

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RAFAEL ROSTIROLLA DEBIAGE

PLEXO BRAQUIAL EM CODORNAS JAPONESAS: DESCRIÇÃO ANATÔMICA,
COMPARAÇÃO DE ABORDAGENS E EMPREGO CLÍNICO EM ANESTESIA
LOCAL



Palotina

2025

RAFAEL ROSTIROLLA DEBIAGE

PLEXO BRAQUIAL EM CODORNAS JAPONESAS: DESCRIÇÃO ANATÔMICA, DE
ABORDAGENS E EMPREGO CLÍNICO EM ANESTESIA LOCAL

Tese apresentada como requisito parcial a obtenção do grau de Doutor em Ciência Animal, no Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal, Setor de Palotina, na linha de pesquisa Patologia Animal, da Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Profa Dra. Erica Cristina Bueno do Prado Guirro

Co-orientadora: Profa Dra. Fabíola Bono Fukushima

Palotina

2025

Universidade Federal do Paraná. Sistemas de Bibliotecas.
Biblioteca UFPR Palotina.

D286 Debiage, Rafael Rostirolla
Plexo braquial em codornas japonesas: descrição anatômica,
de abordagens e emprego clínico em anestesia local / Rafael
Rostirolla Debiage. – Palotina, PR, 2025.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná,
Setor Palotina, PR, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal.
Orientadora: Profa Dra Erica Cristina Bueno do Prado Guirro.
Coorientadora: Profa Dra Fabíola Bono Fukushima.

1. Adjuvantes anestésicos. 2. Anestesia locorregional. 3. Aves
I. Guirro, Erica Cristina Bueno do Prado. II. Fukushima, Fabíola Bono.
III. Universidade Federal do Paraná. IV. Título.

CDU 636

Bibliotecária: Aparecida Pereira dos Santos – CRB 9/1653



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR PALOTINA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO CIÊNCIA ANIMAL -
40001016077P8

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação CIÊNCIA ANIMAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **RAFAEL ROSTIROLLA DEBIAGE**, intitulada: **PLEXO BRAQUIAL EM CODORNAS JAPONESAS: DESCRIÇÃO ANATÔMICA, COMPARAÇÃO DE ABORDAGENS E EMPREGO CLÍNICO EM ANESTESIA LOCAL**, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

PALOTINA, 14 de Março de 2025.

Assinatura Eletrônica
17/03/2025 10:41:16.0
FABIOLA BONO FUKUSHIMA
Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica
17/03/2025 08:55:28.0
ERICA CRISTINA BUENO DO PRADO GUIRRO
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica
18/03/2025 14:23:24.0
ROBERTO THIESEN
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ)

Assinatura Eletrônica
18/03/2025 08:59:21.0
GABRIELLE COELHO FREITAS
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL)

Assinatura Eletrônica
17/03/2025 11:08:12.0
MARTIELO IVAN GEHRCKE
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS)

Agradecimentos

A realização deste doutorado é o resultado de uma jornada repleta de desafios, aprendizados e conquistas, e seria impossível concluir sem a ajuda e apoio de pessoas especiais, que dedico este espaço de gratidão.

Primeiramente, agradeço a Deus, por ser minha fortaleza em todos os momentos, e pela saúde, força e sabedoria concedidas ao longo dessa caminhada, permitindo que eu superasse os desafios e celebrasse cada conquista.

À minha orientadora, Profa Dra Erica Cristina Bueno do Prado Guirro, a quem tenho uma profunda admiração e agradeço pelo voto de confiança em abrir as portas para eu ingressar neste Doutorado. Saiba que ver seu trabalho desenvolvido como professora e pesquisadora nesta instituição me inspiraram desde o início do mestrado, e inspiram também a outros que passam por esta instituição.

À minha co-orientadora e mãe científica, Profa Dra Fabiola Bono Fukushima, agradeço imensamente pela paciência, orientação e dedicação. Seu compromisso com minha formação e a qualidade de sua orientação foram fundamentais para o sucesso deste trabalho. Sou grato não apenas pelo suporte técnico, mas também pelos conselhos e incentivo constantes, que me inspiraram a dar o meu melhor.

Aos meus pais, Luiz Otávio Debiage e Indiara Rostirolla Debiage, minha eterna gratidão por todo o apoio incondicional e amor que recebi durante todos esses anos, e à minha irmã, Carolina Rostirolla Debiage, que talvez seja a pessoa que mais me inspira e encoraja por apenas ser quem é, sempre foi meu exemplo, e sua presença em minha vida me trouxe força e motivação para continuar sempre em frente.

A toda a minha família, sou grato pelo amor, apoio e compreensão. Vocês sempre estiveram ao meu lado, celebrando minhas conquistas e me incentivando a seguir em frente. A presença e o afeto de cada um de vocês tornaram essa jornada mais leve e significativa.

Aos meus amigos da UFPR, que foram por anos meu braço direito, com quem dividi minhas frustrações e alegrias diárias: Danielle Mara, Daniele Alves, Luciana Wolfran e Caique Faria, o prazer de prestigiar esta etapa só foi possível por ter vocês ao meu lado.

Não poderia deixar de fazer referência à memória do meu Avô e segundo pai, Alfredo Debiagi. O senhor sempre dizia que eu iria ser “Doutor Veterinário” e eu pensava “Doutor não, doutor é só quem tem Doutorado”, e hoje vejo que o senhor

estava certo! Nas palavras que dedico a ti vô, serei breve, porque as coisas que sinto não são capazes de serem transformadas em palavras, só digo que te amo incondicionalmente até hoje, e sua falta ainda se faz presente no meu coração.

Também expresso minha gratidão à UFPR – Setor Palotina, ao Hospital Veterinário de Palotina e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, onde sempre tive o apoio de pessoas que tratam a pesquisa com seriedade, e de onde consegui grande parte do suporte necessário para a realização destas e outras pesquisas. Agradeço também à CAPES pelo auxílio financeiro recebido, que me permitiu me dedicar integralmente à pós-graduação por muito tempo, o que facilitou muito meu desenvolvimento científico e profissional.

Por fim, mas não menos importante, agradeço a todos os amigos, colegas, funcionários e professores que, de alguma forma contribuíram para a concretização deste trabalho. Cada palavra de incentivo, gesto de apoio e troca de conhecimento foi essencial para a realização deste sonho.

A todos vocês, meu muito obrigado!

*"O sucesso é ir de fracasso em fracasso,
sem perder o entusiasmo."*
(Winston Churchill)

*Nós não somos nada,
nós nos tornamos
por nossas escolhas e atitudes.*
(Autor desconhecido)

RESUMO

A anestesia locorregional é importante aliada no manejo multimodal da dor, especialmente em aves sobre as quais ainda há pouco conhecimento sobre a eficácia dos fármacos analgésicos. Sendo assim, a presente tese foi dividida em três capítulos. O capítulo 1 objetivou caracterizar o plexo braquial de codornas japonesas (*Coturnix japonica*) e avaliar a dispersão do azul de metileno no bloqueio do plexo braquial (BPB) por abordagem axilar. Para isto, 12 codornas japonesas foram submetidas a eutanásia e dissecadas para o estudo descritivo. Para o estudo de dispersão do corante, 8 animais foram anestesiados e procedeu-se o BPB guiado por estimulador de nervos periféricos (ENP), por abordagem axilar, e avaliou-se a dispersão do corante sobre os feixes nervosos. A técnica axilar foi capaz de tingir os fascículos dorsal e ventral da asa em 100% dos bloqueios; e os nervos: peitoral e supracoracoide, em 63% dos bloqueios. O capítulo 2 objetivou comparar a duração e efeitos adversos do BPB com bupivacaína pelas abordagens axilar e dorsal em codornas japonesas. Foram utilizados 16 espécimes, submetidas ao BPB com bupivacaína (5 mg/kg) por abordagem axilar (GA) ou dorsal (GD). Comparou-se a duração do bloqueio, por estímulo mecânico de 600g com algômetro digital no osso carpal do rádio, realizado a cada 15 minutos, bem como os efeitos adversos. A duração média do bloqueio foi similar em GA (103±23 min) e GD (101±21 min) ($p=0,87$). Observou-se maior frequência ($p=0,03$) de punção acidental do saco aéreo em GD (62% - 5/8), que não ocorreu em GA (0/8). No capítulo 3, objetivou-se avaliar o efeito da dexmedetomidina, morfina ou butorfanol sobre a extensão e duração da dessensibilização do BPB com bupivacaína em codornas japonesas. Para isto, em um estudo cruzado, 12 animais foram submetidos à técnica axilar do BPB guiada por ENP, com 5mg/kg de bupivacaína (0,5%), acrescida de: 2mg/kg de morfina (MOR), ou 2mg/kg de butorfanol (BUT), ou 10µg/kg de dexmedetomidina (DEX), ou solução salina (SAL), padronizando-se volume final (1,2mL/kg) e concentração de bupivacaína (0,42%). Utilizando o estímulo mecânico com algômetro digital, avaliou-se a extensão e a duração do bloqueio sensitivo, pela presença de resposta ao estímulo (presente/ausente), antes do bloqueio (T0) e a cada 15 minutos até o fim do bloqueio. A extensão do bloqueio não diferiu entre tratamentos ($p>0,05$), e o tempo médio de duração do bloqueio local de DEX (165±15) e MOR (150±14) diferiram estatisticamente de BUT (94±13) e SAL (97±10) ($p<0,001$), porém não diferiram estatisticamente entre si ($p=0,10$). No BUT, a duração do bloqueio local foi estatisticamente similar a SAL ($p=0,53$), porém estatisticamente diferente de DEX e MOR ($p<0,001$). Assim, os nervos que compõem o plexo braquial foram descritos e a técnica empregada se mostrou promissora na insensibilização da asa. O BPB de codornas pode ser acessado por abordagem dorsal e axilar, mas a abordagem dorsal oferece risco de perfuração acidental do saco aéreo. A Dexmedetomidina e a morfina prolongam a duração do bloqueio local quando adicionadas à bupivacaína no BPB em codornas, mas nenhum adjuvante altera a extensão do bloqueio sensitivo.

