\circ}\text{C}$ (-1,5 a 4,6) no grupo BPB guiado por US/ENP e $1,5^{\circ}\text{C}$ (-1,8 a 4,9) no grupo BPB guiado por ENP, ambos no tempo 15 minutos. Nas AIEs de U2 a TC diminuiu em média $1,9^{\circ}\text{C}$ (-1,0 a 3,2) no grupo BPB guiado US/ENP e $1,6^{\circ}\text{C}$ (-0,6 a 2,5) no grupo BPB guiado por ENP. Ambos os registros foram realizados no tempo 2 minutos (intervalo com a maior variação de temperatura).

Tabela 3: Análise comparativa da variação da temperatura cutânea (TC) após a realização do bloqueio do plexo braquial guiado por US/ENP e guiado por ENP. Valores apresentados como média e intervalo. O ΔT °C foi calculado a partir da diferença da TC no tempo zero minutos até o ponto de maior variação (positiva ou negativa) em 20 minutos. O tempo em minutos corresponde ao momento de maior variação da temperatura cutânea. Valores de Epsilon foram apresentados baseado no teste de Grenhouse-Geisser. US: ultrassonografia; ENP: estimulação de nervos periféricos; min: minutos; G-G: Teste de Grenhouse-Geisser.

Nervo	Grupo	($\Delta^{\circ}\text{C}$)	Tempo (min)	G-G Epsilon
Radial 1	US/ENP	3,1 (0,5 a 5,5)	6	0,2875
	ENP	2,0 (- 0,4 a 3,3)	6	0,2759
Radial 2	US/ENP	1,6 (- 1,0 a 2,3)	6	0,3941
	ENP	1,9 (0,7 a 2,8)	6	0,3027
Musculocutâneo	US/ENP	1,7 (0,9 a 2,5)	6	0,2105
	ENP	1,3 (0,3 a 2,1)	6	0,2717
Mediano	US/ENP	4,5 (4,2 a 5,0)	6	0,2723
	ENP	3,1 (0,6 a 5,5)	6	0,2954
Ulnar 1	US/ENP	4,1 (2,1 a 6,8)	4	0,1646
	ENP	3,6 (1,4 a 6,1)	4	0,2171
Ulnar 2	US/ENP	- 1,5 (- 2,3 a 0,4)	2	0,1521
	ENP	- 1,3 (- 2,4 a 0,2)	2	0,1562

Tabela 4: Média da temperatura cutânea (TC) em níveis basais (0 min) e nos tempos 2, 4, 6, 8, 10, 15 e 20 minutos após a realização do bloqueio do plexo braquial guiado por US/ENP ou ENP. Valores apresentados como média e intervalo. P-Valores foram obtidos através de um modelo linear geral de medidas repetidas; no caso de violação da esfericidade, os P-valores foram apresentados através do Teste de Correção de Greenhouse-Geisser (G-G) devido a violação da esfericidade. Ref: área de referência (controle); AI: área de interesse. * P < 0,05; ** P < 0,01; * P < 0,001; ****P < 0,0001 [comparados com T0 min após o teste de correção de Bonferroni].**

Nervo	Grupo	Média da Temperatura Cutânea nas Áreas de Interesse								Mauchly P-valor	Valor de Epsilon	P Valc (G-G)
		0 min	2 min	4 min	6 min	8 min	10 min	15 min	20 min			
R1	US/ENP	32,6 (12,3)	34,4 (3,2)*	35,7 (4,3)**	35,7 (4,9)*	35,5 (4,7)*	35,0 (5,6)	34,1 (6,0)	32,6 (8,4)	0,0016	0,2875	< 0,000
	Ref 1	32,7 (11,6)	30,7 (5,8)	32,2 (5,2)	33,1 (4,7)	32,8 (5,9)	32,8 (4,0)	31,8 (7,7)	31,5 (8,8)	0,0086	0,3839	< 0,000
	ENP	35,1 (3,9)	36,2 (2,1)*	36,6 (4,0)***	37,0 (3,7)***	37,0 (4,5)***	36,8 (4,8)*	36,2 (6,0)	35,3 (5,3)	0,0095	0,2759	< 0,000
	Ref 2	36,3 (1,4)	34,7 (1,0)**	34,9 (1,7)**	35,2 (2,8)*	35,3 (3,3)	35,3 (2,5)	35,5 (2,2)	36,2 (2,6)	0,0171	0,3995	< 0,000
R2	US/ENP	35,1 (4,1)	36,2 (4,3)*	36,3 (4,7)*	36,7 (3,3)**	36,4 (3,1)**	36,3 (4,2)*	35,8 (4,3)	35,3 (6,2)	0,0237	0,3941	< 0,000
	Ref 1	33,4 (8,8)	31,3 (4,8)*	32,0 (4,2)*	32,8 (3,7)	32,9 (3,9)	33,4 (5,0)	33,8 (4,7)	34,5 (5,2)	0,0026	0,2978	< 0,000
	ENP	35,2 (5,2)	36,4 (3,2)*	36,9 (2,2)**	37,1 (2,1)***	36,9 (2,2)**	36,5 (2,6)*	36,0 (2,1)	34,9 (2,5)	0,0011	0,3027	< 0,000
	Ref 2	34,3 (2,4)	33,7 (1,0)*	33,0 (2,7)**	33,2 (3,3)*	34,9 (4,3)	35,9 (4,5)	36,0 (3,2)	36,2 (3,1)	0,6104	0,1986	0,001
MC1	US/ENP	35,4 (4,5)	35,5 (3,8)	36,7 (3,0)*	37,1 (1,6)**	36,8 (1,9)**	36,7 (1,8)*	36,3 (2,4)	36,0 (3,2)	0,0080	0,2105	< 0,000
	Ref 1	36,8 (2,0)	34,0 (5,0)**	34,6 (4,6)**	35,1 (4,3)**	33,9 (2,7)****	34,9 (4,2)**	34,6 (5,3)*	36,2 (3,7)	0,0006	0,2310	< 0,000
	ENP	35,8 (3,8)	35,9 (2,8)	36,8 (2,8)	37,1 (1,9)***	36,9 (1,6)****	36,8 (1,9)*	36,5 (2,1)	35,9 (3,9)	0,0086	0,2717	< 0,000
	Ref 2	36,4 (2,6)	33,7 (5,6)*	34,2 (5,2)*	34,8 (4,9)	33,5 (3,3)****	34,6 (4,7)*	34,2 (5,2)	35,9 (4,3)	0,0088	0,2308	< 0,000
M1	US/ENP	30,1 (2,2)	33,8 (2,5)****	34,4 (1,5)****	34,6 (0,8)****	33,5 (3,1)**	32,2 (2,7)*	31,4 (3,3)	30,7 (3,8)	0,001	0,2723	0,001
	Ref 1	31,5 (2,4)	30,5 (3,1)	30,3 (1,3)	31,2 (0,4)	31,8 (3,9)	32,0 (3,6)	31,6 (4,6)	30,5 (3,6)	0,086	0,2947	< 0,000
	ENP	34,5 (3,9)	36,1 (2,3)**	36,7 (3,4)****	36,8 (2,7)**	36,7 (3,7)**	36,4 (4,0)*	35,6 (4,5)	34,4 (4,0)	0,0014	0,2954	< 0,000
	Ref 2	36,3 (1,4)	34,7 (1,0)**	34,9 (1,7)**	35,2 (2,8)*	35,2 (3,3)	35,3 (2,5)	35,5 (2,5)	36,2 (2,2)	0,0867	0,1937	< 0,000
U1	US/ENP	30,5 (1,3)	33,9 (3,8)***	34,6 (4,7)***	34,4 (3,8)***	33,3 (3,1)***	33,1 (3,3)**	31,8 (5,3)	30,4 (4,1)	< 0,0001	0,1646	< 0,000
	Ref 1	31,7 (3,2)	30,6 (3,1)*	30,8 (4,3)	30,9 (5,1)	30,8 (6,8)	30,8 (6,3)	30,2 (6,1)	30,4 (3,6)*	0,0558	0,2562	< 0,000
	ENP	31,2 (1,9)	33,9 (4,0)**	34,8 (4,8)**	34,6 (3,9)**	33,6 (3,6)**	33,3 (3,6)**	32,2 (4,7)	31,1 (4,4)	< 0,0001	0,2171	< 0,000
	Ref 2	36,3 (1,9)	34,7 (2,0)****	34,9 (2,7)****	35,2 (2,8)**	34,9 (3,3)**	35,3 (2,6)**	35,5 (2,2)*	36,2 (2,6)	0,0002	0,2348	< 0,000
U2	US/ENP	36,6 (0,7)	34,5 (1,9)***	35,8 (1,0)	36,3 (0,5)	36,1 (1,3)	36,2 (6,3)	35,7 (5,1)*	32,7 (4,0)	0,0728	0,1521	0,002
	Ref 1	36,0 (1,8)	34,4 (1,9)****	34,6 (2,2)****	34,8 (2,8)**	34,6 (3,3)**	35,0 (1,5)**	35,1 (3,2)*	35,7 (3,6)	0,0001	0,2730	< 0,000
	ENP	36,3 (1,1)	35,0 (1,6)**	36,0 (2,1)	36,3 (1,4)	36,3 (1,4)	36,2 (1,6)	35,9 (1,9)*	34,9 (6,4)	0,0543	0,1562	< 0,000
	Ref 2	35,3 (2,4)	33,9 (1,0)**	34,1 (1,7)**	34,4 (3,0)*	34,9 (3,1)*	35,5 (2,5)	35,8 (1,8)	36,2 (2,0)	0,0002	0,2333	< 0,000

Guiado por US / ENP

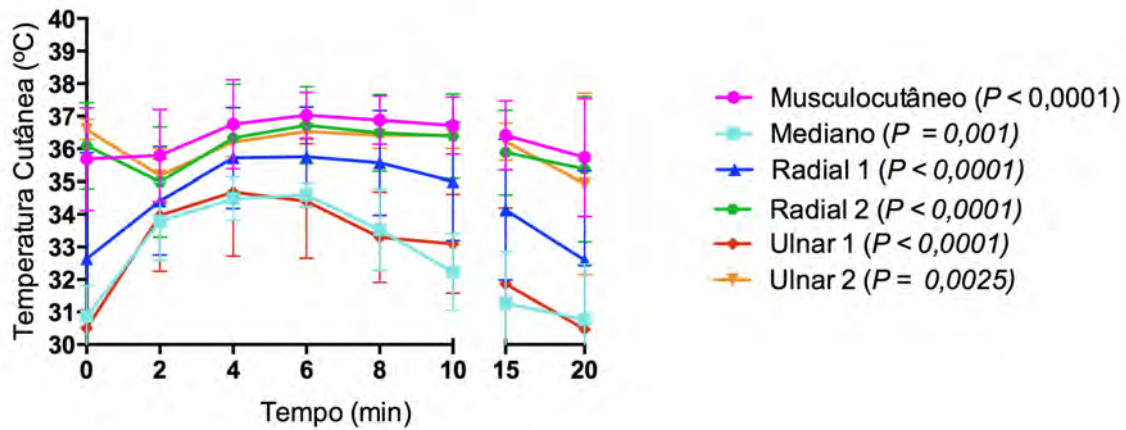


Figura 19: Temperatura cutânea média nas áreas de interesse (AIEs) no tempo basal (T0) e nos intervalos iniciais de 2 minutos e finais de 5 minutos após a realização do bloqueio do plexo braquial guiado por US / ENP. Valores apresentados como médias (\pm desvio padrão). Valores de P foram obtidos a partir da Análise da Variância (ANOVA) por mensurações repetidas incluindo os tempos 0, 2, 4, 6, 8, 10, 15 e 20 minutos nos nervos musculocutâneo, mediano, radial e ulnar (n=9).

Guiado por ENP

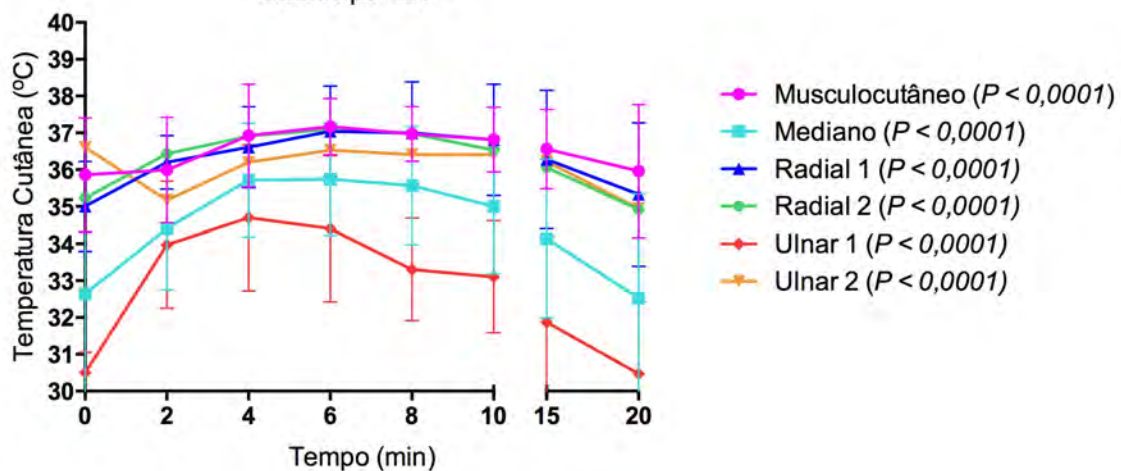


Figura 20: Temperatura cutânea média nas áreas de interesse (AIEs) no tempo basal (T0) e nos intervalos iniciais de 2 minutos e finais de 5 minutos após a realização do bloqueio do plexo braquial guiado por ENP. Valores apresentados como médias (\pm desvio padrão). Valores de P foram obtidos a partir da Análise da Variância (ANOVA) por mensurações repetidas incluindo os tempos 0, 2, 4, 6, 8, 10, 15 e 20 minutos nos nervos musculocutâneo, mediano, radial e ulnar (n=9).

Nas imagens obtidas por termografia infravermelha é possível observar que na áreas de interesse (AIE) do nervo radial (R1) observou-se uma intensa alteração na coloração da região das mãos (vista dorsal) após o bloqueio do plexo braquial por ambas as técnicas (Figuras 21 e 23). Ademais, nas imagens obtidas nas vistas lateral e medial também observou-se um intenso aumento do calor nas áreas de interesse dos nervos ulnar (U1) (Figuras 25, 26, 29 e 30) e mediano (M1) (Figuras 25, 26, 31 e 32), respectivamente.

Nas imagens inerentes a área de interesse do nervo radial (R2), observou-se uma discreta alteração na coloração da região da antebraço (vista dorsal) após o bloqueio do plexo braquial por ambas as técnicas (Figuras 24 e 26). Nas imagens obtidas pela vista lateral, observou-se discreta alteração na coloração da região do nervo ulnar (U2) (Figuras 25, 26, 29 e 30). Nas imagens obtidas pela vista medial, observou-se discreta alteração na coloração da região do nervo musculocutâneo (MC1) (Figuras 25, 26, 29 e 30).

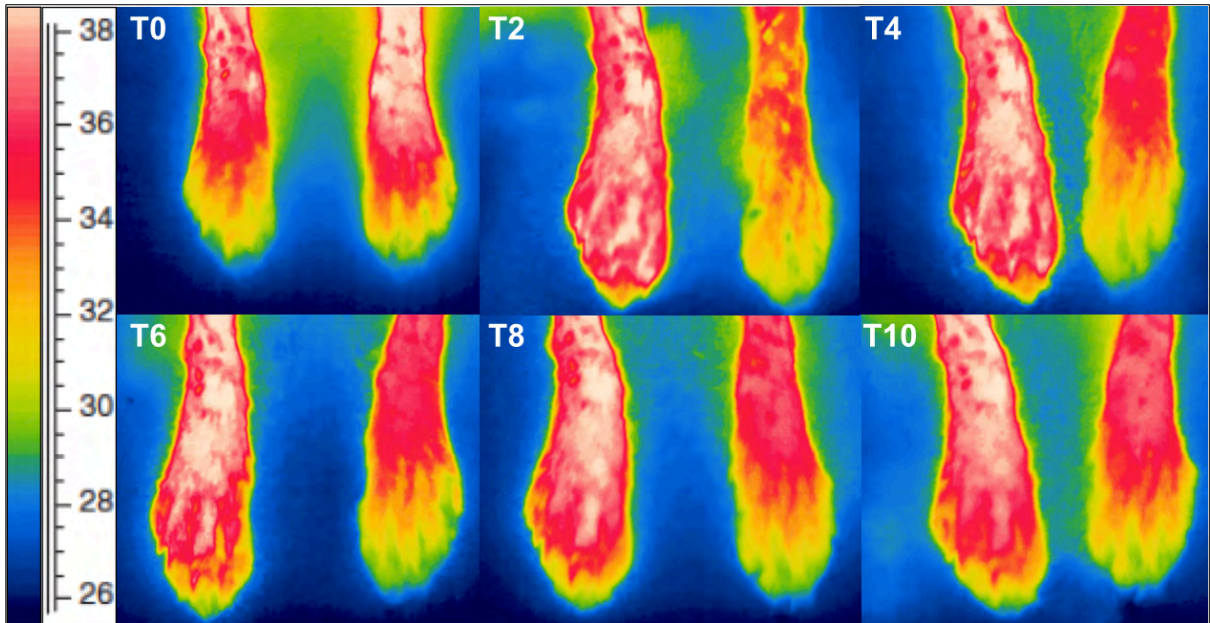


Figura 21: Imagens típicas de termografia infravermelha das mãos, vista palmar, após a realização do bloqueio do plexo braquial guiado por US / ENP. (A) Basal; (B) 2 minutos; (C) 4 minutos; (D) 6 minutos; (E) 8 minutos e (F) 10 minutos após a performance do bloqueio.