Palavras-chave: Adjuvantes anestésicos. Anestesia locorregional. Aves. Bloqueio do Plexo Braquial.

ABSTRACT

Regional anesthesia is an important ally in the multimodal management of pain, especially in birds, about which there is still limited knowledge regarding the efficacy of analgesic drugs. Therefore, this thesis was divided into three chapters. Chapter 1 aimed to characterize the brachial plexus of Japanese quails (*Coturnix japonica*) and evaluate the dispersion of methylene blue in brachial plexus block (BPB) via an axillary approach. For this, 12 Japanese quails were euthanized and dissected for descriptive study. For the dye dispersion study, 8 animals were anesthetized, and the BPB was performed using a peripheral nerve stimulator (PNS) via the axillary approach, assessing the dispersion of the dye over the nerve bundles. The axillary technique was able to stain the dorsal and ventral fascicles of the wing in 100% of the blocks, and the pectoral and supracoracoide nerves in 63% of the blocks. Chapter 2 aimed to compare the duration and adverse effects of BPB with bupivacaine via axillary and dorsal approaches in Japanese quails. Sixteen specimens were used, subjected to BPB with bupivacaine (5 mg/kg) via axillary (GA) or dorsal (GD) approaches. The duration of the block was compared using mechanical stimulation of 600g with a digital algometer on the radio carpal bone, performed every 15 minutes, as well as adverse effects. The mean duration of the block was similar in GA (103±23 min) and GD (101±21 min) ($p=0.87$). A higher frequency of accidental air sac puncture was observed in GD (62% - 5/8) compared to GA (0/8) ($p=0.03$). In Chapter 3, the aim was to evaluate the effect of dexmedetomidine, morphine, or butorphanol on the extent and duration of desensitization of BPB with bupivacaine in Japanese quails. In a crossover study, 12 animals were subjected to the axillary BPB technique guided by PNS, with 5mg/kg of bupivacaine (0.5%), supplemented with 2mg/kg of morphine (MOR), 2mg/kg of butorphanol (BUT), 10µg/kg of dexmedetomidine (DEX), or saline solution (SAL), standardizing the final volume (1.2mL/kg) and bupivacaine concentration (0.42%). Using mechanical stimulation with a digital algometer, the extent and duration of the sensory block were evaluated by the presence of a response to the stimulus (present/absent), before the block (T0) and every 15 minutes until the end of the block. The extent of the block did not differ between treatments ($p>0.05$), and the mean duration of the local block of DEX (165±15) and MOR (150±14) was statistically different from BUT (94±13) and SAL (97±10) ($p<0.001$), but no statistical difference was observed between DEX and MOR ($p=0.10$). In BUT, the duration of the local block was statistically similar to SAL ($p=0.53$), but statistically different from DEX and MOR ($p<0.001$). Thus, the nerves composing the brachial plexus were described, and the technique employed proved promising in the desensitization of the wing. BPB in quails can be accessed via both dorsal and axillary approaches, but the dorsal approach presents a risk of accidental air sac perforation. Dexmedetomidine and morphine prolong the duration of the local block when added to bupivacaine in BPB in quails, but no adjuvant alters the extent of the sensory block.

Keywords: Anesthetic adjuvants; Regional anesthesia; Birds; Brachial Plexus Block.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	10
1.1 OBJETIVOS.....	12
1.2 REVISÃO DE LITERATURA.....	13
REFERÊNCIAS.....	24
2. CAPÍTULO I – ANATOMICAL CHARACTERIZATION OF THE BRACHIAL PLEXUS IN JAPANESE QUAIL AND EVALUATION OF DYE DISPERSION VIA THE AXILLARY APPROACH.....	29
ABSTRACT.....	30
INTRODUCTION.....	31
MATERIAL AND METHODS.....	32
RESULTS.....	34
DISCUSSION.....	36
CONCLUSION.....	40
REFERENCES.....	42
3. CAPÍTULO II - COMPARAÇÃO DO BLOQUEIO DO PLEXO BRAQUIAL POR ABORDAGEM AXILAR OU DORSAL EM CODORNAS JAPONESAS.....	52
RESUMO.....	52
ABSTRACT.....	53
3.1 INTRODUÇÃO.....	54
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	54
3.3 RESULTADOS.....	57
3.4 DISCUSSÕES.....	58
3.5 CONCLUSÃO.....	31
REFERÊNCIAS.....	48
4. CAPÍTULO III - EFEITOS DA DEXMEDETOMIDINA, MORFINA OU BUTORFANOL COMO ADJUVANTES NO BLOQUEIO DO PLEXO BRAQUIAL COM BUPIVACAÍNA EM CODORNAS JAPONESAS.....	63
RESUMO.....	63
ABSTRACT.....	64
4.1 INTRODUÇÃO.....	65
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	66
4.3 RESULTADOS.....	69
4.4 DISCUSSÕES.....	71

4.5 CONCLUSÃO.....	74
REFERÊNCIAS.....	75
ANEXO 1 – Certificado do Comissão de Ética no Uso de Animais.....	79
ANEXO 2 – Normas para submissão da revista Anais da Academia Brasileira de Ciências (AABC).....	80

1. INTRODUÇÃO GERAL

A classe das aves apresenta características anatomofisiológicas que as distingue dos mamíferos domésticos, como a presença de penas, asas e bico, o metabolismo acelerado, esqueleto leve composto por ossos pneumáticos e adaptações para voo, e sistema respiratório parabronquial, dotado de sacos aéreos, dentre outras particularidades (KÖNIG et al., 2009; DYCE et al., 2010). Essas particularidades anatômicas e fisiológicas limitam a extrapolação de técnicas e posologia de fármacos, e enfatiza a necessidade de estudos específicos para as aves.

Dentro deste contexto, a codorna japonesa (*Coturnix japonica*) é uma espécie doméstica utilizada como modelo experimental (LYTE et al., 2021; KHALIZADEH et al., 2022), principalmente por suas características de rusticidade, baixo consumo alimentar e baixa liberação de amônia em suas excretas, o que faz seu manejo ser fácil comparado às outras aves domésticas como a galinha (*Gallus gallus domesticus*) (NIELSEN et al., 2023).

Dentre as causas de admissão das aves para atendimento veterinário, as fraturas de ossos longos estão entre as principais, sendo a redução da fratura o tratamento de escolha (CARRASCO, 2019). O controle analgésico adequado melhora a recuperação do paciente, reduzindo a taxa de morbi-mortalidade hospitalar (CLARK e CLARK, 1999; GUZMAN e HAWKINS, 2023). Entretanto, o limitado conhecimento sobre a eficácia e segurança dos fármacos analgésicos frequentemente empregados para tratamento de dor em aves, impulsiona o desenvolvimento de técnicas de analgesia locorregional para auxiliar no controle algico (CHEN et al., 2023; GUZMAN e HAWKINS, 2023).

O bloqueio do plexo braquial é uma das principais técnicas de bloqueio locorregional descritas em aves, e a maioria dos estudos apresenta baixa eficácia em obter dessensibilização do membro (CARDOZO et al., 2009; BRENNER et al., 2010; DA CUNHA et al., 2013). Os autores destacam que o volume e a concentração do anestésico local são fatores importantes para obter eficácia satisfatória (FIGUEREDO et al., 2008; DA CUNHA et al., 2013). Entretanto, a diluição do anestésico local visando maiores volumes compromete o tempo de duração do bloqueio (KHAMISABADI et al., 2021). Tal fato é especialmente importante em aves de pequeno porte, nas quais o

volume reduzido pode comprometer a eficácia da técnica, o que exige a identificação precisa do sítio de deposição do anestésico local (DA CUNHA et al., 2013).

As particularidades fisiológicas das aves também podem representar um entrave na anestesia locorregional, visto que os anestésicos locais parecem ter um efeito mais fugaz nesta classe, sendo descrito duração de até 90 minutos com bupivacaína 0,5% (FIGUEREDO et al., 2008) e 115 minutos com ropivacaína 0,75% (CARDOZO et al., 2009). Diferentemente, em cães, o bloqueio do plexo braquial com bupivacaína 0,5% teve duração média de 456 minutos (MACEDO et al., 2010), enquanto com a ropivacaína 0,75%, a duração média foi de 275 minutos (SAKONJU et al., 2009).

Nesse sentido, fármacos adjuvantes podem ser utilizados nas técnicas de anestesia locorregional, com intuito de reduzir a latência e/ou prolongar o efeito anestésico local (HUSSAIN et al., 2017). Até o presente momento, na literatura científica, há apenas estudos com o uso da epinefrina como adjuvante da anestesia local em aves (FIGUEREDO et al., 2008; BRENNER et al., 2010). As particularidades fisiológicas das aves impulsionam o desenvolvimento de estudos com adjuvantes anestésicos, visando um bloqueio local prolongado.

1.1 OBJETIVOS

Objetivos gerais:

- Caracterizar o plexo braquial de codornas japonesas (*Coturnix japonica*).
- Estudar duas abordagens de bloqueio do plexo braquial para aves de pequeno porte, em um modelo experimental em codornas japonesas (*Coturnix japonica*).
- Avaliar o efeito adjuvante de anestésico local da dexmedetomidina, morfina e butorfanol em aves, em um modelo experimental em codornas japonesas (*Coturnix japonica*).

Objetivos específicos:

- Descrever as origens e inserções das inervações que compõem o plexo braquial em codornas japonesas, propondo referências anatômicas para o desenvolvimento de uma técnica de bloqueio do plexo braquial na espécie.
- Avaliar a dispersão do corante de azul de metileno sobre os feixes nervosos que compõem o plexo braquial de codornas japonesas, em uma técnica de bloqueio do plexo braquial por abordagem axilar, guiada por estimulador de nervos periféricos.
- Comparar a eficácia e efeitos adversos das abordagens axilar e dorsal do bloqueio do plexo braquial *in vivo* em codornas japonesas.
- Avaliar a extensão da dessensibilização da asa, em uma técnica de bloqueio do plexo braquial por abordagem axilar.
- Comparar o efeito da dexmedetomidina, morfina ou butorfanol associada a bupivacaína sobre a extensão da dessensibilização do plexo braquial em codornas japonesas.
- Comparar o efeito da dexmedetomidina, morfina ou butorfanol associada a bupivacaína sobre a duração da dessensibilização do plexo braquial em codornas japonesas.