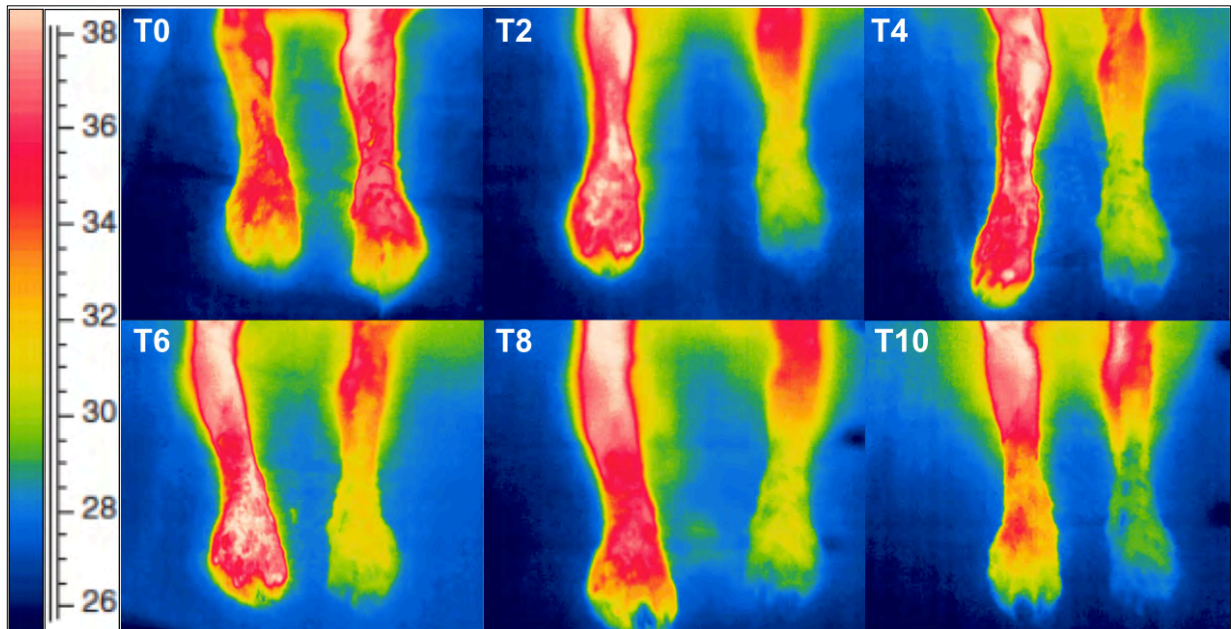


Figura 22: Imagens típicas de termografia infravermelha do antebraço, vista dorsal, após a realização do bloqueio do plexo braquial guiado por US / ENP. (A) Basal; (B) 2 minutos; (C) 4 minutos; (D) 6 minutos; (E) 8 minutos e (F) 10 minutos após a performance do bloqueio.

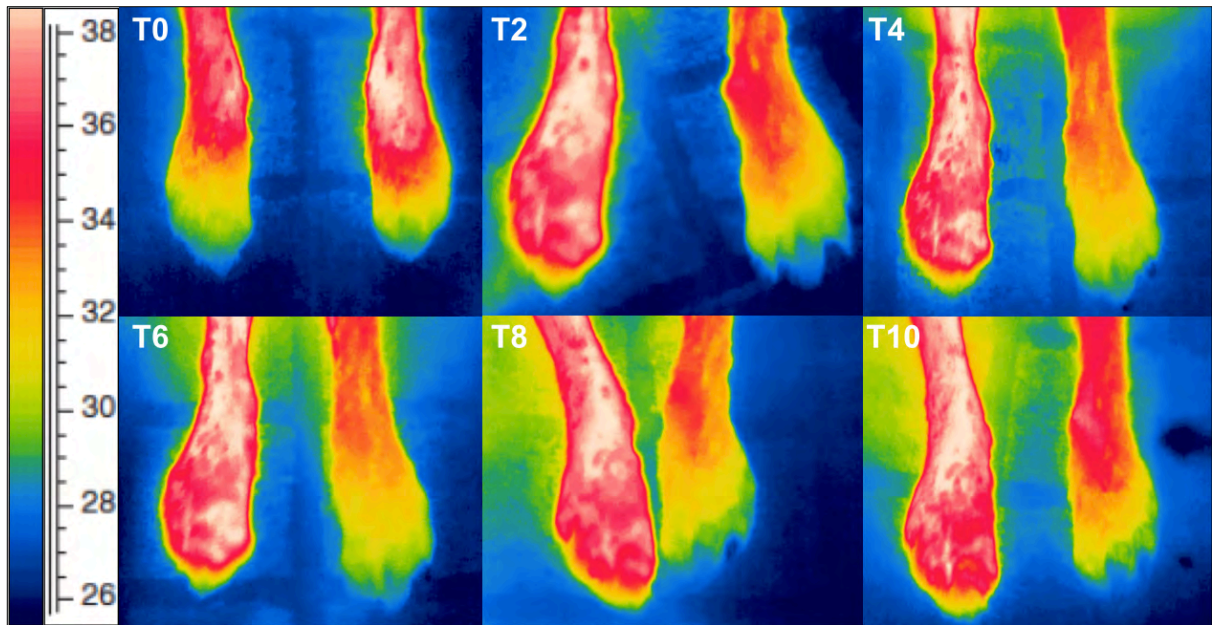


Figura 23: Imagens típicas de termografia infravermelha das mãos, vista palmar, após a realização do bloqueio do plexo braquial guiado por ENP. (A) Basal; (B) 2 minutos; (C) 4 minutos; (D) 6 minutos; (E) 8 minutos e (F) 10 minutos após a performance do bloqueio.

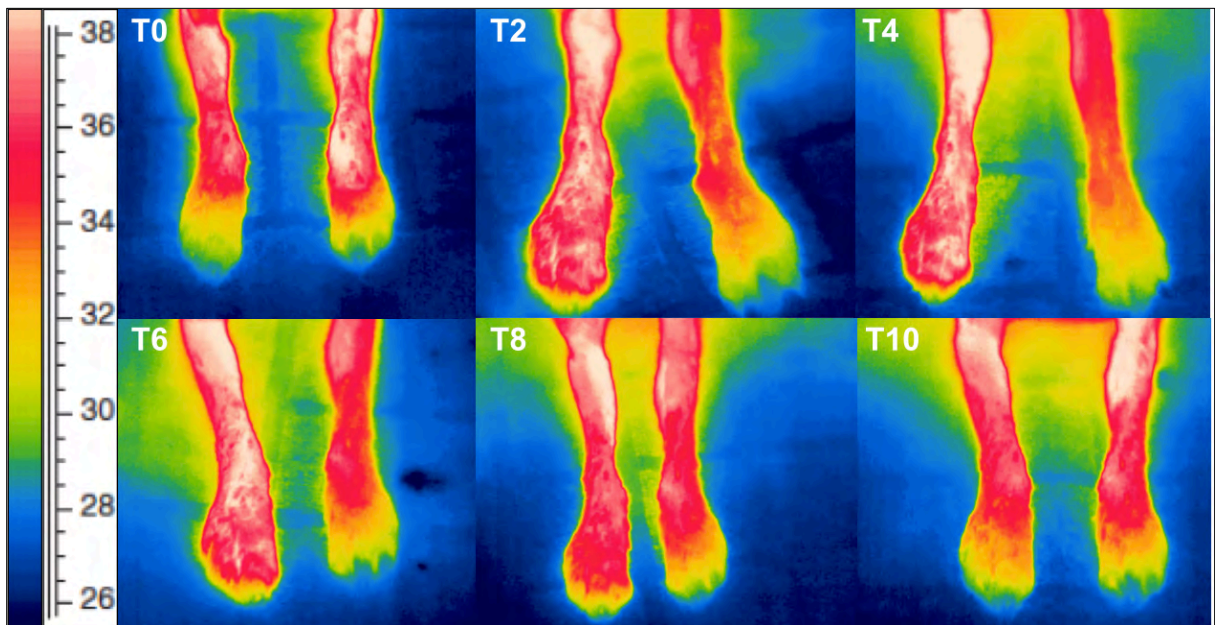


Figura 24: Imagens típicas de termografia infravermelha do antebraço, vista dorsal, após a realização do bloqueio do plexo braquial guiado por ENP. (A) Basal; (B) 2 minutos; (C) 4 minutos; (D) 6 minutos; (E) 8 minutos e (F) 10 minutos após a performance do bloqueio.

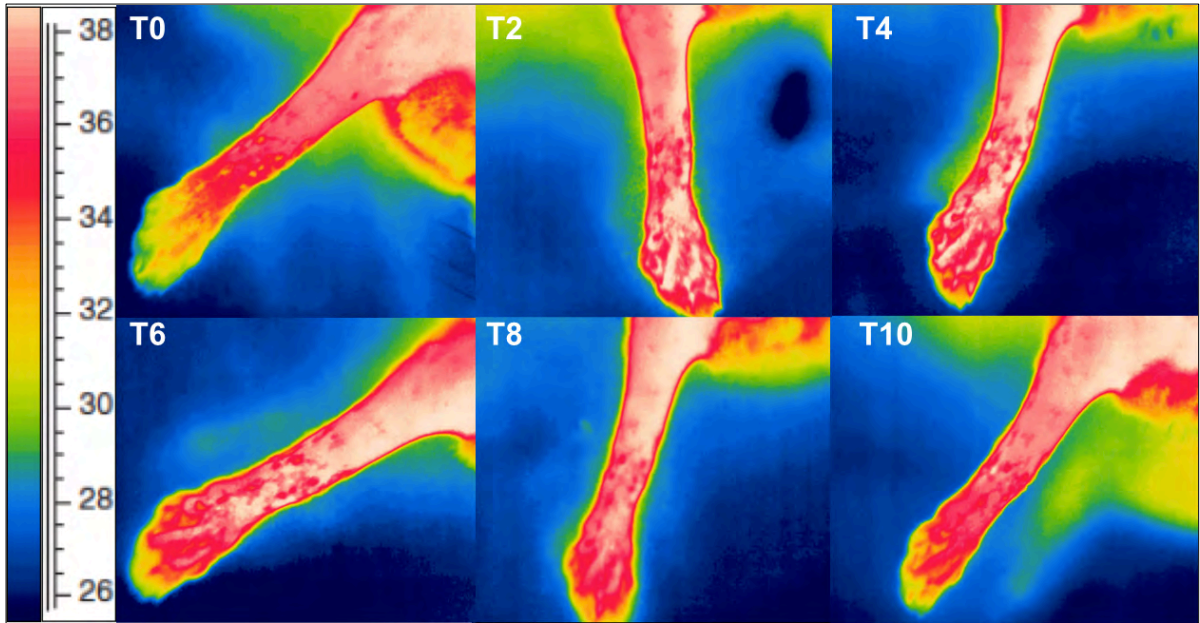


Figura 25: Imagens típicas de termografia infravermelha do antebraço e mão, vista lateral direita (membro bloqueado), após a realização do bloqueio do plexo braquial guiado por US / ENP. (A) Basal; (B) 2 minutos; (C) 4 minutos; (D) 6 minutos; (E) 8 minutos e (F) 10 minutos após a performance do bloqueio.

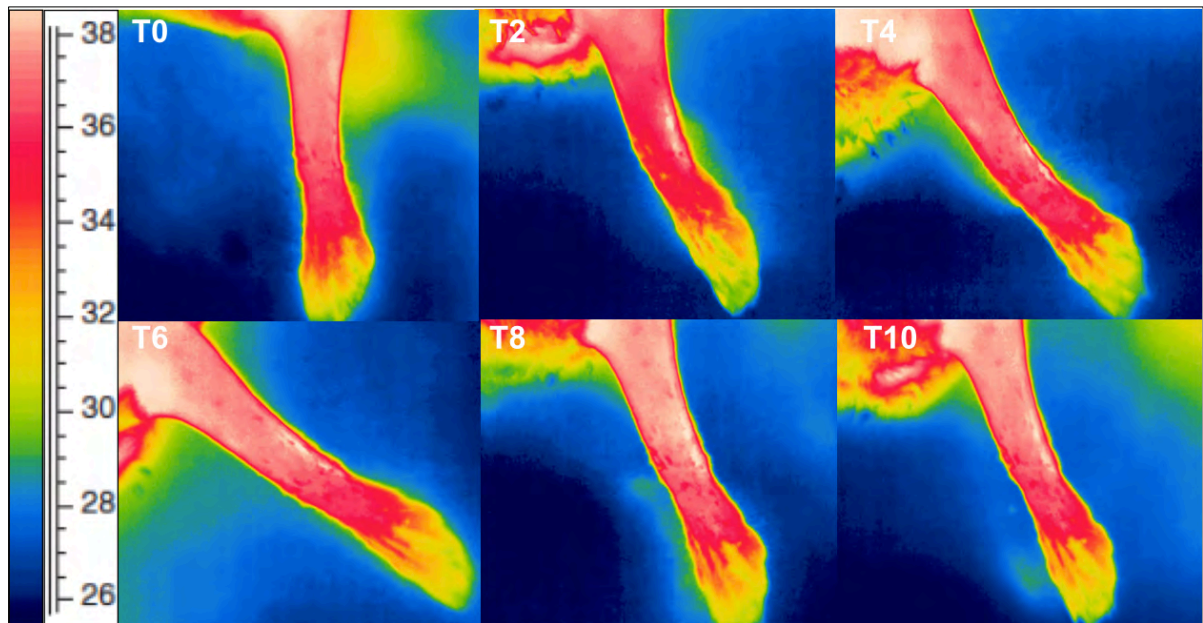


Figura 26: Imagens típicas de termografia infravermelha do antebraço e mão, vista lateral esquerda (membro controle), após a realização do bloqueio do plexo braquial guiado por US / ENP. (A) Basal; (B) 2 minutos; (C) 4 minutos; (D) 6 minutos; (E) 8 minutos e (F) 10 minutos após a performance do bloqueio.

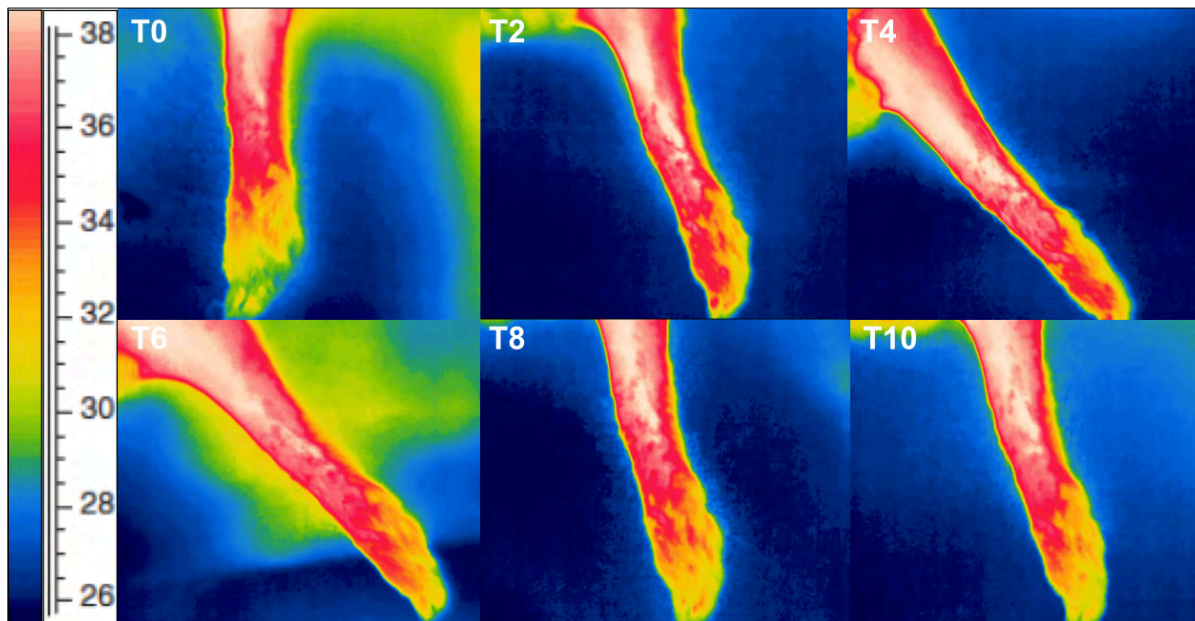


Figura 27: Imagens típicas de termografia infravermelha do antebraço e mão, vista medial direita, após a realização do bloqueio do plexo braquial guiado por US / ENP. (A) Basal; (B) 2 minutos; (C) 4 minutos; (D) 6 minutos; (E) 8 minutos e (F) 10 minutos após a performance do bloqueio.