REVISÃO DE LITERATURA

Anatomia do membro torácico das aves

A classe das aves abrange uma grande diversidade de espécies, que estão distribuídas mundialmente. Entre os animais com hábitos de voo, observa-se uma série de adaptações anatomo-fisiológicas específicas que permitem essa habilidade (DYCE et al., 2010). O membro anterior destaca-se como uma das regiões com anatomia mais distinta entre as classes de vertebrados, pois é responsável por fornecer o suporte necessário para o voo, resultado de diversas modificações evolutivas ao longo das eras (VAZQUEZ et al., 1992).

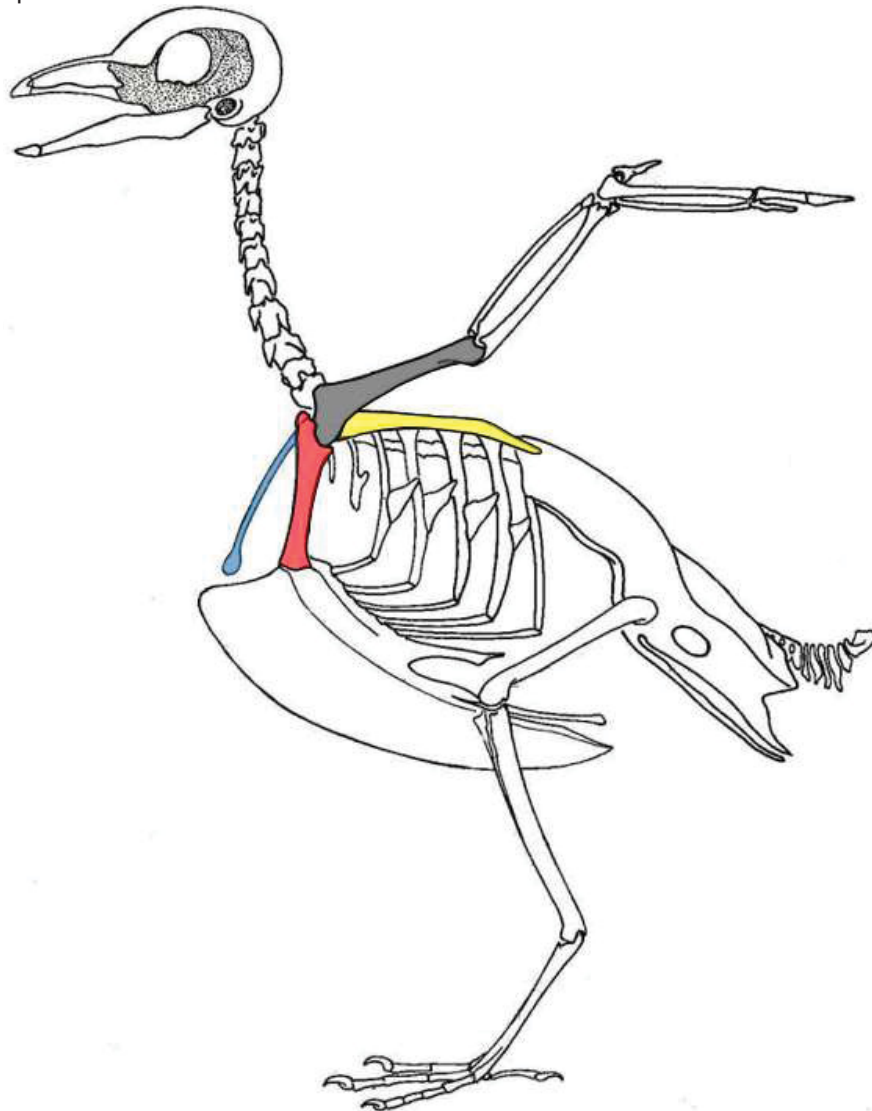
O cingulo escapular conecta os membros anteriores ao esqueleto axial e representa uma das principais adaptações evolutivas. Ele é completamente desenvolvido nas aves, sendo formado pelas clavículas, escápulas e coracoides (Figura 1). Sua anatomia proporciona suporte estrutural e otimiza a eficiência muscular necessária para o voo (PEDRAÇA et al., 2021).

A escápula é um osso plano e alongado, que se posiciona paralelamente à coluna vertebral. Diferentemente do observado em mamíferos, a escápula das aves praticamente não apresenta mobilidade, e sua principal função é estrutural, garantindo suporte ao esqueleto axial (KÖNIG et al., 2009). Em sua extremidade cranial, a escápula, juntamente com o coracoide, formam a cavidade glenoide, que se articula com a cabeça do úmero, formando a articulação do ombro, essencial para a mobilidade do membro anterior (LO COCCO et al., 2022).

O coracoide é o maior osso do cingulo escapular e encontra-se articulado ventralmente com o esterno e dorsalmente com a articulação do ombro (úmero e escápula). Sua forma e posição dão suporte ao músculo peitoral, e é adaptado para suportar as grandes forças geradas durante o voo. Apesar da função estrutural e do aspecto robusto, é um osso pneumático, o que contribui para a leveza do esqueleto das aves (DYCE et al., 2010).

Em mamíferos, o coracoide não é um osso independente, como nas aves, mas sim uma estrutura rudimentar denominada processo coracoide da escápula. Em morcegos, devido à habilidade de voo, o processo coracoide é mais desenvolvido, porém ainda é acoplado à escápula e significativamente menor do que nas aves (PEDRAÇA et al., 2021).

Figura 1 – Esqueleto de uma ave com destaque ao cingulo escapular, formado por: escápula (amarelo), coracoide (vermelho), clavícula (azul). Observe a posição do úmero (cinza) em relação ao cingulo escapular.



Fonte: Adaptado de Silva et al., 2015.

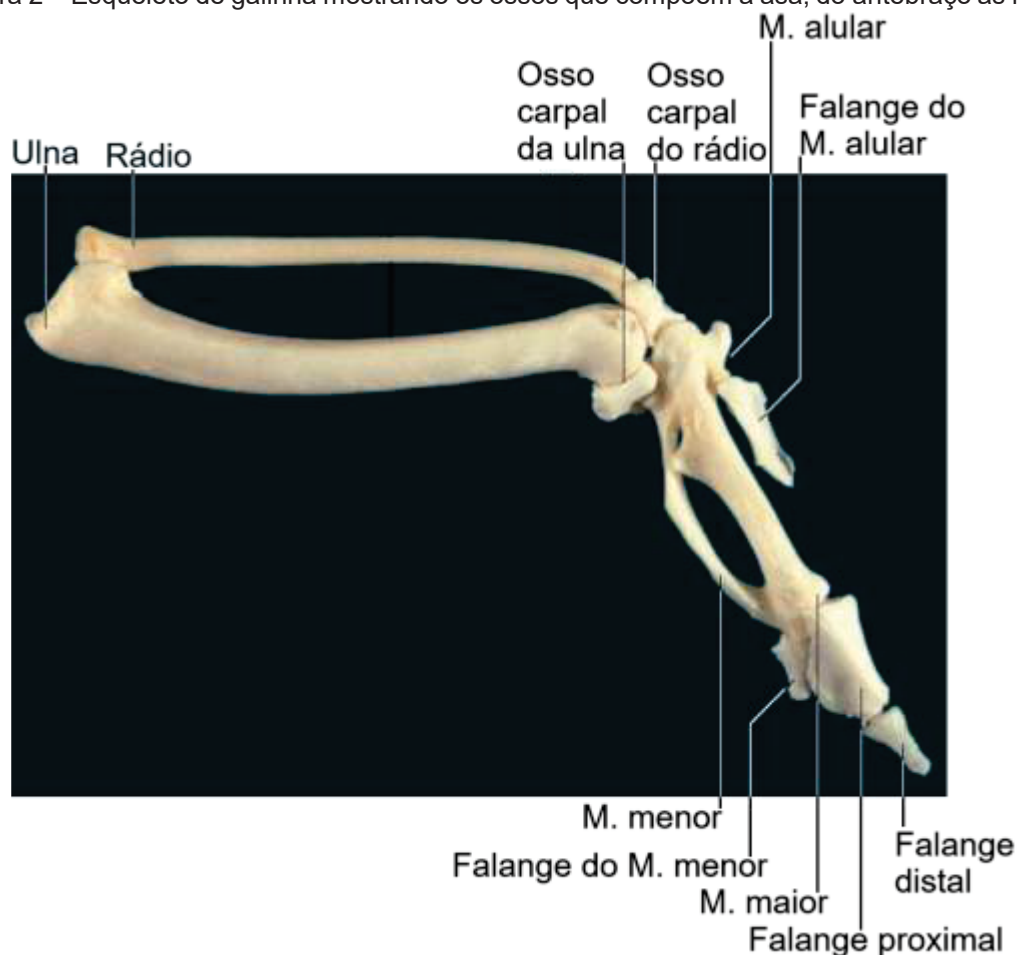
As clavículas se unem no plano mediano formando a fúrcula, que ajuda a manter as articulações dos ombros afastadas entre si, permitindo uma maior amplitude de movimento dos membros anteriores. A fúrcula também serve como um ponto de ancoragem para os músculos peitoral e supracoracoide, que são os principais responsáveis pelos movimentos de voo (VAZQUEZ et al., 1992).

O úmero é um osso longo que, na maioria das espécies de aves apresenta-se pneumatizado, porém não é regra. Apesar das aves voadoras apresentarem úmero pneumatizado, para contribuir com a leveza do esqueleto e facilitar o voo (DYCE et al., 2010), o úmero de ratitas de hábitos terrestres, como o avestruz, kiwi, ema e emu,

e também de aves aquáticas como os pinguins, apresentam menor grau de pneumatização ou ossos esponjosos (FORDICE, 2012; LO COCO et al., 2022).

O rádio e a ulna são ossos não pneumáticos e formam o esqueleto do antebraço das aves, sendo a ulna maior que o rádio e localizada lateralmente. A ulna apresenta uma curvatura que é adaptada para suportar as forças durante o voo (Figura 2). Ambos os ossos estão articulados com o úmero na extremidade proximal e possuem uma união quase imóvel em sua articulação distal com os ossos do carpo (KÖNIG et al., 2009). A ulna também possui projeções ósseas que servem como pontos de inserção para as penas, refletindo sua função na aerodinâmica das aves (PEDRAÇA et al., 2022).

Figura 2 – Esqueleto de galinha mostrando os ossos que compõem a asa, do antebraço às falanges.



M. – Metacarpo

Fonte: KÖNIG et al., 2009.

Os ossos do carpo nas aves são compostos por dois elementos principais: o osso carpal do rádio (ou carporradial) e o osso carpal da ulna (ou carpoulnar). Esses

ossos se articulam com o rádio e a ulna, formando a fileira proximal do carpo. A fileira distal do carpo é reduzida e se funde com os metacarpos. Essa fusão contribui para a rigidez necessária durante o voo, permitindo que as aves mantenham uma estrutura leve, mas resistente (LO COCCO et al., 2015).

As aves possuem três metacarpos, que estão fundidos em um único osso conhecido como carpometacarpo. O metacarpo II ou metacarpo maior é o mais longo, enquanto o metacarpo III é menor. O metacarpo I ou metacarpo alular, é rudimentar e se localiza próximo ao carpo (VAZQUES et al., 1992).

As falanges nas aves são organizadas de acordo com o metacarpo a qual se articulam. O metacarpo maior apresenta duas falanges, uma proximal e uma distal, enquanto o metacarpo alular e o metacarpo menor apresentam apenas uma falange cada (DYCE et al., 2010).

O plexo braquial em aves

O plexo braquial é composto por 3 a 5 ramos nervosos que se originam das últimas vértebras cervicais e/ou primeiras vértebras torácicas da medula espinhal (ÇEVIC-DEMIRKAN et al., 2014; SILVA et al., 2015), e fornece inervação motora e sensitiva para toda a asa e músculos do cingulo escapular (DYCE et al., 2010).

Em galinhas, o plexo braquial é subdividido em componentes dorsal e ventral. A porção dorsal emite nervos que suprem os músculos associados à escápula, como o romboide, o serrátil e o escapular, sendo esta porção também conhecida como plexo braquial acessório (KÖNIG et al., 2009). Entretanto, em algumas aves o plexo acessório apresenta emergência ventral (SWINEBROAD, 1954; FRANCESCHI et al., 2009; ÇEVIC-DEMIRKAN et al., 2013), enquanto no avestruz (*Struthio camelus*), esse plexo não foi identificado (POSPIESZNY et al., 2009).

A porção ventral do plexo braquial supre os músculos do voo, e inclui os nervos peitorais, que inervam o músculo peitoral (depressor da asa), e o nervo supracoracoide, que supre o músculo supracoracoide (elevador da asa) (KÖNIG et al., 2009). Da porção ventral também emergem dois troncos nervosos: os fascículos dorsal e ventral da asa, que são responsáveis pela sensibilidade e movimentos de flexão e extensão da asa. O fascículo dorsal inerva a pele na superfície dorsal da asa e o propatagium, além dos nervos extensores, incluindo o tricipital e os nervos metacarpais (DYCE et al., 2010). O fascículo ventral inerva a pele na superfície ventral da asa, bem como os flexores do cotovelo, carpo e articulações digitais. Ele emite o

nervo bicipital para o músculo bíceps braquial, antes de se dividir no nervo ulnar e nervo mediano, que inervam os flexores do cotovelo (KÖNIG et al., 2009; ÇEVIC-DEMIRKAN et al., 2013).

Comumente, no plexo braquial ventral, os feixes nervosos emergem separadamente a partir dos processos transversos da coluna vertebral, e aproximam-se entre si mais distalmente. Em seguida, separam-se novamente e distribuem-se para inervar as diferentes estruturas do componente motor e sensitivo das asas (SEINEBROAD, 1954; MACHADO et al., 2021).

Bloqueio do plexo braquial em aves

O bloqueio do plexo braquial (BPB) tem por objetivo embeber os feixes nervosos responsáveis pela inervação da asa com anestésico local, promovendo assim insensibilidade para a região (SORENSI et al., 2013). Há relatos do BPB em aves realizado às cegas, guiado por estimulador de nervos periféricos (ENP) e guiado por ultrassom (FIGUEREDO et al., 2008; CARDOZO et al., 2009; CUNHA et al., 2013).

A maior parte dos ensaios clínicos e relatos de caso em aves empregaram o BPB guiado por ENP. Para isso, a agulha é inserida com uma corrente elétrica de 0,5 a 5 mA (BRENNER et al., 2010) e, ao ser constatada resposta motora, essa corrente elétrica é gradualmente reduzida para 0,2 a 0,5 mA, e o posicionamento da agulha, ajustado para garantir maior proximidade com os feixes nervosos, mas com menor risco de lesão do nervo (LOPES et al., 2024).

Há duas técnicas de bloqueio do plexo braquial descritas em aves: a axilar (BRENNER et al., 2010; CUNHA et al., 2013; LOPES et al., 2024) e a dorsal (FIGUEIREDO et al., 2008; BRENNER et al., 2010). A abordagem axilar é a mais amplamente empregada, e consiste em introduzir a agulha na região ventral à articulação do ombro (Figura 3).

O único ensaio clínico que obteve eficácia de 100% no BPB em galinhas (*Gallus gallus domesticus*) empregou a técnica axilar às cegas, utilizando ropivacaína (0,75%) na dose de 7,5 mg/kg (CARDOZO et al., 2009). Um fato que pode ter contribuído para tal eficácia é o tamanho dos animais do estudo ($4,5 \pm 0,4$ kg), possibilitando altos volumes de anestésico local.

Figura 3 – Ponto de inserção da agulha (seta preta) para realização do bloqueio do plexo braquial pela técnica axilar, em um papagaio do ventre vermelho (*Amazona ventralis*).

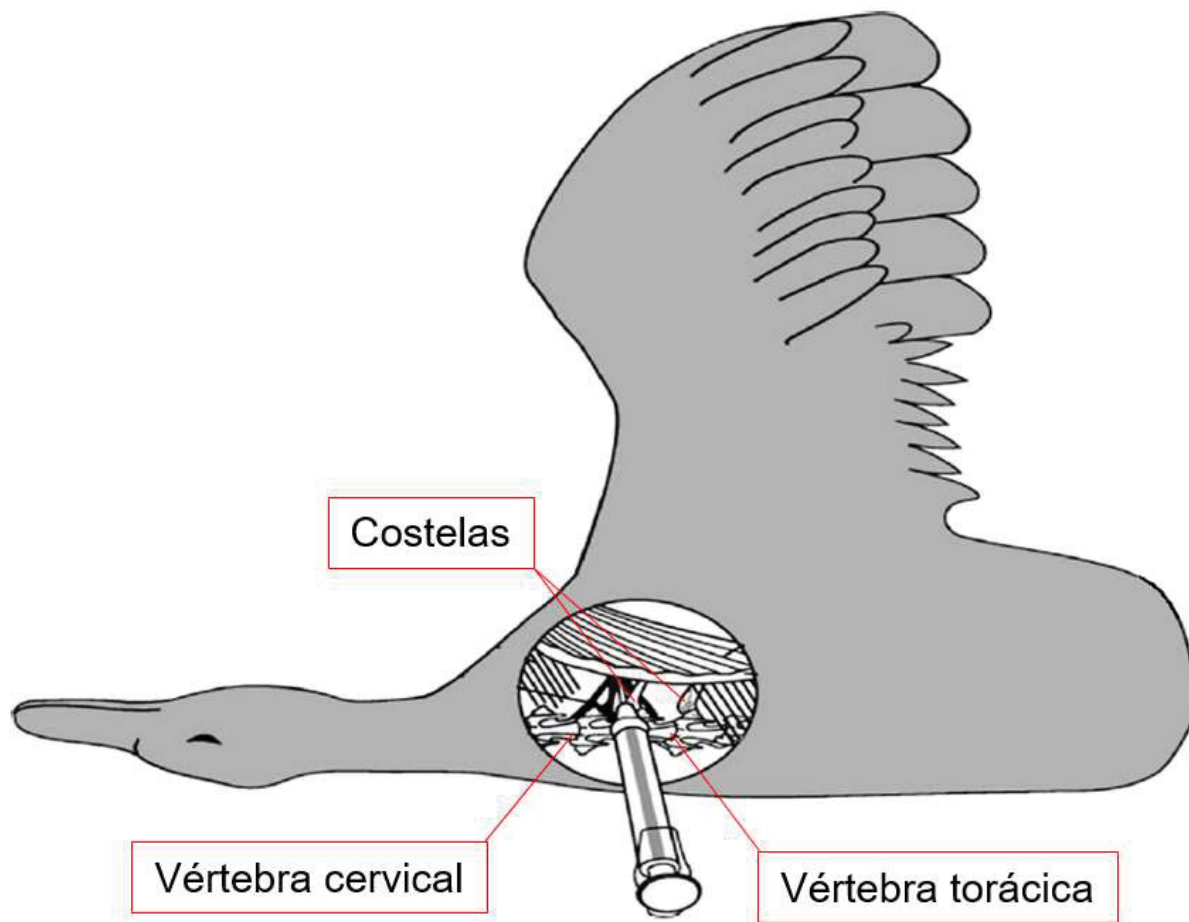


Fonte: CUNHA et al., 2013.