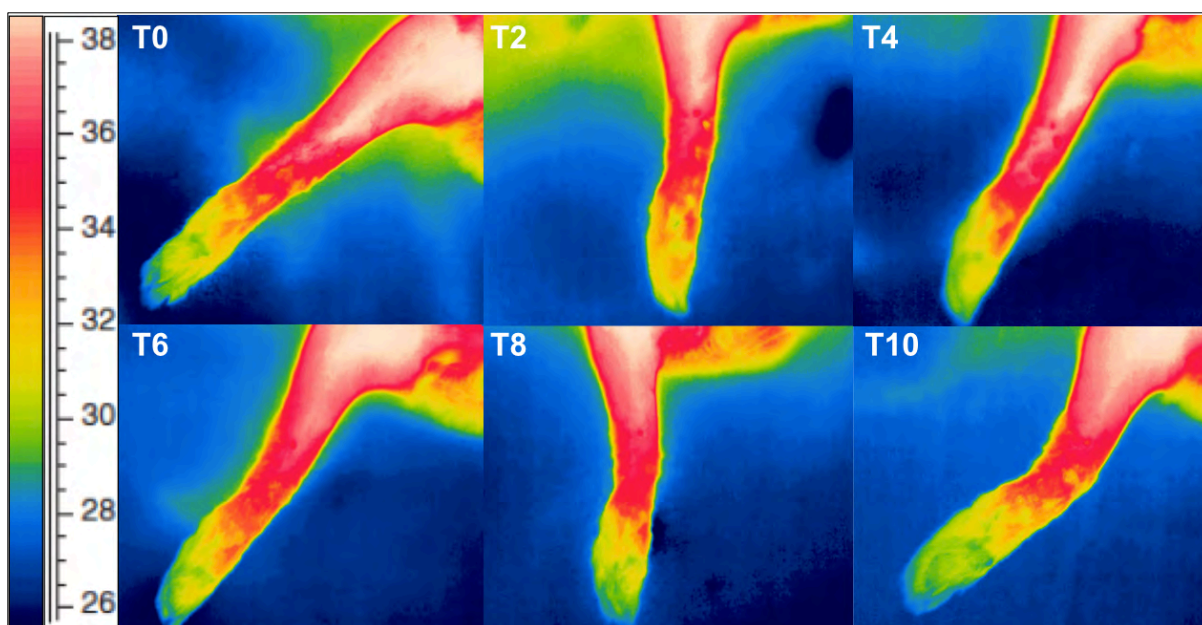


Figura 28: Imagens típicas de termografia infravermelha do antebraço e mão, vista medial esquerda (membro controle), após a realização do bloqueio do plexo braquial guiado por US / ENP. (A) Basal; (B) 2 minutos; (C) 4 minutos; (D) 6 minutos; (E) 8 minutos e (F) 10 minutos após a performance do bloqueio.

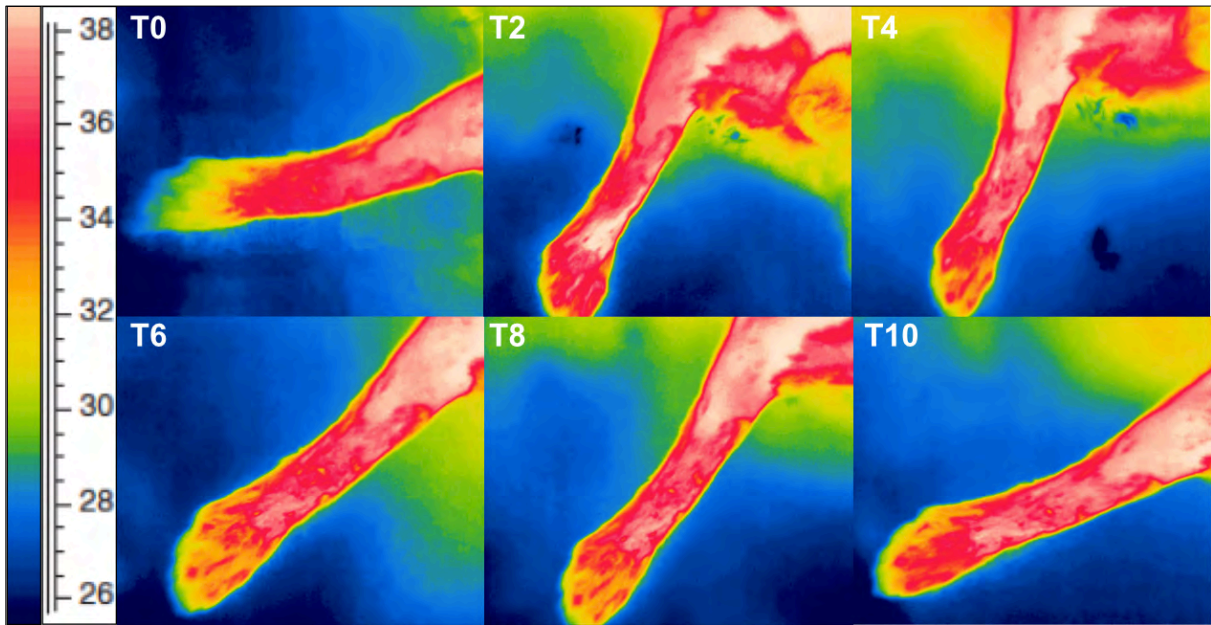


Figura 29: Imagens típicas de termografia infravermelha do antebraço e mão, vista lateral direita (membro bloqueado), após a realização do bloqueio do plexo braquial guiado por ENP. (A) Basal; (B) 2 minutos; (C) 4 minutos; (D) 6 minutos; (E) 8 minutos e (F) 10 minutos após a performance do bloqueio.

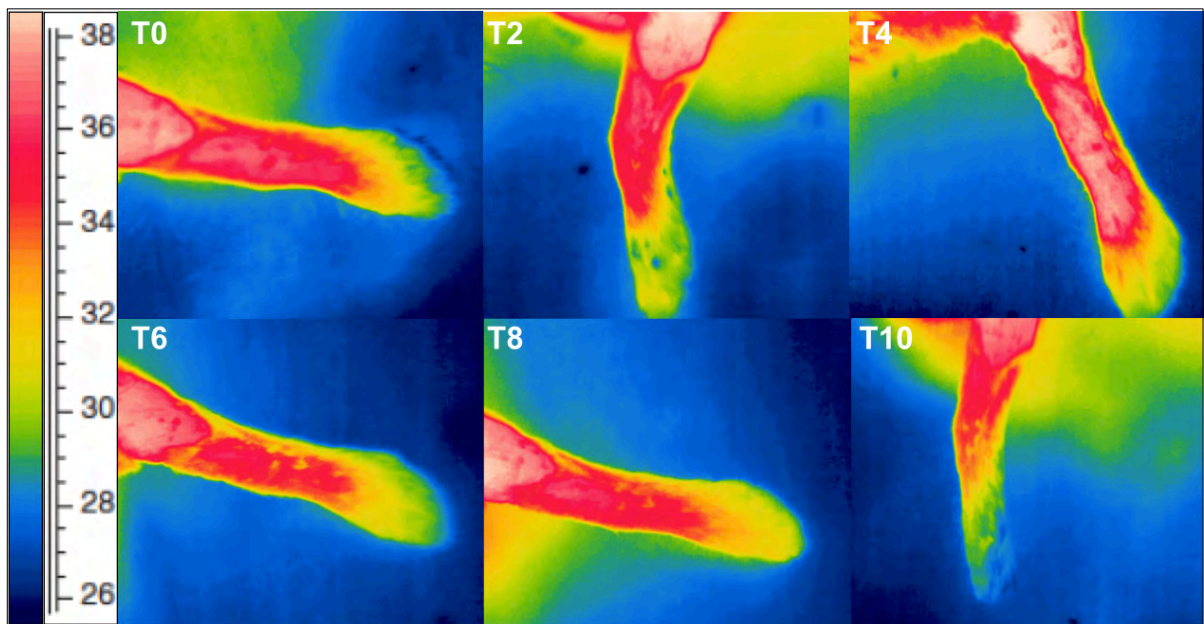


Figura 30: Imagens típicas de termografia infravermelha do antebraço e mão, vista lateral esquerda (membro controle), após a realização do bloqueio do plexo braquial guiado por eletroestimulação. (A) Basal; (B) 2 minutos; (C) 4 minutos; (D) 6 minutos; (E) 8 minutos e (F) 10 minutos após a performance do bloqueio.

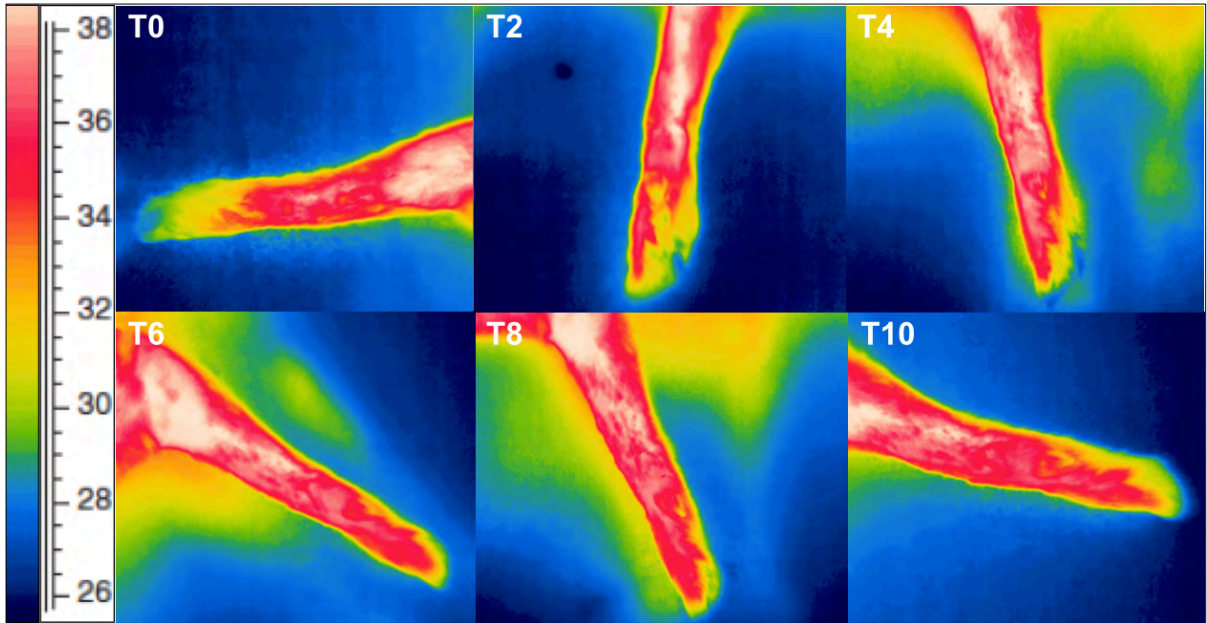


Figura 31: Imagens típicas de termografia infravermelha do antebraço e mão, vista medial direita, após a realização do bloqueio do plexo braquial guiado por ENP. (A) Basal; (B) 2 minutos; (C) 4 minutos; (D) 6 minutos; (E) 8 minutos e (F) 10 minutos após a performance do bloqueio.

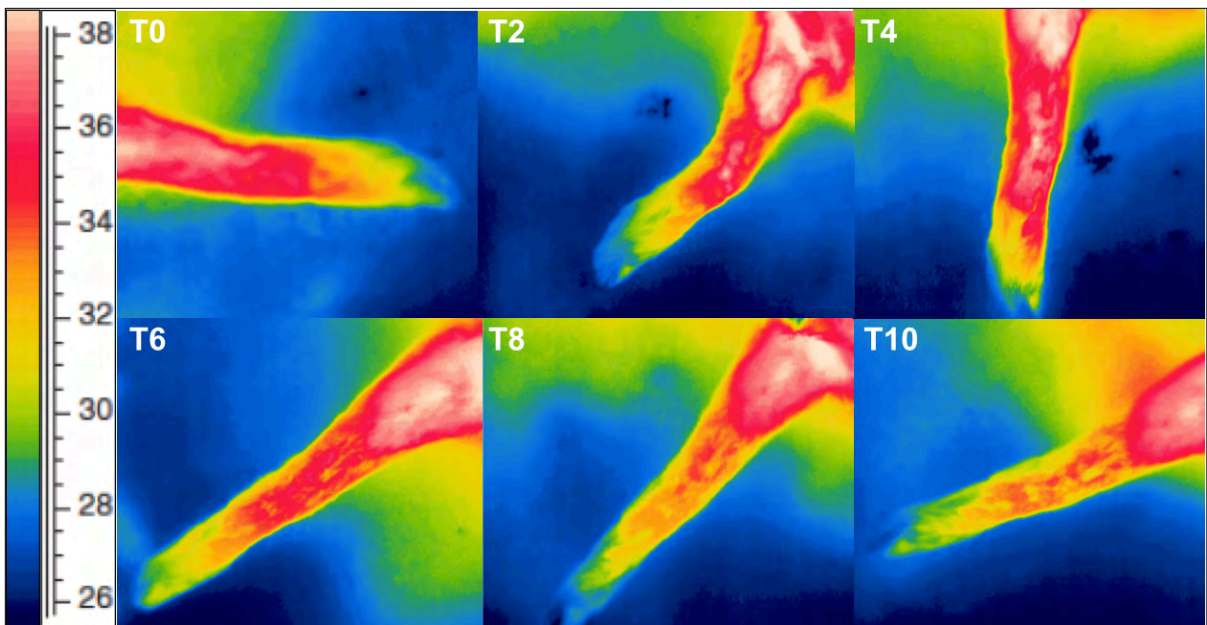


Figura 32: Imagens típicas de termografia infravermelha do antebraço e mão, vista medial esquerda, após a realização do bloqueio do plexo braquial guiado por ENP. (A) Basal; (B) 2 minutos; (C) 4 minutos; (D) 6 minutos; (E) 8 minutos e (F) 10 minutos após a performance do bloqueio.

6. DISCUSSÃO

6.1 Estudo Anatômico

6.1.1 Origem do plexo braquial

No total de 80 plexos dissecados no *oryctolagus cuniculus*, em 92,5%, sua formação derivou das conexões entre os ramos ventrais dos 4 últimos nervos espinhais cervicais (C5, C6, C7, C8) e o primeiro nervo torácico (T1), corroborando com os resultados encontrados previamente nesta espécie (REICHERT et al., 2015). Na presente investigação, em 4 plexos foi observada a configuração de C5 a T2 e, em 2 animais, observou-se a configuração de C4 a T2, fatos não relatados nas publicações inerentes a esta espécie.

De um modo geral, nos animais domésticos o plexo braquial é formado pelos ramos ventrais do quinto, sexto, sétimo e oitavo nervos cervicais e do primeiro torácico, e, frequentemente recebe contribuição do segundo nervo torácico (RICCI et al., 2013). O plexo braquial do cão é formado pelos ramos ventrais do sexto, sétimo e oitavo nervos cervicais e pelo primeiro e segundo nervos torácicos com uma contribuição inconstante do quinto nervo cervical (RICCI et al., 2013). No homem, segundo GADNER; GRAY; O'RAHILLY, 1971 o plexo braquial é formado pela união dos ramos ventrais dos quatro nervos cervicais inferiores e pela maior parte do ramo ventral do primeiro nervo torácico, mas frequentemente recebe também contribuições do quarto cervical, do segundo nervo torácico ou de ambos.

Em relação à participação de C4 na constituição do plexo braquial, esta ocorrência foi descrita no Homem (HERRINGHAM, 1886; KERR, 1918), e em primatas não humanos, como gorila, chimpanzé e orangotango (HEPBURN, 1891). Tal participação caracteriza o plexo como pré-fixado, como observado em macacos do novo mundo (SUGIYAMA 1965, HILL, 1972). Essa variação se dá durante o processo evolutivo, no qual o plexo braquial desloca-se cranialmente, atingindo C4 nos símios e C3 em humanos (PARADA et al., 1989).