Um estudo com papagaios do ventre vermelho (*Amazona ventralis*) empregou a técnica axilar guiada por ultrassom e não obteve eficácia no BPB com 2 mg/kg de lidocaína. Nesse estudo, os papagaios de hispaniola apresentavam peso de 252 a 295 gramas, e o autor atribuiu a falha no bloqueio ao volume reduzido, em função da dose empregada e do tamanho diminuto das aves (CUNHA et al., 2013).

A técnica dorsal consiste em posicionar a agulha de forma a depositar o anestésico local logo após a emergência dos feixes nervosos, a partir das vértebras cervicais e/ou torácicas (CARDOZO et al., 2009; BRENNER et al., 2010). A abordagem dorsal do BPB foi descrita em patos reais (*Anas platyrhynchos*), com a agulha inserida ventral às vértebras cervicais e cranial à primeira costa (Figura 4), com a angulação da agulha ajustada de acordo com as respostas motoras observadas no ENP. Nesse estudo, as doses empregadas variaram de 2 a 8 mg/kg de bupivacaína, entretanto a técnica utilizada para avaliar a eficácia do bloqueio (eletrofisiologia) não foi efetiva para afirmar sobre o efeito dos anestésicos locais (BRENNER et al., 2010).

Figura 4 – Esquema ilustrativo demonstrando o ponto de inserção da agulha para realização do bloqueio do plexo braquial pela técnica dorsal em uma ave.



Fonte: Adaptado de Brenner et al., 2010.

A abordagem dorsal também foi descrita em galinhas domésticas. Nesse estudo, a agulha foi inserida próxima à articulação do ombro, no músculo peitoral, e progredida em direção ao gradil costal, até localizar os nervos entre as fâscias do músculo peitoral, com auxílio de ENP. Nesse estudo foi empregada bupivacaína (5 mg/kg) e obteve-se eficácia de 67% (FIGUEIREDO et al., 2008).

A técnica axilar tem sido empregada em diversos relatos de caso, em diferentes espécies de aves. As doses de anestésico local variam de 2 a 5 mg/kg para lidocaína (ANDRADE et al., 2024; LOPES et al., 2024), 2 a 8 mg/kg para bupivacaína (MELO et al., 2004; BRENNER et al., 2010) e 2 mg/kg para ropivacaína (NASCIMENTO et al., 2019). Entretanto, os autores se basearam apenas na resposta ao estímulo algico cirúrgico para assegurar a eficácia da técnica, a qual pode ser abolida pelo fornecimento do anestésico inalatório (EBERT, 2004; HAO et al., 2020).

Os anestésicos locais em aves parecem ter um efeito fugaz, com duração média de 35 minutos para a lidocaína sem vasoconstritor (SORENSI et al., 2013), 64 minutos para a lidocaína com epinefrina (FIGUEIREDO et al., 2008), 91 minutos para a bupivacaína (FIGUEIREDO et al., 2008) e 115 minutos para a ropivacaína (CARDOZO et al., 2010).

Principais fármacos adjuvantes empregados na anestesia local

Os adjuvantes de anestésicos locais são fármacos administrados simultaneamente aos anestésicos locais, com o objetivo de reduzir a latência, prolongar a duração do bloqueio sensitivo ou conferir uma analgesia pós-operatória mais eficaz (CHEN et al., 2023).

Os vasoconstritores são os principais adjuvantes utilizados na medicina veterinária, sendo comumente encontrados em formulações com anestésicos locais. Seu mecanismo de ação baseia-se na vasoconstrição local, que reduz o fluxo sanguíneo tecidual e, conseqüentemente, retarda a absorção do anestésico para a circulação sistêmica (DEOL et al., 2023). Na prática, isso resulta em um bloqueio prolongado.

A adrenalina (ou epinefrina) é o vasoconstritor utilizado com maior frequência na medicina veterinária, atuando localmente sobre os receptores alfa-1 adrenérgicos periféricos para promover vasoconstrição. Entretanto, a adrenalina é um fármaco ácido e reduz o pH do anestésico local, aumentando o tempo de latência do anestésico local (CHOQUETTE et al., 2017).

Geralmente, emprega-se em baixas concentrações de adrenalina (1:50.000 a 1:200.000), pois sua afinidade por múltiplos receptores adrenérgicos pode desencadear efeitos sistêmicos indesejáveis, como taquicardia e hipertensão (BYAKODI et al., 2017).

Os opioides também podem atuar como adjuvantes de anestésicos locais em administrações perineurais, e seus principais mecanismos de ação incluem: ativação de receptores opioides periféricos, bloqueio de canais para sódio voltagem-dependentes e absorção sistêmica com conseqüente efeito analgésico (KOSEL et al., 2016). Tramadol, fentanil e buprenorfina aumentam a duração da anestesia local em ratos (HASSAN et al., 1989; KAYSER et al., 1990; CARNAVAL et al., 2013). No entanto, a morfina não prolongou o bloqueio anestésico em humanos, embora tenha

promovido analgesia pós-operatória mais eficaz mediada por receptores opioides periféricos (SWAIN et al., 2017).

A nalbufina é um opioide agonista dos receptores kappa (KOP) e antagonista dos receptores mü (MOP), que têm despertado interesse crescente na medicina humana. Estudos indicaram que a nalbufina reduz a latência e prolonga a duração do bloqueio motor e sensitivo, além de diminuir a necessidade de resgate analgésico em humanos (BAKRI et al., 2016; JIAN et al., 2022). Já o butorfanol associado a lidocaína, quando administrado por via peridural, proporcionou analgesia prolongada em comparação ao uso isolado de butorfanol ou lidocaína (NAHAS et al., 2023).

Os agonistas dos receptores alfa-2 adrenérgicos também são amplamente utilizados como adjuvantes na anestesia local. Fármacos como dexmedetomidina, clonidina e xilazina demonstraram reduzir a latência e prolongar a duração do bloqueio anestésico na medicina veterinária (LEEM et al., 2000; ACQUAFREDDA et al., 2023; KLEIN et al., 2023). Os mecanismos responsáveis por esse efeito incluem a modulação das “correntes H”, que regulam a excitabilidade neural (SHIRASAKA et al., 2007; BRUMMET et al., 2011), a inibição dos canais para sódio e potássio (CHEN et al., 2023), a vasoconstrição local mediada pela ativação de receptores alfa-2 adrenérgicos periféricos e, com menor influência, sobre os receptores alfa-1 (HUSSAIN et al., 2023).

Na medicina humana, a dexametasona tem se mostrado benéfica ao prolongar a ação dos anestésicos locais e reduzir a dor pós-operatória. Seus efeitos ocorrem por meio da atenuação da inflamação local, reduzindo a vascularização e estendendo seu tempo de ação, além de potencializar a atividade inibitória dos canais para potássio em fibras C nociceptivas (ZUFFEREY et al., 2024). No entanto, em cães, a dexametasona não demonstrou prolongamento do efeito da ropivacaína perineural para o bloqueio dos nervos isquiático e femoral (NEVES, 2020).

Os antagonistas dos receptores NMDA (N-metil-D-aspartato) também podem ser empregados como adjuvantes na anestesia local, uma vez que bloqueiam esses receptores nos nervos periféricos. Estudos com cetamina e sulfato de magnésio indicaram uma analgesia pós-operatória mais eficaz em humanos (SHAH et al., 2016; ABD-ELSALAM et al., 2017; ALLAH et al., 2020).

Assim, considerando os potenciais benefícios dos adjuvantes e a escassez de informações sobre seus efeitos em aves, mais pesquisas são necessárias para avaliar sua eficácia como adjuvante na anestesia local.

Toxicidade dos anestésicos locais em aves

A toxicidade sistêmica de anestésicos é relatada na literatura com sinais clínicos similares em anfíbios, répteis, mamíferos e aves. Os sinais clínicos observados incluem letargia, convulsões, bradicardia, hipotensão e, em casos extremos, parada cardíaca (FELDMAN et al., 1991; CHATIGNY et al., 2017).

Em aves de pequeno porte este tópico é especialmente importante, visto que pequenos volumes de anestésico local podem comprometer a eficácia da técnica e, por outro lado, o aumento do volume utilizado pode predispor à intoxicação sistêmica (CUNHA et al., 2013). A diluição do anestésico local é uma estratégia possível para aumentar o volume utilizado sem ultrapassar a dose máxima permitida, mas essa prática reduz significativamente o tempo de duração do bloqueio (KHAMISABADI et al., 2021).

Alguns estudos buscaram avaliar a dose segura de anestésicos locais para aves em um modelo experimental de galinhas domésticas (*Gallus gallus domesticus*). Para a lidocaína, a dose máxima recomendada foi de 4 mg/kg (BRANDÃO et al., 2015), enquanto para a bupivacaína a dose máxima recomendada foi de 1,9 mg/kg (DIGERÔNIMO et al., 2017). Em contrapartida, um estudo em galinhas domésticas utilizou 20 mg/kg de lidocaína e 5 mg/kg de bupivacaína no bloqueio do plexo braquial e não observaram efeitos adversos como sedação, letargia ou convulsões (FIGUEREDO et al., 2008). Já em patos-reais (*Anas platyrhynchos*), foi administrada a dose de 8 mg/kg de bupivacaína, sem serem observados sinais clínicos de toxicidade (BRENNER et al., 2010).

Essa discrepância pode ser explicada pelas diferenças farmacocinéticas entre as vias de administração. Estudos de toxicidade, como os de Brandão e colaboradores (2015) e de DiGeronimo e colaboradores (2017), geralmente utilizam a via intravenosa, a qual promove picos plasmáticos elevados, aumentando o risco de intoxicação. Por outro lado, a administração extravascular, como em bloqueios infiltrativos e interfasciais, a absorção sistêmica ocorre de maneira mais lenta, resultando em picos plasmáticos menores e permitindo o uso de doses mais altas com maior segurança (ARTHUR et al., 1988).

Anestésicos como a bupivacaína e a ropivacaína possuem alta afinidade pelas proteínas teciduais, o que também contribui para a menor concentração livre do fármaco na circulação sistêmica quando empregada de maneira extravascular (SHAH

et al., 2018). Nessas circunstâncias, o pico plasmático pode ser até dez vezes menor quando administradas em bloqueios locorreionais, em comparação com a administração intravenosa (ARTHUR et al., 1988).

Cabe ressaltar que os estudos de segurança disponíveis para aves foram conduzidos em galinhas domésticas (BRANDÃO et al., 2015; DIGERONIMO et al., 2017), o que impõe uma limitação importante. A classe das aves é altamente diversa, compreendendo milhares de espécies com variações consideráveis em aspectos fisiológicos, metabólicos e farmacocinéticos (KÖNIG et al., 2009). Além disso, variações interindividuais dentro de uma mesma espécie também podem influenciar a resposta à administração de anestésicos locais. Assim, destaca-se a necessidade de novos estudos com diferentes espécies, a fim de garantir a segurança e a eficácia do uso de anestésicos locais na prática clínica com aves.

REFERÊNCIAS

ABD-ELSALAM, K.A.; FARES, K.M.; MOHAMED, M.A.; MOHAMED, M.F.; EL-RAHMAN, A.M.A.; TOHAMY, M.M. Efficacy of magnesium sulfate added to local anesthetic in a transversus abdominis plane block for analgesia following total abdominal hysterectomy: A randomized trial. **Pain Physician**, v. 20, p. 341-347, 2017.

ALLAH, M.Y.Y.A.; SALEM, M.A.; ALLAH, M.Y.Y.A. The effect of adding magnesium sulfate to local anesthetic in patients undergoing middle ear surgery. **Anesthesia Essays Research**, v. 14, n. 1, p. 566-571, 2020.

ANDRADE, J.P.; SANTOS, T.P.; LIMA, M.T.B.; SOARES, C.F.; CARVALHO, M.P.N.; CORTEZE, A.A. Amputação de asa esquerda em calopsita (*Nymphicus hollandicus*) vítima de predação por gato doméstico. *Medicina Veterinária*, v. 18, n. 1, p. 98–103, 2024.

ARTHUR, R.; FELDMAN, H.S.; COVINO, B.G. Comparative pharmacokinetics of bupivacaine and ropivacaine, a new amide local anesthetic. **Anesthesia and Analgesia**, v. 67, n. 11, p. 1053-1058, 1988.

BAKRI, M.H.; ISMAIL, E.A.; ABD-ELSHAFY, S.K. Analgesic effect of nalbuphine when added to intravenous regional anesthesia: and randomized control trial. **Pain Physician**, v. 19, n. 8, p. 575-581, 2016.

BRENNER, D.J.; LARSEN, S.; DICKINSON, P.J.; RAYMUND, F.W.; WILLIAMS, C.; PASCOE, P.J. Development of an Avian Brachial Plexus Nerve Block Technique for Perioperative Analgesia in Mallard Duck (*Anas platyrhynchos*). **Journal of Avian Medicine and Surgery**, v. 24, n. 1, p. 24-34, 2010.

BYAKODI, S.; GURJAR, V.; SONI, S. Glucose levels and hemodynamic changes in patients submitted to routine dental extraction under local anesthesia with and without adrenaline. **Journal of Contemporary Dental Practice**, v. 18, n. 1, p. 57-59, 2017.

CARNAVAL, T.G.; SAMPAIO, R.M.; LANFREDI, C.B.; BORSATTI, M.A., ADDE, C.A. Effects of opioids on local anesthesia in the rat: a codeine and tramadol study. **Anesthesiology**, v. 27, n. 6, p. 455-462, 2013.

CARRASCO, D.C. Fracture Management in Avian Species. **Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice**, v. 22, n. 2, p. 223-238, 2019.

CARDOZO, L.B.; ALMEIDA, R.M.; FIÚZA, L.C.; GALERA, P.D. Brachial plexus blockade in chickens with 0.75% ropivacaine. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v. 36, n. 4, p. 396-400, 2009.

CLARK, J.O.; CLARK, T.P. Analgesia. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v. 15, n. 3, p. 705-723, 1999.

CHEN, J.C.; YANG, F.; DUAN, M.H.; LI, Z.E.; DAI, Y.; ZHANG, M.; YANG, F. Pharmacokinetics of meloxicam in pigeons after single intravenous, oral, and intramuscular administration. **Poultry Science**, v. 102, n. 9, e102869, 2023.

CHOQUETTE, A.; TRONCY, E.; GUILLOT, M.; VARIN, F.; CASTILLO, J.R.E.D. Pharmacokinetics of lidocaine hydrochloride administered with or without adrenaline for the paravertebral brachial plexus block in dogs. **Plos one**, v. 12, n. 1, e0169745, 2017.

ÇEVIK-DAMIRKAN, A. Anatomical structure of the brachial plexus in the Merlin (*Falco columbarius*). **Anatomia, Histologia, Embriologia. Journal of Veterinary Medicine Series C**, v.43, n.1, p.31-34, 2014.

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 Anaesthesia and Analgesia**, v. 40, n. 1, p. 96-102, 2013.

DEOL, N.; ALVAREZ, G.; ELRABI, O.; CHEN, G.; FERRARO, N. A comparative review of epinephrine and phenylephrine as vasoconstrictors in dental anesthesia: exploring the factors behind epinephrine's prevalence in the US. **Journal of Dental Anesthesia and Pain Medicine**, v. 23, n. 6, p. 292-302, 2023.

DESAI, N.; KIRKHAM, K.R.; ALBRECHT, E. Local anaesthetic adjuncts for peripheral regional anaesthesia: a narrative review. **Anaesthesia**, v. 76, n. 1, p. 100-109, 2021.

DYCE, K.M.; SACK, W.O.; WENSING, C.J.G. **Tratado de Anatomia Veterinária**. 4 ed. Ed. Elsevier Saunders, Rio de Janeiro, 2010, 834p.

EBERT, T.J. Autonomic effects of Anesthesia. **Primer on the Autonomic Nervous System**, v. 2, p. 172-175, 2004.

FIGUEREDO, J.P.; CRUZ, M.L.; MENDES, G.M.; MARUCIO, R.L.; RICCÓ, C.H.; CAMPAGNOL, D. Assessment of brachial plexus blockade in chickens by an axillary approach. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v. 35, n. 6, p. 511-518, 2008.

FORDYCE, R.E.; KSEPKA, D.T. The strangest bird. **Scientific American**, v.307, n. 5, p. 56–61, 2012.

FRANCESCHI, R.C.; SOUZA, D.A.S.; PROVENCI, M.; PEREIRA, M.A.M. Estudo da inervação e vascularização do membro torácico de *Columba livia*. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 46, n. 6, p. 507-514, 2009.

GUZMAN, D.S.M.; HAWKINS, M.G. Treatment of Pain in Birds. **Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice**, v. 26, n. 1, p. 83-120, 2023.

HAO, X.; OU, M.; ZHANG, D.; ZHAO, W.; YANG, Y.; LIU, J.; YANG, H.; ZHU, T.; LI, Y.; ZHOU, C. The effects of general anesthetics on synaptic transmission. **Current Neuropharmacology**, v. 18, n. 10, p. 936-965, 2020.

HASSAN, H.G.; PILCHER, C.W.; AKERMAN, B.; RENCK, H. Antinociceptive effects of localized administration of opioids compared with lidocaine. **Regional Anesthesia**, v. 14, n. 3, p. 138-144, 1989.

HUSSAIN, N.; GRZYWACZ, V.P.; FERRERI, C.A.; ATREY, A.; BANFIELD, L.; SHAPARIN, N.; VYDYANATHAN, A. Investigating the efficacy of dexmedetomidine as an adjuvant to local anesthesia in brachial plexus block – A systematic review and meta-analysis of 18 randomized controlled trials. **Regional Anesthesia and Acute Pain**, v. 42, n. 2, p. 184-196, 2017.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**. IBGE, 2022. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/apps/pgi/#/home>. Acesso em 31 de janeiro de 2024.

JIANG, J.; CHENG, X.; ZHANG, D.; ZHOU, C. Efficacy of nalbuphine as a local anesthetic adjuvant for brachial plexus block: a systematic review and meta-analysis. **Pain Physician**, v. 25, n. 9, p. 1339-1349, 2022.

KHAMISABADI, A.; KAZEMI-DARABADI, S.; GHASEM, A. Comparison of Anesthetic Efficacy of Lidocaine and Bupivacaine in Spinal Anesthesia in Chickens. **Journal of Avian Medicine and Surgery**, v. 35, n. 1, p. 60-67, 2021.

KAYSER, V.; GABEAUX, D.; LOMBARD, M.C.; GUILBAUD, G.; BESSON, J.M. Potent and long lasting antinociceptive effects after injection of low doses of a mu-opioid receptor agonist, fentanyl, into the brachial plexus sheath of the rat. **Pain**, v. 42, n. 2, p. 215-225, 1990.

KOSEL, J.; BOBIK, P.; TOMCZYK, M. Buprenorphine-- the unique opioid adjuvant in regional anesthesia. **Expert Review in Clinical Pharmacology**, v. 9, n. 3, p. 375-383, 2016.

KÖNIG, H.E.; MAIERL, J.; WESSENGRUBER, G.; FORSTENPOINTNER, G. History of avian anatomy. In: KÖNIG, H.E.; KORBEL, R.; LIEBICH, H.G. **Avian Anatomy**. 2 ed. Editora 5m Publishing. Sheffield, 2009, p. 2-20.

LEEM, J.W.; CHOI, Y.; HAN, S.M.; YOON, M.J.; SIM, J.Y.; LEEM, S.W. Conduction block by clonidine is not mediated by alpha2-adrenergic receptors in rat sciatic nerve fibers. **Regional anesthesia pain medicine**, v. 25, n. 6, p. 620-625, 2000.

LO COCCO, G.E.; MOTTA, M.; AGNOLÍN, F.L.; NOVAS, F.E. Wing osteology, myology, and function of *Rhea Americana* (Aves, Rheidae). **Journal of Morphology**, v. 283, n. 8, p. 1015-1047, 2022.