Carpenter (1978) e Moura et al. (2007) sugerem que as mudanças na origem do plexo se devem a variações na posição de inserção dos membros em relação ao neuro-eixo. Essa informação parece ser mais razoável, já que a origem em ramos mais craniais não é característica exclusiva de espécies mais recentes, pois, a presença de C4 na formação do plexo braquial foi descrita em monotremados (KOIZUMI; SAKAI, 1997), bicho preguiça (AMORIM JÚNIOR et al., 2003), capivaras (FIORETTO et al., 2003) e catetos (MOURA et al., 2007).

A participação de T2 na formação do plexo braquial observada nesta pesquisa, também não havia sido relatada nesta espécie, no entanto, assemelha-se aos resultados obtidos em *Saimiri* (MIZUNO, 1969a) e *Cebus* (RIBEIRO et al.). Kerr (1918) observou a participação de T2 em 37 dos 175 plexos dissecados em humano, diferentemente do observado por Cunningham (1877) *apud* Kerr (1918) que encontrou em 73% dos casos.

No que se refere à contribuição dos ramos espinhais para a formação do plexo, observamos neste estudo que C6, C7 e C8 foram os ramos que mais contribuíram para a formação dos nervos resultantes para a musculatura intrínseca e extrínseca. Souza-Junior et al. (2014) observaram em *C. Thous* que as raízes que mais contribuíram para a formação dos nervos foram provenientes de C7, C8, possivelmente, esta diferença deve-se ao fato de que as origens do plexo descritas em carnívoros, bem como, a posição dos membros torácicos em relação ao neuroeixo, estão ligeiramente voltadas caudalmente quando comparadas aos outros mamíferos.

De acordo com Jonhson et al. (2010), as variações na arquitetura neural do plexo braquial são mais regra do que exceção. Uysal et al. (2003) em estudo com 200 plexos de fetos humanos observaram que apenas 46,5% detinham uma organização considerada típica, enquanto 53,5% demonstraram uma variação significativa em relação ao padrão mais esperado.

6.1.2 Troncos nervosos

Em todas as espécimes analisadas neste estudo, os ramos espinhais ventrais formaram três troncos nervosos: tronco cranial, tronco médio e tronco caudal, sendo que na maioria dos animais os ramos de C5 formaram o tronco cranial, C6 o tronco médio e C7, C8 e T1 se uniram formando o tronco caudal.

Da mesma forma, em animais domésticos (RICCI et al., 2013), primatas não humanos (CRUZ; ADAMI, 2010) e até mesmo em humanos (NARAHASHI et al., 2005), o plexo braquial é constituído por apenas três troncos: cranial formado por C5 e C6 (ocasionalmente com participação de C4), médio (C7) e caudal formado por C8 e T1 (ocasionalmente com participação de T2).

Em nosso estudo observamos que do tronco cranial partiram os nervos supraescapular e subscapular. O tronco médio foi composto efetivamente de C6 de onde partiram os nervos axilar e musculocutâneo. O tronco caudal foi formado predominantemente por C7, T1 e T2, embora, em 2 plexos da amostra, encontramos a participação de T2, no qual, enviou um pequeno ramo que se uniu a raiz de T1, semellante ao encontrado em primatas como o macaca (*Macacus cyclopsis*) (SUGIYAMA, 1965), macaco prego (*Cebus apella*) (RIBEIRO, 2005). Essas informações se assemelham aos resultados obtidos por Reichert et al. (2015).

6.1.3 Nervos resultantes

O nervo supraescapular foi derivado em sua maioria dos ramos ventrais de C5 (90%), C5 e C6 (7,5%) e C4 e C5 (2,5%) e inervou os músculos subescapular e supraespinhoso oferecendo um ramo ao m. infraespinhoso. Estes dados corroboram com a descrição em mamíferos domésticos, como no cão, por exemplo, no qual este nervo acompanha os vasos supra-escapulares (GHOSHAL, 1986) e segue entre o músculo subescapular e o músculo supra-espinal (FRANDSON et al., 1979).

O nervo subescapular originou-se do ramo ventral do sexto e sétimo nervos cervicais (C6 e C7) (100,00%) apresetando um único trajeto até a face medial do m. subescapular para supri-lo. Em outras espécies domésticas como no cão e no gato, observando desde a sua origem, os dois nervos subescapulares dividem-se irregularmente suprindo os músculos subescapular (SCHAWARZE; SCHORODER et al., 1970), redondo maior e grande dorsal (GHOSHAL, 1986) fato este não observado no modelo experimental desta pesquisa.

O nervo musculocutâneo em 90% dos casos foi formado por fibras de ramos dos sétimo e oitavo nervos cervicais (C7, C8) e em 10% dos casos houve contribuição do primeiro nervo torácico (T1) passando cranialmente a artéria braquial e um ramo destacado comunicou-se ao nervo mediano. Além disso, este nervo percorreu ao longo da superfície medial do músculo bíceps braquial. Em seu trajeto, emitiu ramos para os mm. coracobraquial, bíceps braquial e braquial. Nos plexos estudados emitiu uma alça axilar (ansa axilaris) para o nervo mediano.

Na literatura, foi descrito no cão, que um ramo do nervo musculocutâneo comunica-se com o nervo mediano próximo a superfície flexora do cotovelo (SISSON; GROSSMAN, 1981; EVANS; DE LAHUNTA, 2001) formando o nervo cutâneo medial do antebraço (SCHAWARZE; SCHORODER et al., 1970). No presente estudo, o nervo cutâneo medial do

antebraço não foi preservado durante a dissecação, portanto, não é possível afirmar tal participação.

O nervo axilar foi formado a partir de fibras de sexto e sétimo nervos cervicais (C6 e C7) (100,00%) inervando os mm. redondo maior, redondo menor e deltoide. Segundo Evans e De Lahunta (2001), não são este nervo também emite nervos para o músculo subescapular, fato este não observado em nosso estudo com coelhos. Ademais, de maneira singular ao nosso estudo, Schawarze e Schoroder (1970) se localiza entre as porções lateral e longa do músculo tríceps braquial, onde se divide, enviando ramos ao músculo braquioencefálico, incluindo a fáscia e a pele da região do ombro.

O nervo radial, o mais calibroso observado neste estudo, resultou principalmente dos ramos ventrais de C8 e T1 (92,5%), embora, em alguns casos só houve a participação dos ramos ventrais do ramo de T2 (7,5%). Este nervo foi visualizado como um único nervo na região axilar e foi dividido em um conjunto de múltiplos componentes fibrilares distais à articulação escápulo-umeral. No presente estudo, observou-se que este nervo emergiu entre o nervo axilar e o tronco comum dos nervos mediano e ulnar, imediatamente cranial à artéria e veia axilar adentrando no músculo tríceps braquial.

Segundo Ghosal (1986), em mamíferos domésticos, o nervo radial é o maior nervo espinhal que compõe o plexo braquial e distribui-se ao longo da superfície medial do músculo redondo maior caudalmente a artéria braquial. Estes dados corroboram com os encontrados na atual pesquisa e reforça a descrição supracitada. Ademais, segundo este autor, adentra a porção medial do músculo tríceps braquial, entre as cabeças longa e medial. No presente estudo, observou-se que o nervo radial libera diversos ramos musculares para todas as cabeças do músculo tríceps braquial corroborando com os dados observados por Schawarze e Schoroder (1970). Ademais, assim como observado nesta pesquisa, Schawarze e Schoroder (1970) já haviam relatado a emissão de ramos nervosos para o músculo tensor da fáscia do antebraço, músculo braquiorradial e para o músculo ancôneo.

Nesta pesquisa, observou-se que o nervo ulnar foi originado de fibras são derivadas inteiramente de ramos ventrais de C7, C8 e T1 (92,5%), no entanto, 7,5% das espécimes houve contribuição de T2. Este nervo foi observado em um plano caudal ao nervo mediano. Na metade distal do úmero, o nervo ulnar foi localizado numa posição mais caudal e a margem de seguida o epicôndilo do úmero. Após emergir exclusivamente do tronco caudal transitou sobre o epicôndilo medial do úmero suprimindo os mm. flexores do carpo. Toda a descrição anatômica corrobora com as previamente descritas por Ghoshal (1986) que menciona em seu estudo que após o mesmo emergir entre o músculo peitoral descendente e o músculo tensor da fáscia do antebraço, ramifica-se a extremidade distal do braço e na superfície caudolateral do antebraço, até o carpo dos animais domésticos.

O nervo mediano foi decorrente do ramo ventral de C7, C8 e T1 (92,5%), enquanto que em 7,5% das espécimes houve contribuição de T2. Este nervo formou uma alça com o nervo musculocutâneo na qual a artéria axilar ficou suspensa. Este nervo emergiu em uma região caudolateral em relação à artéria braquial, onde recebeu um ramo comunicante do nervo musculocutâneo. O nervo mediano, em seguida, continuou distalmente ao cotovelo medial inervando os mm. pronador redondo e flexores do carpo em ambos os antímeros.

De acordo com a literatura, o nervo mediano no cão emerge do braço e em conjunto com a artéria braquial, passa pelo forame supracondilar do úmero e desce no antebraço. Ademais, corroborando com os resultados do presente estudo, o nervo mediano estabelece uma conexão com um ramo do nervo musculocutâneo na altura do forame supracondilar (GHOSHAL, 1986).

6.1.4 Contribuição da anatomia macroscópica para validação do modelo experimental

Estudos experimentais do plexo braquial foram realizados em ratos (VUCKOVIC et al., 2005), cães (WAKOFF et al., 2013), gatos (ANSON et al., 2015) e outras espécies (IWAMATO et al., 2012; KIMELI et al., 2014), no entanto, os coelhos são considerados modelos experimentais adequados em razão de sua similiaridade anatômica com o plexo braquial do ser humano e dos animais de companhia (FONSECA et al., 2015). Estes estudos se basearam na anatomia macroscópica da região sem nenhum tipo de análise morfométrica do plexo braquial e dos ramos nervosos periféricos.

De modo a otimizar o uso do coelho doméstico como um modelo experimental, a primeira fase desta pesquisa visou explicar detalhadamente a morfologia e a morfometria do seu plexo braquial. Vale ressaltar que importantes variações anatômicas podem ser observadas neste modelo experimental, tais quais a presença da raiz nervosa do quarto nervo espinal cervical o do segundo nervo espinal torácico os quais foram evidenciados em um número reduzido de espécimes. A não observação destas possíveis variações anatômicas podem levar a falhas nas técnicas de bloqueios locorreionais e suscitar a invalidação da pesquisa e sofrimento do animal.

Em animais de companhia, a origem e a localização do plexo braquial é semelhante a dos coelhos (FONSECA et al., 2015; MENCALHA et al., 2016), no entanto, vale ressaltar que nesta espécie, ocorre a participação da quinta raiz nervosa espinal cervical. O plexo braquial nos mamíferos domésticos é formado pelos ramos ventrais dos três últimos nervos espinais cervicais (C6, C7 e C8) e pelo primeiro e segundo ramos ventrais dos nervos espinais torácicos (T1 e T2) (GHOSHAL, et al. 1986). Assim como nos coelhos, os nervos do plexo braquial dos cães e gatos se distribuem para o membro torácico e partir da parede torácica adjacente (SCHWARZEI SCHRODER, et al., 1970) seguindo caudoventralmente no sentido da borda cranial da primeira costela, passando entre as vértebras e emergindo junto a margem ventral do escaleno (DYCE et al., 1997, EVANS; DE LAHUNTA, 2001). Eles se estendem entre os músculos subescapular e supraespinal por um lado, e o músculo serrátil ventral por outro, para alcançar o espaço axilar (GHOSHAL, 1986).

Nos seres humanos, a origem e a localização do plexo braquial são semelhantes as do coelho (FONSECA et al., 2015). Em ambas as espécies, está localizado lateralmente à região cervical da coluna vertebral e, normalmente forma-se a partir de segmentos dos nervos espinais de C5 a T1. No entanto, é de salientar que em seres humanos o plexo braquial se estende por baixo e lateralmente, depois da clavícula, para penetrar na axila, o que não é observado em coelhos. Além disso, a organização dos ramos do plexo braquial em humanos são unidas para formar a parte superior do tronco (C5 e C6), médio (C7) e inferior (C8 e T1), na sequência da artéria axilar sob músculo peitoral maior, e no coelho, esta organização anatômica assume um arranjo diferente, principalmente em relação ao posicionamento da artéria axilar.

É evidente que existem diferenças anatômicas entre as espécies, no entanto, as semelhanças anatômicas entre o coelho com os animais de companhia (cães e gatos) e seres humanos permite o adequado treinamento do anestesta neste modelo experimental e pode ser o marco para o aprimoramento das técnicas guiadas por estimulação de nervos periféricos e ultrassonografia. Atualmente, os modelos experimentais mais utilizados para o treinamento do anestesiologista são os conhecidos "phantoms" os quais podem ser confeccionados a partir de um material emborrachado de custo elevado, com gelatina (AMATO et al., 2015) ou mesmo com carcaças de animais de produção WHITTAKER et al., 2013). Estes modelos permitem acelerar a curva de aprendizado do profissional ante as modernas técnicas de anestesia locorreional (MORROS et al., 2011).

6.2 Estudo *in vivo*

Os bloqueios nervosos periféricos, comumente são realizados a partir de referências anatômicas para localização adequada dos nervos de interesse. No entanto, a partir da década de 60, Greenblatt e Denson (1962) e Wright (1969) descreveram o uso de estimuladores elétricos para neurolocalização. Esta ferramenta, aumentou de maneira significativa o sucesso dos bloqueios locorregionais no que tange sua eficácia e redução dos riscos associados.

De maneira a obter uma técnica padrão que servisse como referência e ponto de partida para a avaliação do bloqueio do plexo braquial guiado por ultrassonografia, foi adotado nessa pesquisa o uso concomitante do neuroestimulador (estimulador de nervos periféricos) para obtenção de resultados confiáveis e previamente conhecidos na literatura (CAMPOY et al., 2008; RICCÓ et al., 2013). Dessa forma, durante este ensaio experimental, os resultados obtidos com o bloqueio do plexo braquial guiado por ultrassom foram minuciosamente comparados com a técnica guiada por eletroestimulação.

O uso do ultrassom para auxiliar a execução de anestesia locorregional vem crescendo nos últimos anos na medicina (SITES; BRULL, 2006; MARHOFEN; CHAN, 2007) e em medicina veterinária (GUILHERME; BENIGNI, 2008; CAMPOY et al., 2010; PORTELA et al., 2013). Seu uso permite, além da avaliação da anatomia antes da realização do bloqueio, depositar o anestésico local ao redor das estruturas nervosas com precisão e evitar lesar estruturas como vasos, pleura e músculos (CONCEIÇÃO et al., 2009). Na presente pesquisa, mesmo utilizando um aparelho de ultrassom de baixa resolução, foi possível identificar facilmente as raízes nervosas do plexo braquial bem como as estruturas vasculares e musculares ao redor. Outrossim, com a inserção desta tecnologia para a performance do bloqueio, foi observado importantes benefícios no que tange o tempo de latência e de duração do bloqueio com doses menores requeridas do anestésico local conforme descritos anteriormente e discutidos a seguir.

6.2.1 Avaliação temporal do bloqueio motor por eletromiografia

A avaliação do bloqueio motor segue sendo um grande desafio ao anestesista veterinário devido a escassez de ferramentas disponíveis e de fácil acesso para o uso no dia a dia do centro cirúrgico, dessa forma, os estímulos nociceptivos seguem sendo utilizados para este fim (WAKOFF et al., 2013). Em seres humanos, a escala de Bromage (BROMAGE, 1964; BROMAGE et al., 1965) é utilizada por alguns anestesistas para avaliar o bloqueio motor neuroaxial (epidural ou espinhal). Tal escala avalia a intensidade do bloqueio motor testando a força muscular dos membros pélvicos, no entanto, apresenta o fator subjetividade como desvantagem. Vale ressaltar, que mesmo na medicina, não existe uma escala comparável para a avaliação da função motora após os bloqueios nervosos periféricos.

Neste contexto, a utilização da eletromiografia (EMG) para avaliar a função motora de um bloqueio locorregional, foi inserida em um estudo pioneiro em seres humanos, o qual utilizou esta ferramenta para quantificar o bloqueio motor promovido pela bupivacaína e etidocaína em um ensaio clínico experimental (ATANASSOFF et al., 1996). Adicionalmente, outro estudo investigou o uso da EMG com uma agulha de bloqueio isolada que serviu tanto como eletrodo estimulador como para a administração do anestésico local (ATANASSOFF et al., 1995).

Em relação aos nervos que compõem o plexo braquial, estes têm sido amplamente utilizados ao longo do tempo para estudos de condução elétrica, em particular, por neurologistas, os quais visam avaliar as funções dos nervos ulnar e mediano, e neuropatias radiais (TROJABORG, 1970; IRANI et al., 1982). Nesses estudos, as despolarizações dos

nervos superficialmente localizados foram obtidas através de eletrodos de superfície, de forma similar aos utilizados na presente pesquisa.