LOPES, M.G.G.; MELLO, A.C.R.C.S.; TEODORO, A.N.; ROSADO, I.R.; IAN, M.; KANAYAMA, C.Y.; ALVES, E.G. Brachial plexus block associated with balanced anesthesia in *Caracara plancus* for fracture treatment. **Concilium**, v. 24, n. 13, p. 544-555, 2024.

MACHADO, D.L.; LEZARDO, T.; GUIMARÃES, J.P.; CLEBIS, N.K.; GAGLIARDO, K.M. Origin and insertion of the nerves constituting the brachial plexus of the roadside hawk. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 93, n. 3, e20191209, 2021.

MARTÍN, M.T.F.; LOPEZ, S.A.; ALVAREZ-SANTULLANO, C.A. Role of adjuvants in regional anesthesia: A systematic review. **Revista Española de Anestesiología y Reanimación**, v. 70, n. 2, p. 97-107, 2023.

MELO, MS.; FREITAS, P.M.C.; LIMA, C.A.P.; NAVES, E.A.; ANTÔNIO, F.A.; MOTA, F.C.D. Uso da bupivacaína 0,3% no bloqueio do plexo braquial de *Gallus gallus*. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 41, p. 38, 2004.

McKUNE, C.M.; MURRELL, J.C.; NOLAN, A.M.; WHITE, K.L.; WRIGHT, B.D. Nocicepção e dor. In: LUMB, W.V.; JONES, E.W. Anestesiologia e Analgesia em Veterinária, 5ª ed., Rio de Janeiro: Roca, pp. 602-608, 2017.

NAHAS, A.E.; ALMUBARAK, A.I.; HAGAG, U.; Epidural lidocaine, butorphanol, and butorphanol-lidocaine combination in dromedary camels. **BMC Veterinary Research**, v. 19, n. 1, e51, 2023.

NASCIMENTO, F.M.; NUNES, T.L.; SOUZA, T.B.S.; ANDRADE, M.A.C.; BARBOSA, V.F. Brachial Plexus Block with Use of a Neurostimulator in a Striped owl (*Asio clamator*) Undergoing Wing Amputation. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 47, p. 361-384, 2019.

NEVES, Ieda Cristina Boni. **Efeitos da dexametasona como adjuvante à ropivacaína no bloqueio dos nervos femoral e isquiático em cães submetidos à cirurgia de joelho**. 2020. 158 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Cirurgia, São Paulo, 2020.

OTERO, P.E.; KLAUMANN, P.R.; PORTELA, D.A. Anestesia Regional – Considerações Gerais. In: OTERO, P.E.; PORTELA, D.A. **Anestesia Regional em animais de estimação**. 1 ed. Editora MedVet. São Paulo, 2018, p. 1-13.

PEDRAÇA, V.S.; SILVA, L.P.; CASTRO, M.S.; LIMA, R.B.; SOUZA, P.G. Compared anatomy: separation and counting of the ave's anatomic structures *Gallus gallus domesticus*. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 43024-43036, 2021.

POSPIESZNY, N.; PACHULSKA, P.; PAZDZIOR, K.; WUSTINGER, J. Nerves of thoracic limb of the ostrich (*Struthio camelus* L.). **Electronic Journal of Polish Agricultural Universities**, v.12, n.4, p.1-5, 2009.

RAYMOND, S.A.; STEFFENSEN, S.C.; GUGINO, L.D.; STRICHARTZ, G.R. The role of length of nerve exposed to local anesthetics in impulse blocking action. **Anesthesia and Analgesia**, v. 68, n. 5, p. 563-570, 1989.

SHAH, A.; HLLI, R.; MERCHANT, Y.; KSHIRSAGAR, R.; KHURANA, J. Efficacy of ketamine as an adjunct to local anesthesia in the surgical removal of impacted

mandibular third molars – a split mouth prospective controlled clinical study. **Journal of Clinical Diagnosis and Research**, v. 10, n. 10, p. 23-33, 2016.

SILVA, R.M.N.; FIGUEIREDO, P.O.; SANTANA, M.I. Formação e distribuição do plexo braquial em papagaios verdadeiros (*Amazona aestiva*, Linnaeus, 1758). **Ciência Animal Brasileira**, v. 16, n. 3, p. 464-473, 2015.

SORENSINI, G.C.G.; PIMPÃO, C.T.; VILANI, R.G.D.C. Bloqueio do plexo braquial em aves. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 476, n. 11, p. 17-26, 2013.

SWAIN, A.; NAG, D.S.; SAHU, S.; SAMADDAR, D.P. Adjuvants to local anesthetics: Current understanding and future trends. **World Journal of Clinical Cases**, v. 16, n. 5, p. 307-323, 2017.

SWINEBROAD, J. A comparative study of the wing myology of certain passerines. **The American Midland Naturalist**, v.51, n.2, p.488-514, 1954.

VAZQUES, R.J. Functional osteology of the avian wrist and the evolution of flapping flight. **Journal of Morphology**, v. 211, n. 3, p. 259-268, 1992.

ZUFFEREY, P.J.; CHAUX, R.; LACHAUD, P.; CAPDEVILA, X.; LAOISELÉE, J.; OLLIER, E. Dose-response relationship of intravenous and perineural dexamethasone as adjuvants to peripheral nerve blocks. **Brazilian Journal of Anaesthesia**, v. 132, n. 5, p. 1122-1132, 2024.

2. CAPÍTULO I - Anatomical characterization of the brachial plexus in Japanese quail and evaluation of dye dispersion via the axillary approach

Rafael Rostirolla Debiage*¹;

Gabriel Cancelier²;

Caique Aparecido Faria³;

Luana Célia Stunitz da Silva⁴;

Erica Cristina Bueno do Prado Guirro⁵;

Fabiola Bono Fukushima⁶

1 – Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. Rua Pioneiro, 2153, 85953-128, Palotina, Paraná, Brasil. **ORCID ID:** 0000-0001-8892-9348

2 – Centro Universitário UNIVEL – Departamento de Clínicas Veterinária. Avenida Tito Muffato, 2317, 85.806-080, Cascavel, Paraná, Brasil. **ORCID ID:** 0009-0005-7036-3565

3 – Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina. Curso de Medicina Veterinária. Rua Pioneiro, 2153, 85953-128, Palotina, Paraná, Brasil. **ORCID ID:** 0000-0002-7660-8245

4 – Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina. Departamento de Biociências. Rua Pioneiro, 2153, 85953-128, Palotina, Paraná, Brasil. **ORCID ID:** 0000-0003-4583-4618

5 – Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina. Departamento de Ciências Veterinárias. Rua Pioneiro, 2153, 85953-128, Palotina, Paraná, Brasil. **ORCID ID:** 0000-0002-3030-0042

6 – Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina. Departamento de Ciências Veterinárias. Rua Pioneiro, 2153, 85953-128, Palotina, Paraná, Brasil. **ORCID ID:** 0000-0001-9843-8374

Keywords: Anatomy, Birds, Descriptive study, Locoregional Anesthesia.

Brachial plexus block in Japanese quail

Artigo submetido para a seção “Ciência animal” da AABC em 19/12/2024.

Abstract: Wing fractures are common in birds, but analgesia is challenging due to the absence of validated pain scales for birds, and the lack of scientific evidence of analgesic drugs efficacy. Thus, this study aimed to describe the origins and insertions of the brachial plexus in Japanese quail (*Coturnix japonica*), and to evaluate the methylene blue dye dispersion in an axillary approach of the brachial plexus block. Twenty healthy adult specimens were used, of which 12 were submitted to euthanasia and dissected for the descriptive study. The remaining 8 (n = 16 plexuses) were anesthetized with isoflurane, and the brachial plexus block was performed with a 0.5% bupivacaine and 1% methylene-blue (1:1) solution, guided by a peripheral nerve stimulator. Animals were then submitted to euthanasia and dissected for evaluation of the stained nerve bundles and the length of dye dispersion. The nerves composing the brachial plexus of Japanese quail, and their origins were described. The proposed technique stained the nerve bundles responsible for wing sensitivity in 100% of the blocks. The data provide anatomical references for locating brachial plexus in this species. The axillary approach of brachial plexus proved to be promising in wing desensitization of the species.

Keywords: Anatomy, Birds, Descriptive Study, Locoregional Anesthesia.

Introduction

Thoracic limb fractures are a frequent cause of bird admission to veterinary services, which requires safe and effective multimodal analgesic protocols (CARRASCO, 2019). Locoregional anesthesia stands out among multimodal pain control strategies because it provides hemodynamic stability during surgery, prevents central sensitization, and improves postoperative pain control (OTERO et al., 2018).

The brachial plexus (BP) innervates the avian wing and its associated flight muscles. Flexion, extension, and sensory innervation of the thoracic limb arise from the dorsal and ventral wing fasciculus. Wing elevation and depression are mediated by the supracoracoid nerve and pectoral nerve, respectively (SWINEBROAD, 1954; SILVA et al., 2015; MAIERL et al., 2016; MICIELI et al., 2021).

The brachial plexus block (BPB) technique involves the injection of a local anesthetic on the nerve bundles that innervate the thoracic limb, with the purpose of blocking the nerve conduction and promoting local desensitization. This modality of regional anesthesia is described through different approaches in various domestic mammal species (SKELDING et al., 2018; SANTORO et al., 2021; RASTABI et al., 2022). However, there is a limited number of clinical trials using BPB in avian species, and in most of these studies, the authors did not achieve satisfactory efficacy (FIGUEREDO et al., 2008; BRENNER et al., 2010; DA-CUNHA et al., 2013). This drives the development of anatomical studies in birds to identify novel techniques capable of inducing wing sensory blockade.

The Japanese quail (*Coturnix japonica*) is a domestic bird used as experimental model for studies in domestic and wild birds (LYTE et al., 2021; KHALIZADEH et al., 2022) due to its characteristics as disease resistance, low feed consumption, and reduced

ammonia excretion, making it easier to manage compared to domestic chickens (NIELSEN et al., 2023).