Até o final da década de 90, nenhuma investigação anterior havia mensurado objetivamente o curso de tempo completo (início e recuperação) de um bloqueio motor após a injeção de um anestésico local. No entanto, Atanassoff et al. (1998) utilizaram um dispositivo computadorizado de EMG exibindo simultaneamente as amplitudes de ambos os nervos ulnar (bloqueado e controle). Neste estudo, a amplitude do PAMc diminuiu rapidamente após injeção do anestésico local, confirmando o bloqueio da transmissão neural. Estes resultados foram consistentes com estudos anteriores usando lidocaína, bupivacaína e etidocaína (ATANASSOFF et al., 1995; ATANASSOFF et al., 1996). Os estudos anteriores, contudo, só mediram os tempos de início de bloqueio motor e não forneceram nenhuma informação sobre a duração do bloqueio. Este estudo pioneiro realizado em seres humanos, o qual mensurou continuamente a amplitude do PAMc dos pacientes, mostrou que o mesmo se manteve estável ao longo do período de estudo, portanto, confirmaram a consistência e a validade do dispositivo eletromiográfico e da referida técnica.

Na anestesiologia veterinária, alguns pesquisadores utilizaram a EMG em diferentes cenários práticos e situações, porém, em sua grande maioria avaliaram os efeitos da anestesia geral sobre o índice cerebral (BRAS et al., 2011), ventilação (OCHIAI et al., 1989; FITTING et al., 1987), reflexos laríngeos (GOULDEN et al., 1976) e reflexos nociceptivos (PEETS et al., 1987). No que se refere sua utilização na anestesia locorreional em medicina veterinária, um único estudo utilizou esta ferramenta de modo a avaliar a função motora de equinos sob efeito da anestesia epidural caudal (KYLES et al., 2001).

De maneira similar ao descrito por Atanassoff et al. (1998), o presente ensaio experimental, utilizou a EMG para avaliar e comparar a função motora após o bloqueio do plexo braquial guiado por ultrassonografia e por estimulação de nervos periféricos em coelhos. Para este fim, foi escolhida a função motora do nervo radial através da gravação dos potenciais de ação motores compostos (PAMCs) realizados na porção longa do músculo tríceps braquial. Vale ressaltar, que o nervo radial foi o escolhido nesta pesquisa devido ao maior calibre e pelo fato de inervar um músculo de tamanho adequado para o posicionamento dos eletrodos de gravação. Acredita-se que a EMG apesar de ser uma tecnologia confiável e de valor preditivo elevado no que tange a avaliação da função motora, apresenta sérias limitações para o uso na rotina da anestesia/cirurgia veterinária, pois, além de se tratar de um recurso de moderado investimento, tem a anestesia geral como principal barreira ante a sua utilização. Além disto, a inserção dos eletrodos de gravação dos potenciais de ação motores compostos dificulta a realização do preparo operatório bem como da realização da cirurgia.

Neste ensaio experimental, não foi observada diferença significativa no tempo de performance do BPB guiado por US/ENP em relação ao BPB guiado por ENP, entretanto, observou-se uma redução significativa na quantidade de volume necessário de anestésico local para a instalação do bloqueio ($0,61 \pm 0,15$ mililitros *versus* $1,22 \pm 0,17$ mililitros no grupo guiado por US/ENP e ENP, respectivamente). Além do mais, em relação ao tempo de latência do BPB, apesar do menor volume utilizado (descrito anteriormente), observou-se que o grupo guiado por US/ENP apresentou menor tempo para instalação do bloqueio em comparação ao grupo guiado por ENP ($1,1 \pm 0,45$ *versus* $1,95 \pm 0,79$; $P < 0,01$) sendo confirmado pelo decréscimo de 90% do PAMc no nervo radial experimental após a injeção de lidocaína 2% sem vasoconstrictor. De acordo com dados obtidos na literatura, o tempo de performance do BPB guiado por US/ENP não difere de forma significativa na técnica guiada por ENP (CONCEIÇÃO et al., 2009), não obstante, as punções vasculares são mais frequentes na técnica guiada por estimulação de nervos periféricos. Estes dados iniciais, estão de acordo com os observados no presente estudo o qual não observou diferença significativa no tempo de performance do bloqueio. Além disso, segundo a literatura, em humanos, a

introdução da ultrassonografia na anestesia locorregional aumentou de forma significativa a taxa de sucesso, com menor tempo de latência, maior duração do bloqueio e redução das complicações associadas quando comparado com as técnicas às cegas e/ou guiados por estimulação de nervos periféricos (LIU et al. 2005; CHAN et al. 2007; KOSCIELNIAK-NIELSEN 2008; ABRAHAMS et al. 2009) fatos estes que corroboram com os obtidos nesta pesquisa. É importante salientar, que o menor volume necessário para obtenção do bloqueio anestésico pode ser um importante atrativo para o uso da ultrassonografia na anestesia locorregional em medicina veterinária, pois, dessa forma, é possível minimizar os efeitos adversos inerentes aos anestésicos locais. Além do que, mesmo com a utilização de um diminuto volume de anestésico, foi possível reduzir de forma significativa o tempo de latência da lidocaína, portanto, este fato pode encurtar o tempo necessário para o início da cirurgia e otimizar o tempo total do procedimento anestésico/cirúrgico. O presente autor acredita que estes pontos chave são vantagens incontestáveis, sobretudo, naqueles pacientes considerados de risco anestésico/cirúrgico mais elevado.

No atual estudo não se observou diferença significativa no que tange o bloqueio motor máximo o qual foi atingido após $2,5 \pm 0,5$ minutos e $2,6 \pm 0,7$ minutos no grupo US/ENP e ENP, respectivamente. Vale evidenciar, que apesar de não ter sido observado diferença significativa no tempo de bloqueio motor máximo, ambos os grupos obtiveram praticamente a mesma duração de bloqueio motor mesmo o grupo US/ENP ter tido o bloqueio efetivo realizado com 50% a menos do volume necessário utilizado no grupo ENP ($0,61 \pm 0,15$ mililitros *versus* $1,22 \pm 0,17$).

No que se refere a recuperação do bloqueio motor, apesar de não ter sido observada diferença estatística, o bloqueio guiado por US/ENP teve duração ainda maior do que o bloqueio guiado por ENP ($60,6 \pm 11,2$ minutos *versus* $55,4 \pm 10,4$ minutos) sendo caracterizados pelo acréscimo do PAMC para 90% da linha de base. Futuros estudos devem dar continuidade de modo a avaliar e comparar a diferença de bloqueio sensitivo por ambas as técnicas. Há de se ressaltar que o presente estudo trabalhou com um anestésico local com características farmacocinéticas apropriadas para um curto período de avaliação, dessa forma, o anestésico cloridrato de lidocaína sem vasoconstrictor foi eleito como o fármaco mais adequado para essa avaliação. Tendo em vista que as cirurgias ortopédicas que envolvem o membro torácico normalmente requerem maior tempo para sua completa execução, faz-se necessário a escolha de anestésicos locais cujo tempo de bloqueio motor / sensitivo sejam mais apropriado para a cirurgia proposta. Os anestésicos bupivacaína, levobupivacaína e ropivacaína surgem como excelente opções em relação ao maior tempo de bloqueio anestésico (WAKOFF et al., 2013). Os dados apresentados neste ensaio experimental em relação a comparação das técnicas de US e ENP estão de acordo com os principais resultados descritos na literatura, os quais foram obtidos de estudos em seres humanos (LIU et al. 2005; CHAN et al. 2007; KOSCIELNIAK-NIELSEN 2008; ABRAHAMS et al. 2009).

Adicionalmente, na literatura, diversos estudos vem mostrando que o contato da agulha com os nervos periféricos causam importantes injúrias celulares (STEINFELDT et al., 2010; 2011) e que as próprias soluções de anestésicos locais apresentam diferentes graus de neurotoxicidade no simples contato com o nervo periférico e/ou neuroeixo (GOLD et al., 1998; RADWAN et al., 2002; BOSELLI et al., 2003; LIRK et al., 2007). A partir dos dados obtidos neste estudo e baseado em resultados prévios da literatura, acredita-se que o uso do recurso ultrassonográfico pode aumentar a eficácia do bloqueio do plexo braquial na prática do anestesiológico veterinário e, dessa forma, oferecer mais conforto e segurança ao paciente. Dessa forma, esta tecnologia pode minimizar a ocorrência lesões celulares suscitadas pela injeção intraneural bem como a ocorrência de danos decorrentes a ação neurotóxica dos anestésicos locais. A presente pesquisa foi realizada integralmente com um aparelho de

ultrassonografia de baixo custo, facilitando, dessa forma, a inserção desta tecnologia no dia a dia do centro cirúrgico.

6.2.2 Avaliação da temperatura cutânea por termografia infravermelha

Em medicina veterinária, o uso da termografia infravermelha data da década de 60 quando Smith (1964) e Delahanty e Georgi (1965), propuseram o uso desta tecnologia em animais e sobretudo na medicina equina. Atualmente, a prática da termografia infravermelha tem crescimento substancial em medicina desportiva (EDDY et al., 2001), diagnóstica (MARTINS et al., 2013) e intervencionista (VAN HOOGMOED; SNYDER, 2002; EXPOSITO et al., 2010). Em equinos, seu uso se relaciona diretamente na investigação de distúrbios locomotores (EDDY et al., 2001) e aparenta ser uma grande ferramenta para o diagnóstico precoce da lamite quando associada ao exame clínico (MARR, 1992; WEIL et al., 1998; TURNER et al., 2001).

Na anestesia locorregional, importantes trabalhos foram realizados em seres humanos para avaliar a eficácia das diversas técnicas de bloqueios regionais (MAGNUSDOTTIR et al., 1999; GALVIN et al., 2006; WERDEHAUSEN et al., 2007; MINVILLE et al., 2009; LANGE et al., 2011) no entanto, em medicina veterinária, os dados permanecem escassos na literatura. Holmes et al. (2003) avaliaram o efeito da anestesia perineural nas imagens termográficas dos dígitos do membro torácico em cavalos hípidos, porém, segundo estes autores não houve diferença significativa no aumento da temperatura cutânea nas áreas de interesse. Há de se ressaltar que os agentes anestésicos locais influenciam de maneira variada a atividade vascular, portanto, a escolha do anestésico mepivacaína, pelos referidos autores, pode ter influenciado na não obtenção das esperadas imagens termográficas, pois, é sabido que este fármaco tem menor ação vasodilatadora do que a lidocaína (SKARDA, 1991). Os autores deste estudo elegeram a mepivacaína baseada na rotina do diagnóstico da laminite, pois, segundo estes, é o anestésico mais utilizado para o bloqueio diagnóstico. Dessa forma, acredita-se que este ensaio experimental tenha resultados negativos inconsistentes devido a conhecida farmacocinética / farmacodinâmica do mepivacaína.

No presente ensaio experimental, foi investigado a hipótese de que o bloqueio do plexo braquial em coelhos pudesse aumentar a temperatura cutânea nas respectivas áreas inervadas pelos nervos radial, musculocutâneo, medial e ulnar assim como fora descrito em seres humanos no bloqueio específico dos nervos ulnar e mediano (LANGE et al., 2011). Na referida pesquisa, o bloqueio dos nervos ulnar e mediano resultaram um aumento substancial da temperatura cutânea nas suas respectivas áreas de interesse. Estes dados corroboram com os obtidos na presente pesquisa os quais confirmaram que o bloqueio do plexo braquial guiado por US/ENP ou por ENP resultaram em um aumento substancial e significativo da temperatura cutânea nas áreas de interesse inervadas pelos nervos radial, musculocutâneo, mediano e ulnar. No entanto, há de se salientar, que a variação na TC foi mais evidente nas áreas de interesse da região dos dígitos e mão em comparação ao antebraço fato este que também está em acórdância com os observados no estudo de Lange et al. (2011). De modo a caracterizar de forma mais detalhada, a presente pesquisa dividiu as áreas de interesse em mão, dígitos e antebraço, portanto, foram escolhidas duas áreas de interesse para os nervos radial e ulnar. Dessa forma, na região do antebraço foi atribuída inervação cutânea para o nervo radial no aspecto dorsal do terço médio, nervo ulnar no aspecto lateral do terço proximal e nervo musculocutâneo no aspecto medial do terço médio; e na mão atribuiu-se inervação cutânea para o nervo radial no aspecto dorsal nos dígitos II, III e IV, nervo medial no aspecto dorsolateral do dígito V e nervo ulnar aspecto dorsolateral do dígito I.

A variação de temperatura cutânea e subsequente alteração das imagens termográficas foi observada em todos os animais após o bloqueio do plexo braquial por ambas as técnicas.

Dessa forma, foi observado um valor preditivo, sensibilidade e especificidade de 100% da termografia infravermelha na eficácia do bloqueio anestésico. Através desses dados, é possível afirmar que a termografia infravermelha é um recurso de alta precisão e precocidade para o diagnóstico da eficácia do bloqueio do plexo braquial devendo ser considerada sua utilização na pesquisa e casuística da anestesia locorregional. É importante ressaltar que seu elevado custo é uma limitação a ser ponderada e futuros estudos são necessários para investigar sua limitação em situações patológicas como fraturas, tendinopatias, neoplasias ou mesmo influências farmacológicas dos tranquilizantes, sedativos e anestésicos gerais.

É possível observar que o bloqueio do plexo braquial guiado por US/ENP suscitou aumento mais significativo da temperatura cutânea das mãos e dedos em R1, M1 e U1, portanto, é possível especular que o recurso ultrassonográfico propiciou maior dispersão distal do anestésico local. Dessa forma, estes resultados servem de base para a idealização de futuros estudos de modo a correlacionar o aumento mais contundente da temperatura cutânea da mão e dedos através da ultrassonografia com a qualidade do bloqueio anestésico. Os procedimentos cirúrgicos de terço distal de antebraço, mãos e dedos são grandes desafios para o anestesiológico veterinário, pois, além da alta casuística na ortopedia veterinária, é frequente o bloqueio incompleto do plexo braquial quando realizado às cegas ou mesmo por profissionais menos experientes. Acredita-se que com a utilização de recursos tecnológicos, como os utilizados na presente pesquisa, seja possível aumentar a qualidade do bloqueio anestésico, sobretudo, nos procedimentos cirúrgicos distais do membro torácico.

Na área de interesse do nervo ulnar (U2), no aspecto lateral do terço proximal do antebraço, observou-se uma diminuição da temperatura cutânea após o bloqueio do plexo braquial, portanto, dentre as áreas avaliadas neste estudo, esta foi a única que apresentou um padrão diferenciado. A partir destes resultados, acredita-se que a redistribuição do fluxo sanguíneo aconteça do centro do corpo em direção a periferia após o bloqueio do plexo braquial devido a vasodilatação decorrente do bloqueio simpático. É importante evidenciar, que a área de interesse de U2 é a mais proximal deste estudo, portanto, é aceitável que seja a região inicialmente mais afetada no que se refere a redistribuição do fluxo sanguíneo.

Adicionalmente, nos membros controle (antímeros contralaterais), observou-se a diminuição transitória da temperatura cutânea nas áreas de interesse do plexo braquial, portanto, é possível prever também que a vasodilatação inerente ao bloqueio anestésico, de maneira similar, influencie a redistribuição de sangue do membro não anestesiado para o membro anestesiado. Fato este que pode ser atribuído pela diminuição da resistência vascular periférica.

Nenhum estudo anterior investigou a resposta termográfica após o bloqueio do plexo braquial em animais e, somente alguns estudos investigaram a temperatura cutânea após o bloqueio do plexo braquial em seres humanos em diferentes abordagens anatômicas. Em humanos, o bloqueio do plexo braquial pela abordagem interescalênica resultou em um aumento significativo da temperatura cutânea nas áreas inervadas pelo nervo radial, ulnar e mediano, no entanto, nas áreas dos nervos musculocutâneo e axilar não houveram aumentos significativos (HERMANN et al., 2007). Ademais, as abordagens infraclavicular e axilar, em seres humanos, resultaram em aumento da temperatura cutânea nos dermatômos anestesiados (GALVIN et al., 2006; MINVILLE et al., 2009). Lange et al. (2011) observaram em seu estudo que a combinação dos bloqueios dos nervos ulnar e mediano podem causar um aumento substancial na temperatura cutânea das mãos e do pulso com a maior variação na ponta dos dedos.

Os mecanismos relacionados ao aumento da temperatura cutânea após a realização dos bloqueios dos nervos mediano e ulnar não são totalmente conhecidos. Existem evidências que a primeira resposta é o aumento da temperatura cutânea das mãos e dos dedos. Esta possibilidade pode ser explicada pela abertura das anastomoses arteriovenosas nos dedos

promovida pelo bloqueio específico de fibras simpáticas (LEHTIPALO et al., 2000). Dessa forma, devido a diminuição da resistência vascular periférica após o bloqueio do plexo braquial o fluxo sanguíneo aumenta de forma mais substancial na mãos e dedos, pois, por diferença de pressão, é esperado este perfil de redistribuição sanguínea. Em resumo, pode-se considerar que o aumento do fluxo sanguíneo na extremidade distal dos membros torácicos dilatam as veias nas proximidades e a temperatura cutânea aumenta proximal e lateralmente ao longo desta veias, causando inicialmente uma distribuição não homogênea. Assim como mencionado por Lange et al. (2011), acredita-se que o aumento da temperatura cutânea proximal a região de mãos e dedos foram somente uma consequência secundária a este fenômeno. Esta explicação está de acordo com resultados prévios obtidos em um outro estudo realizado em membros pélvicos (WERDEHAUSEN et al., 2007).

O bloqueio dos nervos que possuem fibras simpáticas como o plexo braquial, pode promover vasodilatação similar aquela observada após o bloqueio epidural lombar. Sabe-se que os bloqueios locorreionais inibem o controle central termorregulador através do bloqueio do sistema nervoso simpático periférico e dos nervos motores, que abolem a vasoconstrição e os tremores (EMERICK et al., 1994; LESLIE; SESSLER, 1996). No bloqueio do neuroeixo, por exemplo, a redistribuição fica restrita aos membros inferiores e continua sendo a principal causa de hipotermia peri-operatória nestes pacientes. As regiões que não estão sob bloqueios simpático e motor podem desencadear respostas termorreguladoras se o limiar reduzido dos tremores for atingido e o paciente não estiver excessivamente sedado (KURZ et al., 1995; MATZUWAKA et al., 1995).

As temperaturas basais das áreas inervadas pelos nervos musculocutâneo e radial foram maiores do que as observadas nas áreas inervadas pelos nervos ulnar e mediano. Esse fato se relaciona as aferições de temperatura mais altas quando aferidas mais próxima do centro do corpo em detrimento a periferia e pode perfeitamente refletir no aumento mais substancial observado na áreas inervadas pelos nervos ulnar e mediano.

Na presente pesquisa, a temperatura cutânea foi monitorada somente durante 20 minutos, no entanto, pode-se afirmar que cada nervo fora devidamente embebido pelo anestésico local, uma vez que o aumento da temperatura cutânea nas áreas de interesse dos nervos radial (R1), mediano (M1) e ulnar (U1), se instalou rapidamente após o bloqueio anestésico, portanto, não foi associado ao aumento mais discreto da temperatura nas áreas de interesse dos nervos radial (R2) e musculocutâneo (MC1) pelo curto período de medições. Por fim, a presente pesquisa optou por um curto período de mensurações em razão do padrão farmacocinético da lidocaína 2% sem vasoconstrictor. A partir dos resultados obtidos neste estudo, acredita-se que futuros ensaios experimentais possam ser interessantes de modo a comparar diferentes tipos de anestésicos locais no que se refere a variação da temperatura cutânea.

A partir deste estudo, observa-se que a distribuição das fibras do sistema nervoso autônomo simpático é complexa e com isso influencia a resposta termográfica após o bloqueio do plexo braquial em diferentes abordagens anatômicas, não sendo totalmente compreendida. Futuros estudos clínicos são necessários para avaliar a correlação da variação da temperatura cutânea com a área analgesiada.

7- CONCLUSÕES

Com base nos métodos utilizados e resultados obtidos neste estudo conclui-se que:

- O bloqueio do plexo braquial guiado por ultrassonografia (US) com auxílio da estimulação de nervos periféricos (ENP) é uma técnica eficaz e de fácil reprodutibilidade no modelo experimental utilizado;
- O BPB guiado por US/ENP requereu menor volume de anestésico local, proporcionou menor tempo de latência motora e maior tempo de bloqueio motor quando comparado ao bloqueio guiado por ENP;
- A mensuração da temperatura cutânea por termografia infravermelha apresentou valor preditivo, sensibilidade e especificidade de 100% no diagnóstico da eficácia do bloqueio do plexo braquial;
- As semelhanças anatômicas entre o coelho e os animais de companhia (cães e gatos) e os seres humanos permitem o adequado treinamento do anestesista neste modelo experimental e pode ser o marco para o aprimoramento das técnicas guiadas por estimulação de nervos periféricos e ultrassonografia.

8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHAMAS, M.S.; AZIZ, M.F.; FU, R.F.; HORN, J.L. Ultrasound guidance compared with electrical neurostimulation for peripheral nerve block: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. **British Journal of Anaesthesia**, v. 102, n. 3, p. 408-417, 2009.
- ALLAN, M. W.; LEE, D. G.; NULSEN, F. E.; FORTUNE, E. A. The anatomy of the prachial plexus of the dog. **The Anatomical Record**, v. 114, [s.n], p. 173-180, 1952.
- ALTERMATT, F.R.; CUMMINGS, T.J.; AUTEN, K.M.; BALDWIN, M.F.; BELKNAP, S.W.; REYNOLDS, J.D. Ultrasonographic appearance of intraneural injections in the porcine model. **Regional Anesthesia and Pain Medicine**, v. 35, n.2, p. 203-206, 2010.
- AMATO, A.; FREITAS, S.; VELOSO, P.; CORREIA, T.; SANTOS, S.; AMATO, R. Treinamento de punção ecoguiada com modelo de gelatina. **Jornal Vascular Brasileiro**, <http://dx.doi.org/10.1590/1677-5449.0088>, 2015.
- ANDREAE, M.H.; ANDREAE, D.A. Local anaesthetics and regional anaesthesia for preventing chronic pain after surgery. **Cochrane Database Systematic Review**, 10:CD007105. doi: 10.1002/14651858.CD007105.pub2.
- ANSON, A.; LAREDO, F.G.; GIL, F.; SOLER, M.; BELDA, E.; AGUTA, A. Evaluation of an ultrasound-guided technique for axillary brachial plexus blockade in cats. **Journal of Feline Medicine and Surgery**, pii: 1098612X15618703. [Epub ahead of print], 2016.
- ANSON, A.; LAREDO, F.G.; GIL, F.; SOLER, M.; BELDA, E.; AYALA, M.D.; AGUT, A. Comparison of two techniques for ultrasound-guided axillary brachial plexus blockade in cats. **Journal of Feline Medicine and Surgery**, v. 17, n. 6, p. 476-485, 2015.
- ANSON, A.; GIL, F.; LAREDO, F.G.; SOLER, M.; BELDA, E.; AYALA, M.D.; AGUT, A. Correlative ultrasound anatomy of the feline brachial plexus and major nerves of the thoracic limb. **Veterinary Radiology and Ultrasound**, v. 54, n. 2, p. 185-193, 2013.
- ASGHAR, S.; LUNDSTROM, L.H.; BJERREGAARD, L.S.; LANGE, K.H. Ultrasound-guided lateral infraclavicular block evaluated by infrared thermography and distal skin temperature. **Acta Anaesthesiology Scandinava**, v. 57, n.7, p. 867-874, 2014.
- ATANASSOFF, P.G.; KELLY, D.J.; AYOUB, C.M.; BRULL, S.J. Electromyographic Assessment of Ulnar Nerve Motor Block Induced by Lidocaine. **Journal of Clinical Anesthesia**, v. 10, [s.n], p. 641-645, 1998.
- ATANASSOFF, P.G.; WEISS, B.M.; BRULL, S.J.; HORST, A.; KULLING, D.; STEIN, R.; THEILER, I. Compound motor action potential recording distinguishes differential onset of motor block of the obturator nerve in response to etidocaine or bupivacaine. **Anesthesia and Analgesia**, v. 82, n. 2, p. 317-320, 1996.
- ATANASSOFF, P.G.; WEISS, B.M.; BRULL, S.J.; HORST, A.; KULLING, D.; STEIN, R.; THEILER, I. Electromyographic comparison of obturator nerve block to three-in-one block. **Anesthesia and Analgesia**, v. 81, [s.n], p. 529-533, 1995.

- AUTIO, E.; HEISKANEN, M.L.; MONONEN, J. Thermographic evaluation of the lower critical temperature in weanling horses. **Journal of Applied Animal Welfare and Science**. v. 10, n. 3, p. 207-216, 2007.
- AUTIO, E.; NESTE, R.; AIRAKSINEN, S.; HEISKANEN, M.L. Measuring the heat loss in horses in different seasons by infrared thermography. **Journal of Applied Animal Welfare and Science**. v. 9, n. 3, p. 211-221, 2006.
- BAHR ARIS, M. V.; BRACARENSE, A. P. F. L.; STOPIGLIA, A. J. Avulsão do plexo braquial em cães. Biópsia fascicular e histologia dos nervos radial, mediano, ulnar e musculocutâneo. **Ciência Rural**, v.27, [s.n], p.81-85, 1997.
- BAILEY, C.S.; KITCHELL, R.L. Clinical evaluation of the cutaneous innervation of the canine thoracic limb, **Journal of American Animal Hospital Association**, 20:939-950, 1984.
- BAILEY, C.S.; KITCHELL, R.L.; JOHNSON, R.D. Spinal nerve root origins of the cutaneous nerves arising from the canine brachial plexus, **American Journal of Veterinary Research**, v. 43, p. 820-825, 1982.
- BARANOWSKI, A.P.; PITHER, C.E. A comparison oh three methods of axillary brachial plexus anaesthesia, **Anaesthesia**, v. 45, n.5, p. 362-365, 1990.
- BASHEIN, G.; HASCHKE, R.H.; READY, L.B. Electrical nerve location: numerical and electrophoretic comparison of insulated vs uninsulated needles. **Anesthesia and analgesia**, v. 63, n. 10, p. 919-924, 1984.
- BECKER, D.E.; REED, K.L. Local anesthetics: review of pharmacological considerations. **Anesthesia Progress**, v. 59, n. 2, p. 90-101, 2012.
- BHOJANI, S. A.; PARSANIA, R. R.; VYAS, K. N. A new approach for the brachial plexus block in cattle and buffalo. **Indian Veterinary Journal**, v. 58, n. 10, p. 777-779, 1981.
- BOSELLI, E.; DUFLO, F.; DEBON, R.; ALLAOCHICHE, B.; CHASSARD, D.; THOMAS, L.; PORTOUKALIAN, J. The induction of apoptosis by local anesthetics: a comparison between lidocaine and ropivacaine. **Anesthesia and analgesia**, v. 96, n.3, p. 755-756, 2003.
- BOWERS, S.; GANDY, S.; ANDERSON, B.; RYAN, P.; WILLARD, S. Assessment of pregnancy in the late-gestation mare using digital infrared thermography. **Theriogenology**, v. 72, n. 3, p. 372-377, 2009.
- BRAS, S.; FERREIRA, D.A.; ANTUNES, L.; RIBEIRO, L.; NUNES, C.S.; GOUVEIA, S. EMG contributes to improve cerebral state index modeling in dogs anesthesia. **Conference proceedings: Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society**, p. 6593-6596, 2011.
- BREIVIK, H.; NORUM, H.M. Regional analgesia - risks and benefits. **Journal of the Norwegian Medical Association**, v. 130, n. 4, p. 392-397, 2010.

BRINKMANN, S.; MITCHELL, C.H.; HOCKING, G. Assessment of a single-operator real time ultrasound-guided epidural technique in a porcine phantom. **Canadian Journal of Anaesthesia**, v. 59, n. 3, p. 323-324, 2012.

BROMAGE, P.R. A comparison of the hydrochloride and carbon dioxide salts of lidocaine and prilocaine in epidural analgesia. **Acta Anaesthesiology Scandinava Suppl**, v. 16, p. 55-69, 1965.

BROMAGE, P.R.; BURFOOT, M.F.; CROWELL, D.E.; PETTIGREW, R.T: Quality of epidural blockade. I: influence of physical factors. **British Journal of Anaesthesiology**, v. 36, p. 342-352, 1964.

CAMPOY, L.; BEZUIDENHOUT, A.J.; GLEED, R.D.; MARTIN-FLORES, M.; RAW, R.M.; SANTARE, C.L.; JAY, A.R.; WANG, A.L. Ultrasound-guided approach for axillary brachial plexus, femoral nerve, and sciatic nerve blocks in dogs. **Veterinary Anesthesia and Analgesia**, v. 37, n. 2, p. 144-153, 2010.

CAMPOY, L.; MARTIN-FLORES, M.; LOONEY, A.L.; ERB, H.N.; LUDDERS, J.W.; STEWART, J.E.; GLEED, R.D.; ASAKAWA, M. Distribution of lidocaine-methylene blue solution staining in brachial plexus, lumbar plexus and sciatic nerve blocks in the dog. **Veterinary anaesthesia and analgesia**, v. 35, n. 4, p. 348-354, 2008.

CARPENTER, M.B. 1978. **Neuroanatomia Humana**. 7ª ed. Interamericana, Rio de Janeiro. 770p.

CATTERALL, W.A.; SWANSON, T.M. Structural basis for pharmacology of voltage-gated sodium and calcium channels. **Molecular Pharmacology**, v.88, n. 1, p. 141-150, 2015.

CELESTE, C.J.'DESCHESNE, K.; RILEY, C.B.; THEORET, C.L. Skin temperature during cutaneous wound healing in an equine model of cutaneous fibroproliferative disorder: kinetics and anatomic site differences. **Veterinary Surgery**, v. 42, n.2, p. 147-153, 2013.

CHAN, V.W.; PERLAS A, MCCARTNEY, C.J. Ultrasound guidance improves success rate of axillary brachial plexus block. **Canadian Journal of Anaesthesiology**, v.54, p. 176-182, 2007.

CHIU, C.H.; KUO, Y.K.; HSU, H.T.; CHU, K.S.; SHIEH, C.F. Continuous infraclavicular block for forearm amputation after being bitten by a saltwater crocodile (*Crocodylus porosus*): a case report. **Kaohsiung Journal and Medical Science**, v. 25, n. 8, p. 455-459, 2009.

CONCEIÇÃO, D.B.; HELAYEL, P.E.; CARVALHO, F.A; WOLLMEISTER, J.; FILHO, G.R. Imagens ultrassonográficas do plexo braquial na região axilar. **Revista Brasileira de Anestesiologia**, v. 57, n. 6, p. 684-689, 2007.

CONCEIÇÃO, D.B.; HELAYEL, P.E.; FILHO, G.R. Estudo Comparativo entre Ultrassom e neuroestimulação no bloqueio do plexo braquial pela via axilar. **Revista Brasileira de Anestesiologia**, v. 59, n.5, p. 585-591, 2009.

CRUZ G.A.; ADAMI, M. Anatomia do plexo braquial de macaco-barrigudo (*Lagothrix lagothricha*). **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 30, p. 881-886, 2010.

CURATOLO, M.; PETERSEN-FELIX, S.; ARENDT-NIELSEN, L. Assessment of regional analgesia in clinical practice and research. **British Medical Bulletin**, v. 31, n.71, p. 61-76, 2004.

DA CUNHA, A.F.; STRAIN, G.M.; RADEMACHER, N.; SCHNELLBACHER, R.; TULLY, T.N. Palpation and ultrasound-guided brachial plexus blockade in Hispaniolan Amazon parrots (*Amazona ventralis*). **Veterinary Anesthesia and Analgesia**, v. 40, n.1, p. 96-102, 2013.

DELAHANTY, D.D.; GEORGI, J.R. Thermography in equine medicine. **Journal of American Veterinary and Medical Association**, v. 1, n. 147, p. 235-238, 1965.

DYCE, K.M.; SACK, W.O.; WENSING, C.J. **Tratado de Anatomia Veterinária**. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 663p, 1997.

ECHEVERRY, D.F.; GIL, F.; LAREDO, F.; AYALA, M.D.; BELDA, E.; SOLER, M.; AGUT, A. Ultrasound-guided block of the sciatic and femoral nerves in dogs: a descriptive study. **Veterinary Journal**, v. 186, n. 2, p. 210-215, 2010.

EDDY, A.L.; VAN HOOGMOED, L.M.; SNYDER, J.R. The role of thermography in the management of equine lameness. **Veterinary Journal**, v. 162, n. 3, p. 172-181, 2001.

EMERICK, T.H.; OZAKI, M.; SESSLER, D.I. Epidural anesthesia increases apparent leg temperature and decreases the shivering threshold. **Anesthesiology**, v. 81, p. 289-298, 1994.

ENGBAEK, J. Monitoring of neuromuscular transmission by electromyography during anaesthesia. A comparison with mechanomyography during anaesthesia. A comparison with mechanomyography in cat and man. **Danish medical bulletin**, v. 43, n. 4, p. 301-316, 1996.

EVANS, H. E.; DELAHUNTA, A. Spinal nerves. In: **Millers anatomy of the dog**. 4th. ed. St Louis, Missouri, 2013. p. 611-657.

EVANS, H. E.; DELAHUNTA, A. Pescoco, tórax e membro torácico. In: **Guia para a dissecação do cão**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. p. 103-107.

EXPOSITO, G.; ROSSI, F.; PUCA, A.; ALBANESE, A.; SABATINO, G.; MATTEINI, P.; LOFRESE, G.; MAIRA, G.; PINI, R. An experimental study on minimally occlusive laser-assisted vascular anastomosis in bypass surgery: the importance of temperature monitoring during laser welding procedures. **Journal of biological regulators and homeostatic agents**, v. 24, n. 3, p. 307-315, 2010.

FIORETTO, E.T.; CASTRO, M.F.S.; GUIDI, W.L.; MAINARDI, R.; DE SOUZA, R.R.; RIBEIRO, A.A.C.M. Gross anatomic organization of the capybara's brachial plexus (*Hydrochaeris hydrochaeris*). **Anatomia, Histologia e Embryologia**, v. 32, p.169- 174, 2003.

FITTING, J.W.; EASTON, P.A.; ARNOUX, R.; GUERRATY, A.; GRASSINO, A. Effect of anesthesia on canine diaphragm length. **Anesthesiology**, v. 66, n. 4, p. 531-536, 1987.

FONSECA, C.; SERVER, A.; ESTEVES, M.; BARASTEGUI, D.; ROSAL, M.; FONTECHA, C.; SOLDADO, F. An ultrasound-guided technique for axillary brachial plexus nerve block in rabbits. **Laboratory Animal**, v. 44, n. 5. p. 184, 2015.

FRANDSON, R.D. **Anatomia e fisiologia dos animais domésticos**. 5. ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1979. p. 60-61.

FUTEMA, F.; FANTONI, T. D.; JÚNIOR, J. O. C. A.; CORTOPASSI, S. R. G.; ACAUI, A.; STOPIGLIA, A.J. Nova técnica do bloqueio do plexo braquial em cães. **Ciência Rural**, v. 29, n.1, p. 63-69, 1999.

GADNER, GRAY & O'RAHILLY. **Anatomia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1971. 274p.

GALVIN, E.M.; NIEHOF, S.; MEDINA, H.J.; ZIJSTRA, F.J.; VAN BOMMEL, J.; KLEIN, J.; VERBRUGGE, S.J. Thermographic temperature measurement compared with pinprick and cold sensation in predicting the effectiveness of regional blocks. **Anesthesia and Analgesia**, v. 102, n. 2, p. 598-604, 2006.

GHOSHAL, N.G. Nervos espinhais. In: SISSON, S; GROSSMAN, J.D. **Anatomia dos animais domésticos**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1986. p.1597-1600. de Janeiro: Guanabara Koogan, 1986. p.1597-1600.

GOULDEN, B.E.; BARNES, G.R.; QUINLAN, T.J. The electromyographic activity of intrinsic laryngeal muscles during quiet breathing in the anaesthetized horse. **New Zealand Veterinary Journal**, v. 24, n. 8, p. 157-162, 1976.

GREENBLATT, G.M.; DENSOS, J.S. Needle nerve stimulator/locator: nerve blocks with a new instrument for locating nerves. **Anesthesia and Analgesia**, v, 41, p. 599-602, 1962.

GREGORI, T.; VISCASILLAS, J.; BENIGNI, L. Ultrasonographic anatomy of the sacrococcygeal region and ultrasound-guided epidural injection at the sacrococcygeal space in dogs. **Veterinary Record**, v. 175, n. 3, p. 68, 2014.

GUILHERME, S.; BENIGNI, L. Ultrasonographic anatomy of the brachial plexus and major nerves of the canine thoracic limb. **Veterinary Radiology and Ultrasound**, v. 49, n. 6, p. 577-583, 2008.

HAHNENKAMP, K.; HERROEDER, S.; HOLLMANN, M.W. Regional anaesthesia, local anaesthetics and the surgical stress response. **Best Practice Research and Clinic Anaesthesiology**, v. 18, n.3, p. 509-527, 2004.

HELAYEL, P.E.; CONCEIÇÃO, D.B.; NASCIMENTO, B.S.; FILHO, G.R. Bloqueios nervosos guiados por ultra-som. **Revista Brasileira de Anestesiologia**, v. 57, n.1, p.106-123, 2007.

HELAYEL, P.E.; CONCEIÇÃO, D.B.; NASCIMENTO, B.S.; KOHLER, A.; BOOS, G.L.; FILHO, G.R. Curva de aprendizado da sonoanatomia do plexo braquial na região axilar. **Revista Brasileira de Anestesiologia**, v. 59, n.2, p. 106-123, 2009.

HEPBURN, D. The comparative anatomy of the muscles and nerves of the superior and inferior extremities of the anthropoid apes. Part I. **Journal of Anatomy and Pshysiology**, London, p. 149-185, 1891.

HERMANNNS, H.; BRAUN, S.; WERDEHAUSEN, R.; WERNER, A.; LIPFERT, P.; STEVENS, M.F. Skin temperature after interscalene brachial plexus blockade. **Regional Anesthesia and Pain Medicine**, v. 32, p. 481–487, 2007.

HERRINGHAM, W. P. The minute anatomy os the brchial plexus. **Poe. Roy. Soc. Lond**, v. 41, p. 423-441, 1886.

HODGSON, P.S.; LIU, S.S. Epidural lidocaine decreases sevoflurane requirement for adequate depth of anesthesia as measured by the Bispectral index monitor. **Anesthesiology**, v. 94, n.5, p. 799-803, 2001.

HOLMES, L.C.; GAUGHAN, E.M.; GORONDY, D.A.; HOGGE, S.; SPIRE, M.F. The effect of perineural anesthesia on infrared thermographic images of the forelimb digits of normal horses. **Canadian Veterinary Journal**, v. 44, n. 5, p. 392-396, 2003.

HOLTE, K.; KEHLET, H. Epidural anaesthesia and analgesia – effects on surgival stress responses and implications for postoperative nutrition. **Clinical Nutrition**, v. 21, n.3, p. 199-206, 2002.

IMANI, F.; HEMATI, K.; RAHIMZADEH, P.; KAZEMI, M.R.; HEJAZIAN, K. Effectiveness of stellate ganglion block under fuoroscopy or ultrasound guidance in upper extremity CRPS. **Journal of Clinical and Diagnostic Research**, v.10(1):UC09-12. doi: 10.7860/JCDR/2016/14476.7035. Epub 2016 Jan 1.

INTELIZANO, R. T.; SANTOS, P. R.; FUTEMA, F.; OTSUKI, D. A.; ALMEIDA, T. I. Técnicas de anestesia local. In: FANTONI, D. T.; CORTOPASSI, S. R. G. **Anestesia em cães e gatos**. 1. ed. São Paulo. Rocca, p. 199-205, 2002

IRANI, K.D.; GRABOIS, M.; HARVEY, S.C. Standardized technique for diagnosis of tarsal tunnel syndrome. **American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation**, v. 61, n. 1, p. 26-31, 1982.

IWAMOTO, J.; YAMAGISHI, N.; SASAKI, K.; KIM, D.; DEVKOTA, B.; FURUHAMA K. A novel technique of ultrasound-guidance brachial plexus block in calves. **Research and Veterinary Science**, v. 93, n.3, p. 1467-1471, 2012.

JOHNSON, E.O.; VEKRIS M., DEMESTICHA T. & SOUCACOS P.N. Neuroanatomy of the brachial plexus: normal and variant anatomy of its formation. **Surgical and Radiologic Anatomy**, v. 32, p. 291-297, 2010.

KEHLET, H; DAHL, J.B. Anaesthesia, surgery, and challenges in postoperative recovery. **The Lancet**, v. 362, n. 939, p. 1921-1928, 2003.

KEHLET, H. The modifying effect of anesthetic technique on the metabolic and endrocine responses to anesthesia and surgery. **Acta Anaesthesiology Belgica**, v. 39, n. 3, p. 143-146, 1988.

KERR, A. T. The brachial plexus of nerves in man, the variations in its formation and branches. **American Journal of Anatomy**, v. 23, p. 285-395, 1918

KHODULEV, V.I.; NECHIPURENKO, N.I.; ANTONOV, I.P. Electroneuromyographic study of the median nerve: peculiarities of M-response from the anterior forearm muscles during stimulation of the brachial plexus. **Zhurnal nevrologii i psikiatrii imeni S.S. Korsakova**, v. 106, n. 9, p. 47-51, 2006.

KHODULEV, V.I. Electroneuromyographic study of the radial nerve at the brachial level: standard values and conduction block. **Zhurnal nevrologii i psikiatrii imeni S.S. Korsakova**, v. 106, n. 7, p. 35-40, 2006.

KIMELI, P.; MOGOA, E.M.; MWANGI, W.E.; KIPYEGON, A.N.; KIRUI, G.; MUASYA, D.W.; MANDE, J.D.; KARIUKI, E.; MIJELE, D. Use of brachial plexus blockade and medetomidine-ketamine-isoflurane anaesthesia for repair of radio-ulna fracture in an adult cheetah (*Acinonyx jubatus*). **BMC Veterinary Research**, v. 10, n. 249, doi: 10.1186/s12917-014-0249-9, 2014.

KIMURA, T.; GODA, Y.; KEMMOTSU, O.; SHIMADA, Y. Regional differences in skin blood flow and temperature during spinal anaesthesia. **Canadian Journal of Anaesthesia**, v. 39, n.2, p. 123-127, 1992.

KITCHELL, R.L.; WHALEN, L.R.; BAILEY, C.S. Electrophysiologic studies of cutaneous nerves of the thoracic limb of the dog, **American Journal of Veterinary Research**, v. 41, p. 61-76, 1980.

KLEIN, S.M.; MELTON, M.S.; GRILL, W.M.; NIELSEN, K.C. Peripheral nerve stimulation in regional anesthesia. **Regional Anesthesia and Pain Medicine**, v. 37, n.4, p. 383-392, 2012.

KOIZUMI, M.; SAKAI, T. On the morphology of the brachial plexus of the platypus (*Ornithorhynchus anatinus*) and the echidna (*Tachyglossus aculeatus*). **Journal of Anatomy**, v.190, p. 447-455,1996.

KOPP, P. *Über die Verteilung und das topographische Verhalten der Nerven an der Hand der Fleischfresser*, Inaugural Dissertation, 1901, Bern.

KOSCIELNIAK-NIELSEN, Z.J. Ultrasound-guided peripheral nerve blocks: what are the benefits? **Acta Anaesthesiologia Scandinavica**, v. 52, p. 727-737, 2008.

KOSCIELNIAK-NIELSEN, Z.J.; STENS-PEDERSEN, H.L.; LIPPERT, F.K. Readiness for surgery after axillary block: single or multiple injection techniques. **European Journal of Anaesthesiology**, v. 14, n. 2, p. 164-171, 1997.

KURZ, A.; SESSLER, D.I.; BIRNBAUER, F.; ILLIEVICH, U.M.; SPISS, C.K. Thermoregulatory vasoconstriction impairs active core cooling. **Anesthesiology**, v. 82, n.4, p. 870-876, 1995.

KURZ, A.; SESSLER, D.I.; SCHROEDER, M. Thermoregulatory response thresholds during spinal anesthesia. **Anesthesia and Analgesia**, v. 77, p. 721-726, 1993.

KYLES, K.W.; MCGORUM, B.C.; FINTL, C.; HAHN, C.N.; MAUCLINE, S.; MAYHEW, I.G. Electromyography under caudal epidural anaesthesia as an aid to the diagnosis of equine motor neuron disease. **Veterinary Record**, v. 148, n. 17, p. 536, 538, 2001.

LANGE, K.H.; JANSEN, T.; ASGHAR, S.; KRISTENSEN, P.L.; SKJØNNEMAND, M.; NØRGAARD, P. Skin temperature measured by infrared thermography after specific ultrasound-guided blocking of the musculocutaneous, radial, ulnar, and median nerves in the upper extremity. **British Journal of Anaesthesia**, v. 106, n.6, p. 887-895, 2011.

LEHTIPALO, S.; WINSO, O.; KOSKINEN, L.O.; JOHANSSON, G.; BIBER, B. Cutaneous sympathetic vasoconstrictor reflexes for the evaluation of interscalene brachial plexus block. **Acta Anaesthesiologia Scandinavica**, v. 44, p. 946-952, 2000.

LESLIE, K.; SESSLER, D.I. Reduction in the shivering threshold is proportional to spinal block height. **Anesthesiology**, v. 84, p. 1327-1331, 1996.

LIRK, P.; HALLER, I.; COLVIN, H.P.; FRAUSCHER, S.; KIRCHMAIR, L.; GERNER, P.; KLIMASCHEWSKI, L. In vitro, lidocaine-induced axonal injury is prevented by peripheral inhibition of the p38 mitogen-activated protein kinase, but not inhibiting caspase activity. **Anesthesia and analgesia**, v. 105, n. 6, p. 1657-1664, 2007.

LIU, F.C.; LIOU, J.T.; TSAI, Y.F. Efficacy of ultrasound-guided axillary brachial plexus block: a comparative study with nerve stimulator-guided method. **Chang Gung Medicine Journal**, v. 28, p. 396-402, 2005.

MAGNÚSDÓTTIR, H.; KIRNO, K.; RICKSTEN, S.E.; ELAM, M. High thoracic epidural anesthesia does not inhibit sympathetic nerve activity in the lower extremities. **Anesthesiology**, v.91, n.5, p. 1299-1304, 1999.

MANANI, G.; VECCHINI, L.; GRITTI, G.; GASPARETTO, A. Neuromuscular block induced with procaine amide. **Acta Anaesthesiologia**, v. 19, suppl. 4, p. 16-39, 1968.

MARHOFER, P.; CHAN, V.W. Ultrasound-guided regional anesthesia: current concepts and future trends. **Anesthesia and Analgesia**, v.104, n.5, p. 1265-1269, 2007.

MARR, C.M. Microwave thermography: a non-invasive technique for investigation of injury of the superficial digital flexor tendon in the horse. **Equine**, v. 24, p. 269-273, 1992.

MARTINS, R.F.; DO PRADO, P.T.; DE ABREU, C.C.; STEFANO, B.; DE MELO, C.B.; LOUVANDINI, H.; MC MANUS, C. Mastitis detection in sheep by infrared thermography. **Research and Veterinary Science**, v. 94, n. 3, p. 722-724, 2013.

MATSUKAWA, T.; KURZ, A.; SESSLER, D.I. Propofol linearly reduces the vasoconstriction and shivering thresholds. **Anesthesiology**, v. 82, p. 1169-1180, 1995.

- MENCALHA, R.; SANTOS-SOUSA, C.A.; COSTA, O.M.; ABIDU-FIGUEIREDO, M. Ultrasound and Gross Anatomy of the Brachial Plexus and Major Nerves of the Forelimb: An Anesthetic Approach Using the Domestic Rabbit (*Oryctolagus Cuniculus*) as an Experimental Model. **Acta Cirurgica Brasileira**, v. 31, n.4, 2016.
- MENCALHA, R.; FERNANDES, N.; SOUSA, C.A.; ABIDU-FIGUEIREDO, M. A cadaveric study to determine the minimum volume of methylene blue to completely color the nerves of brachial plexus in cats. An update in forelimb and shoulder surgeries. **Acta Cirurgica Brasileira**, v. 29, n.6, p. 382-388, 2014.
- MENESES, M. S. **Neuroanatomia aplicada**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999. 360 p.
- MENON, M.K.; TSENG, L.F.; LOH, H.H.; CLARK, W.G. An electromyographic method for the naloxone-induced abstinence in morphine-dependent rats. **Naunyn Schmiedebergs Archives of Pharmacology**, v. 312, n. 1, p. 43-49, 1980.
- MINVILLE, V.; GENDRE, A.; HIRSCH, J.; SILVA, S.; BOURDET, B.; BARBERO, C.; FOURCADE, O.; SAMII, K.; BOUAZIZ, H. The efficacy of skin temperature for block assessment after infraclavicular brachial plexus block. **Anesthesia and Analgesia**, v. 108, n.3, p. 1034-1036, 2009.
- MIZUNO N. The brachial plexus of a Capuchin Monkey (*Cebus capucinus*). **Primate**, v.10, n.1, p. 37-40, 1969a.
- MOENS, Y.; LAGERWEIJ, E.; GOOTJES, P.; POORTMAN, J. Distribution of inspired gas to each lung in the anaesthetised horse and influence of body shape. **Equine Veterinary Journal**, v. 27, n. 2, p. 110-116, 1995.
- MOORE, K. L.; DALLEY, A. F. **Anatomia orientada para a clínica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. 1023 p.
- MORROS, C.; PÉREZ-CUENCA, M.D.; SALA-BLANCH, X.; CEDÓ, F. Ultrasound-guided axillary brachial plexus block: learning curve and results. **Revista española de anestesiología y reanimación**, v. 58, n.2, p. 74-79, 2011.
- MOSING, M.; REICH, H.; MOENS, Y. Clinical evaluation of the anaesthetic sparing effect of brachial plexus block in cats. **Veterinary Anesthesia and Analgesia**, v. 37, n.2, p. 154-161, 2010.
- MOURA, C. E. B.; ALBUQUERQUE, J. F. G.; MAGALHÃES, M. S.; SILVA, N. B.; OLIVEIRA, M. F.; PAPA, P. C. Análise comparativa da origem do plexo braquial de catetos (*Tayassu tajacu*). **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 27, n. 9, p. 357-362, 2007.
- NARAHASHI, E.; CALDANA W.C.; ZONER, C.; HONDA, E.; CAPORRINO, F.A.; MINE, F.; YAMADA, V.L.; AMARAL, D.T.; NATOUR, J.; FERNANDES, A.R. Diagnóstico por imagem do plexo braquial. **Revista Brasileira de Reumatologia**. v. 45,n.4, p. 245-249, 2010.
- NINANE, V.; LECOQ, J.P.; FONTAINE, R.; BRICHANT, J.F. Regional anesthesia: an extra-benefit for our patientes. **Revue Médicale de Liège**, v. 70, n. 1, p. 27-31, 2015.

NUIJENS, F.W.; SNELDERWAARD, P.C.; BOUT, R.G. An electromyographic technique for small animals. **Journal of Neuroscience Methods**, v. 76, n. 1, p. 71-73, 1997.

NUTT, P. Brachial plexus analgesia in dogs. **The Veterinary Record**, v. 24, n.32, p.874-876, 1962.

OBERNDORFER, U.; MARHOFER, P.; BOSENBERG, A.; WILLSCHKE, H.; FELFERNIG, M.; WEINTRAUD, M.; KAPRAL, S.; KATTNER, S.C. Ultrasonographic guidance for sciatic and femoral nerve blocks in children. **British Journal of Anaesthesiology**, v. 98, n. 6, p. 797-801, 2007.

OCHIAI, R.; GUTHRIE, R.D.; MOTOYAMA, E.K. Effects of varying concentrations of halothane on the activity of the genioglossus, intercostals, and diaphragm in cats: an electromyographic study. **Anesthesiology**, v. 70, n.5, p. 812-816, 1989.

OTERO, P. Drogas Analgésicas. In: OTERO, P. E. **Dor Avaliação e Tratamento em Pequenos Animais**. São Paulo, Interbook Com. Imp. Livros Ltda, p. 96-108, 293p, 2005.

PAQUERON, X.; GENTILI, M.E.; WILER, J.C.; CORIAT, P.; RIOU, B. Time sequence of sensory changes after upper extremity block: swelling sensation is an early and accurate predictor of success. **Anesthesiology**, v. 101, n.1, p. 162-168, 2004.

PARADA, H.; PINEDA, U.H.; LAGUNAS, E.M.; VIDAL, H.A. Variaciones anatómicas de las ramas raquídeas que constituyen los troncos de origen del plexo braquial. **Anal of Anatomy**. Normal 7:32-36, 1989.

PASCOE, P. Local and regional anesthesia and analgesia. **Seminars in Veterinary Medicine and Surgery (Small Animals)**, v.12, n.2, p.94-105, 1997.

PATERSON, A.M. The limb plexuses of mammals. **Journal of Anatomy and Physiology**, v.21, p.611-634, 1887

PEETS, J.M.; POMERANZ, B. Studies in suppression of nocifensive reflexes measured with tail flick electromyograms and using intrathecal drugs in barbiturate anesthetized rats. **Brain Research**, v. 416, n.2, p. 301-307, 1987.

PORTELA, D.A.; RASCHI, A.; OTERO, P.E. Ultrasound guided mid-humeral block of the radial, ulnar, median and musculocutaneous (RUMM block) nerves in a dog with traumatic exposed metacarpal luxation. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v. 40, n. 5, p. 552-554, 2013.

PORTELA, D.A.; ROMANO, M.; BRIGANTI, A. Retrospective clinical evaluation of ultrasound guided transverse abdominis plane block in dogs undergoing mastectomy. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v. 41, n. 3, p. 319-324, 2014.

PRASADA RAO, P. V. V.; CHAUDHARY, S. C. Communication of the musculocutaneous nerve with median nerve. **The East African Medical Journal**, v. 77, n. 9, p. 498-503, 2000.

- RADWAN, I.A.; SAITO, S.; GOTO, F. The neurotoxicity of local anesthetics on growing neurons: a comparative study of lidocaine, bupivacaine, mepivacaine, and ropivacaine. **Anesthesia and analgesia**, v. 94, n. 2, p. 319-324, 2002.
- REICHERT, P.; RUTOWSKI, R.; KIELBOWICZ, Z.; MICHALAK, L.; BOCHENSLA, A. The rabbit brachial plexus as an experimental model - anatomy and surgical approach. **Polish Journal of Veterinary Sciences**, v. 17, n. 2, p. 339-345, 2014.
- REICHERT, P.; KIELBOWICZ, Z.; DZIEGIEL, P.; PULA, B.; KURYSZKO, J.; GOSK, J.; BOCHENSKA, A. The rabbit brachial plexus as a model for nerve repair surgery - histomorphometric analysis. **Anatomical Record**, v. 298, n. 2, p. 444-454, 2015.
- RIBEIRO A.R. 2002. **Estudo anatômico do plexo braquial do macaco Cebus apella: origem, composição e nervos resultantes**. Dissertação de Mestrado em Anatomia dos Animais Domésticos, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, USP, São Paulo. 146p.
- RICCI, D.G.; GUAZZELLI-FILHO, J.; PINTO E SILVA, J.R.; MATHEUS, S.; FILADELPHO A.L. Plexo braquial de mamíferos e aves - revisão de literatura. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, v. 20, n. 1, p. 1 - 15, 2013.
- RICCÓ, C.; SHIH, A.; KILLOS, M.; HENAO GUERRERO, M.; GRAHAM, L. Different volumes of injectate using electrostimulator and blinded techniques for brachial plexus block in dogs. **The Veterinary Record**, v. 173, n. 24, p. 608, 2013.
- RIOJA, E.; SINCLAIR, M.; CHALMERS, H.; FOSTER, R.A.; MONTEITH, G. Comparison of three techniques for paravertebral brachial plexus blockade in dogs. **Veterinary Anesthesia and Analgesia**, v. 39, n.2, p. 190-200, 2012.
- RODRÍGUEZ, J.; CARCELLER, J.; ÁLVAREZ, J. Axillary brachial plexus anesthesia: electrical versus cold saline stimulation. **Anesthesia and Analgesia**, v. 83, n. 4, p. 752-754, 1996.
- ROSENMEIER, J.G.; STRATHE, A.B.; ANDERSEN, P.H. Evaluation of coronary band temperatures in healthy horses. **American Journal of Veterinary Research**, v. 73, n. 5, p. 719-723, 2012.
- SAEED, M.; RUFAL, A. A. Median and musculocutaneous nerves: variant formation and distribution. **Clinical Anatomy**, v. 16, p. 453-457, 2003.
- SCHWARZE, E.; SCHRÖDER, L. **Compêndio de anatomia veterinária**. Espanha: Acribia, 1970. p. 67-77.
- SHARP, J.W.; BAIL, Y. C.S.; JOHNSON, R.D. Spinal root origin of the radial nerve and of nerves innervating the shoulder muscles of the dog. **Anatomy, Histology and Embryology**, v. 20, p. 205-214, 1991.
- SHILO, Y.; PASCOE, P.J.; CISELL, D.; JOHNSON, E.G.; KASS, P.H.; WISNER, E.R. Ultrasound-guided nerve blocks of the pelvic limb in dogs. **Veterinary Anesthesia and Analgesia**, v. 37, n.5, p. 460-470, 2010.

SIMON, E.L.; GAUGHAN, E.M; EPP, T.; SPIRE, M. Influence of exercise on thermographically determined surface temperatures of thoracic and pelvic limbs in horses. **Journal of American Veterinary and Medical Association**, v. 229, n. 12, p. 1940-1944, 2006.

SITES, B.D.; BRULL, R. Ultrasound guidance in peripheral regional anesthesia: philosophy, evidence-based medicine, and techniques. **Current Opinion in Anesthesiology**, v. 19, n.6, p. 630-639, 2006.

SITES, B.D.; TAENZER, A.H.; HERRICK, M.D.; GILLOON, C.; ANTONAKAKIS, J.; RICHINS, J.; BEACH, M.L. Incidence of local anesthetic systemic toxicity and postoperative neurologic symptoms associated with 12.688 ultrasound-guided nerve blocks: an analysis from a prospective clinical registry. **Regional Anesthesia and Pain Medicine**, v. 37, n. 5, p. 478-482, 2012.

SKARDA, R.T. Local anesthetics and local anesthetics techniques in horses. In: MUIR, W.W.; HUBBELL, J.A. *Equine Anesthesia: monitoring and emergency therapy*. 1st edition. St Louis: Mosby, 1991: 199-246.

SMITH, W.M. Applications of thermography in veterinary medicine. *Annals of New York Academy Science*, v. 9, n. 121, p. 248-254, 1964.

SOUZA-JÚNIOR, P.; CARVALHO, N.; MATTOS, K.; SANTOS, A. Origens e ramificações do plexo braquial no cachorro-do-mato *Cerdocyon thous* (Linnaeus, 1766). **Pesquisa Veterinária Brasileira**. v. 34, n.10, p. 1011-1023, 2014.

STOPIGLIA, A. J. Nova técnica de bloqueio do plexo braquial em cães. **Ciência Rural**, v. 29, n. 1, p. 63-69, 1999.

STEINFELDT, T.; WERNER, T.; NIMPHIUS, W.; WIESMANN, T.; KILL, C.; MULLER, H.; WULF, H.; GRAF. Histological Analysis After Peripheral Nerve Puncture with Pencil-Point or Tuohy Needle. **Anesthesia and Analgesia**, v. 112, n.2, p. 465-470, 2011.

STEINFELDT, T.; NIMPHIUS, W.; WURPS, M.; EBERHART, L.; VASSILIOU, T.; KILL, C.; WULF, H.; GRAF, J. Nerve perforation with pencil point or short bevelled needles: histological outcome. **Acta Anaesthesiology Scandinava**, v. 54, n. 8, p. 993-999, 2010.

SUGIYAMA T. 1965. On the plexus brachialis of *Macacus cyclopsis*. *Acta Medicine Nagasaki*. v. 9, n. 3, p.65-68.

TESTUT, L.; LATARJET, A. *Tratado de anatomia humana*. 4 v. V. III, Barcelona, Salvat, 1893.

TROJABORG, W. Rate of recovery in motor and sensory fibres of the radial nerve: clinical and electrophysiological aspects. **Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry**, v.33, n. 5, p. 625-638, 1970.

TUFVESSON, G. Anestesi av plexus brachialis. **Nordisk Veterinär Medicin**, v. 3, p.183-193, 1951.

TURNER, T.A. Diagnostic thermography. **The Veterinary Clinics of North American and Equine Practice**, v. 17, n.1, p. 95-113, 2001.

UYSAL, I.; SEKER, M.; KARABULUT, AK.; BÜYÜKMUMCU, M.; ZIYLAN, T. Brachial plexus variations in human fetuses. **Neurosurgery**, v. 53, n. 3, p. 676-684, 2003.

VALLA T, J.E. L'anesthésie du plexus brachial chez les carnivores. Toulouse, 1959, These. Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.

VAN HAREN, F.G.; DRIESSEN, J.J; KADIC, L.; VAN EGMOND, J.; BOOII, L.H.; SCHEFFER, G.J. The relation between skin temperature increase and sensory block height in spinal anaesthesia using infrared thermography. **Acta Anaesthesiology Scandinava**, v. 54, n.9, p. 1105-1110, 2010.

VAN HAREN, F.G.; KADIC, L.; DRIESSEN, J.J. Skin temperature measured by infrared thermography after ultrasound-guided blockade of the sciatic nerve. **Acta Anaesthesiology Scandinava**, v. 57, n.9, p. 1111-1117, 2013.

VAN HOOGMOED, L.M.; SNYDER, J.R. Use of infrared thermography to detect injections and palmar digital neurectomy in horses. **Veterinary Journal**, v. 164, n.2, p. 129-141, 2002.

VASSILIOU, T.; EIDER, J.; NIMPHIUS, W.; WIESMANN, T.; DE ANDRES, J.; MULLER, H.H.; WULF, H.; STEINFELDT, T. Dual guidance improves needle tip placement for peripheral nerve blocks in a porcine model. **Acta Anaesthesiology Scandinava**, v. 56, n.9, p. 1156-1162, 2012.

VETTORATO, E.; BRADBROOK, C.; GURNEY, M.; APREA, F.; CLARK, L.; CORLETTI, F. Peripheral nerve blocks of the pelvic limb in dogs: a retrospective clinical study. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, v. 25, n.4, p.314-320, 2012.

VUCKOVIĆ, I.; HADZIĆ, A.; DILBEROVIĆ, F.; KULENOVIĆ, A.; MORNJAKOVIĆ, Z.; ZULIĆ, I.; DIVANOVIĆ, K.A.; KAPUR, E.; COSOVIĆ, E.; VOLJEVICA, A. Detection of neurovascular structures using injection pressure in blockade of brachial plexus in rat. **Bosnian journal of basic medical sciences**, v. 5, n. 3, p. 79-85, 2005.

WAAG, S.; STOFFEL, M.H.; SPADAVECCHIA, C.; EICHENBERGER, U.; ROHRBACH, H. Ultrasound-guided block of sciatic and femoral nerves: an anatomical study. **Laboratory Animals**, v. v. 48, n. 2, p. 97-104, 2014.

WAKOFF, T.I.; MENCALHA, R.; SOUZA, N.S.; SOUZA, M.D.; SANTOS-SOUSA, C.A.; SCHERER, P.O. Bupivacaína 0,25% versus ropivacaína 0,25% no bloqueio do plexo braquial em cães da raça beagle. **Semina Ciências Agrárias**, v. 34, p. 1259-1272, 2013.

WEIL, M.; LITZKE, L.F.; FRITSCH, R. Diagnostic validity of the thermography of lameness in horses. Diagnostic validity of thermography of lameness in horses. **Tierärztliche Praxis. Ausgabe G, Grosstiere/Nutztiere**, v. 26, n. 6, p. 346-354, 1998.

WERDEHAUSEN, R.; BUCHNER, S.; HERMANN, H.; FREYNHAGEN, R.; LIPFERT, P.; STEVENS, M.F. Uniform distribution of skin-temperature increases after different regional-anesthesia techniques of the extremity. **Regional Anesthesia and Pain Medicine**, v. 32, n.1, p. 73-78, 2007.

WESTERMANN, S.; BUCHNER, H.H.; SCHRAMMEL, J.P.; TICHY, A.; STANEK, C. Effects of infrared camera angle and distance on measurement and reproducibility of thermographically determined temperatures of the distolateral aspects of the forelimbs in horses. **Journal of American Veterinary and Medical Association**, v. 242, n. 3, p. 388-395, 2013.

WHITTAKER, S.; LETHBRIDGE, G.; KIM, C.; KEON COHEN, Z.; NG, I. An ultrasound needle insertion guide in a porcine phantom model. **Anaesthesia**, v. 68, n.8, p. 826-829, 2013.

WILLIAMS, S.R.; CHOUINARD, P.; ARCAND, G.; HARRIS, P.; RUEL, M.; BOUDREAULT, D.; GIRARD, F. Ultrasound guidance speeds execution and improves the quality of supraclavicular block. **Anesthesia and Analgesia**, v. 97, n. 5, p. 1518-1523, 2003.

WRIGHT, H.M.; KORR, I.M.; THOMAS, P.E. Local and regional variations in cutaneous vasomotor tone of the human trunk. **Acta Neuroveg**, v. 22, p. 33-52, 1960.

ANEXO 1



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE


COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS


CERTIFICADO

Certificamos que o projeto intitulado "Avaliação morfológica, eletromiográfica e por termografia infravermelha do bloqueio do plexo braquial guiado por ultrassom", protocolo nº 006/2014 sob responsabilidade do pesquisador Marcelo Abreu Figueiredo que envolve a utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica, encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA) DO INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO, em reunião de 05/11/2015.

Vigência do Projeto	09/11/2015 a 08/04/2016
Espécie/Inragem	Coelhos/Nova Zelândia
No. De animais	30
Peso/idade	3 Kg/ 1 ano
Sexo	Machos
Origem	Instituto de Zootecnia - Setor de Cunicultura /UFRRJ

We certify that the protocol nº 006/2014, entitled "Avaliação morfológica, eletromiográfica e por termografia infravermelha do bloqueio do plexo braquial guiado por ultrassom" is in accordance with the Ethical Principles of Animal Research adopted by the National Council for the Control of Animal Experimentation (CONCEA) and was approved by the Local Animal Ethical Committee from the Biological and Health Sciences Institute of the Federal Rural University of Rio de Janeiro in 05/11/2015.


Prof. Fábio Fagundes da Rocha
Coordenador CEUA/CBS/UFRRJ


Prof. Fábio Fagundes da Rocha
22.07.15/0007