Despite this, the anatomical knowledge about the species is still limited, and there is no description of the BP of Japanese quails according to a comprehensive literature search in Scielo, PubMed, and CAPES databases using the keywords '*Coturnix*', 'Brachial plexus', and 'Anatomy' up to November 2024.

Thus, this study aimed to 1) Describe the origins and insertions of the nerve fibers that comprise the brachial plexus of Japanese quails, and 2) Evaluate the dispersion of methylene blue dye in a brachial plexus block technique using an axillary approach, guided by a peripheral nerve stimulator. Our hypothesis is that the proposed technique would disperse the dye on the nerve trunks of the dorsal and ventral wing fasciculus, which innervate the sensory component of the thoracic limb.

Material and methods

Ethics in experimentation

This study was approved by the Animal Use Ethics Committee of the Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina, under protocol number 04/2023.

Animals and euthanasia method

Twenty adult Japanese quail specimens (10 males and 10 females), weighing 190 to 260 grams were used. The animals were deemed healthy based on physical examination and hematological assessments, including blood count, total plasma protein, aspartate aminotransferase, gamma-glutamyltransferase, uric acid, cholesterol, albumin, and creatine kinase, along with coproparasitological analysis.

Euthanasia was performed with isoflurane overdose via facemask, followed by an intravenous injection of 19.1% potassium chloride.

Brachial plexus description:

For the description of the BP, 12 animals (6 males and 6 females) were used, in a total of 24 brachial plexuses. Dissections were performed under the supervision and guidance of an anatomist, starting with the reflection of the skin over the musculature of the thoracic limb, pectoral area, ribs, and surface of the cervical and thoracic vertebrae. Subsequently, the scapula was reflected and disarticulated from the scapular girdle, and then the nerves were dissected to their insertion in the thoracic appendage and adjacent muscles. To determine the origin of the nerves, the pectoral and supracoracoid muscles were removed, the ribs were sectioned, and the hypaxial muscles were removed along with the adipose tissue of the region, allowing visualization of the vertebrae and ventral rami that comprise the BP. The anatomical description was performed using the nomenclature according to the Avian Anatomical Nomenclature (BAUMEL, 1993). To correlate each nerve to its respective cervical vertebrae, the coracoid bone was disarticulated from the clavicle and reflected together with the sternal keel. We pinned each nerve with a 13 x 4.5mm needle at the level of the intervertebral foramina, and two radiography projections (ventrodorsal and right laterolateral) were taken. The cervical vertebrae were also numbered using radiographic imaging.

Evaluation of methylene blue dye dispersion in the brachial plexus:

For the methylene blue dye dispersion study, 8 animals (n = 16 brachial plexuses), 4 males and 4 females, were induced and maintained under general anesthesia with isoflurane via facemask, and the brachial plexus block (BBP) was performed by the

axillary approach using a peripheral nerve stimulator (STIMPOD - NMS 450x), with stimuli frequency of 2 Hertz and pulse duration of 0.1 milliseconds. For this, the quails were positioned in lateral recumbency with the thoracic limb to be blocked facing up, which was abducted, and the ventral tubercle of the humerus was identified. Then, a 21G peripheral nerve block needle (MILA Stimulatin Needle 21 Ga x 8cm) was inserted immediately caudo-ventral to the ventral tubercle of the humerus, at a 90° angle to the skin (Figure I). The electric current was initially set at 0.5 milliamperes (mA), and the needle angle and depth were adjusted until the motor response was observed (wing extension), with the needle depth limited to 1 cm.

A 1 mL.kg⁻¹ solution containing 1% methylene blue and 0.5% bupivacaine (1:1 ratio) was used. The dye was injected when a motor response was present at 0.2 mA but absent at 0.1 mA. The current intensity was established based on pilot studies, where the absence of a motor response at 0.2 mA demonstrated low efficacy to desensitise the thoracic appendage of Japanese quail. After 15 minutes of bilateral dye injection, under isoflurane anesthesia, the specimens were euthanized with an intravenous injection of 19.1% potassium chloride.

Immediately after euthanasia, the carcasses were dissected and the length of dye dispersion through the nerve bundles was evaluated using a digital caliper (King Tool® 300 mm - Precision 0.01 mm), as well as the identification of stained nerves and nerve trunks. Nerves were considered stained only when the dye covered the the entire circumference of the nerve bundle and extended for a minimum length of 6 mm (MICIELI et al., 2021).

Results

Animals:

The twenty animals selected for both parts of the study had an average weight of 235 $\pm$ 25 grams and an approximate age of 70 days.

Descriptive study:

Radiographic examination revealed the presence of 14 cervical vertebrae in all specimens (Figure 2). It was observed that the BP is formed by 2 to 5 nerve roots, which emerge ventrally to the last cervical vertebrae and the first thoracic vertebra. The most prevalent anatomical configuration (15/24 – 62.5%) was of three nerve roots originating the BP (Table I).

Only five of out of the 12 specimens in the study had the right and left brachial plexuses formed by the same number of nerve roots. The nerve roots origins that comprised the 24 dissected brachial plexuses varied from vertebra C11 to T1. All dissected plexuses had one nerve root originating from vertebra C13, and 95.8% (23/24) had one nerve root originating from C14 (Table II).

The nerves composing the BP in the Japanese quail emerged separately from the cervical vertebrae and entered the coelomic cavity in juxtaposition with the cervical air sac (Figure 3). Then, the nerve bundles converged ventrally, entered the pectoral muscle, and formed an area of proximity between all the nerve bundles of the BP, approximately 1 cm ventral to the cervical vertebrae (Figure 4). After this they distributed by separating again and originated the nerve trunks: 1) Dorsal wing fasciculus and 2) Ventral wing fasciculus, responsible for innervating the wing, in addition to the nerves of the muscles adjacent to the thoracic appendage, namely 3) pectoral nerve and 4) supracoracoid nerve. The nerve branches that originated the dorsal and ventral wing fasciculus remained close to each other up to the region immediately caudal to the humerus ventral tubercle, where it branched dorsally and ventrally to the wing, respectively.

The origins of each of the nerves and nerve trunks responsible for the innervation of the wing and adjacent muscles were diverse (Table III), presenting in three distinct forms: 1) A nerve bundle (from C11 to T1) forming a nerve trunk or a nerve; 2) Two nerve bundles joining to form a nerve trunk or a nerve; 3) A single nerve bundle giving rise to two nerve trunks or two nerves.

Methylene blue dye dispersion study:

The axillary approach of the BPB was able to stain all nerves comprising the BP in 63% (10/16) of the evaluations (Figure 5A). The pectoral and supracoracoid nerves were stained in 63% (10/16) of the brachial plexuses (Figure 5B). Despite it, the dorsal and ventral fasciculus, responsible for wing sensory innervation, were stained in 100% of the evaluated plexuses. The length of dye dispersion ranged from 9 to 17 mm (Table IV).

Discussion

The number of cervical vertebrae in avian species presents a wide variation, and in birds documented so far, this number can range from eight to 25, with variations occurring also among individuals of the same species (DYCE et al., 2019). In the present study, the number of cervical vertebrae in the Japanese quail (14) is analogous to that of domestic chickens (MAIERL et al., 2016). Although the quail is a domestic animal, to the authors' knowledge, this is the first study to investigate the BP and the number of cervical vertebrae in this species.

The number of nerve roots of Japanese quail BP presented some variation among individuals (2 to 5 nerve bundles), similar to the reported in domestic chicken and the blue-fronted parrot (*Amazona aestiva*), from 4 to 5 nerve bundles in both species (SILVA et al., 2015; MAIERL et al., 2016).

However, such variation has not been reported in some species: the Merlin (*Falco columbarius*) and turkey (*Meleagris gallopavo*) have three nerve bundles in both brachial plexuses (MOREIRA et al., 2005; ÇEVİK-DEMIRKAN et al., 2014). The roadside hawk (*Rupornis magnirostris*) and the black vulture (*Coragyps atratus*) have four nerve bundles forming the BP (MOREIRA et al., 2009; MACHADO et al., 2021). Anatomical studies conducted in different bird species observed that the roots composing the BP generally emerge ventrally from the last three cervical vertebrae and the first two thoracic vertebrae, corroborating the findings of the present study (POSPIENSZNY et al., 2009; BRENNER et al., 2010; ÇEVİK-DEMIRKAN, 2014; MACHADO et al., 2021). However, it is worth noting that in some birds, such as the house sparrow (*Passer domesticus*) and domestic pigeon (*Columbia livia*), the nerve roots originate only from the last cervical vertebrae (SWINEBROAD, 1954; FRANCESCHI et al., 2009).

In some birds, such as the domestic pigeon, merlin, and white-throated sparrow (*Zonotrichia albicollis*), the BP emerges along with the accessory brachial plexus, the nerve bundles responsible for rhomboid, serratus, and scapular muscle nerves (SWINEBROAD, 1954; FRANCESCHI et al., 2009; ÇEVİK-DEMIRKAN et al., 2013). In the present study, the accessory brachial plexus was not identified, and its nerves probably derive from the dorsal surface of the cervical and thoracic vertebrae, as reported in other avian species (POSPIENSZNY, 2009; MAIERL et al., 2016). These nerves are not described here because they were not the scope of this study.

The presentation of the nerve bundles of the BP of Japanese quails corroborated the observed in other avian and mammal species, in which the nerve bundles emerge separately from the transverse processes of the spine and approximate to each other distally (MACHADO et al., 2021; SANTORO et al., 2021; RASTABI et al., 2022;

LAMBERTINI et al., 2023). For performing local anesthesia, these area of proximity among nerve bundles allow the blockage of nerve fibers with a small amount of local anesthetic.

Anatomical studies are commonly developed prior to *in vivo* studies and aims to define anatomical references for target nerves, enabling precise and effective locoregional anesthesia. The BPB technique via the subscapular approach, as described in dogs, for example, aims to precisely deposit the local anesthetic in the closest proximity to nerve fibers of the brachial plexus (OTERO et al., 2018).

The paravertebral technique is also described in different mammal species and aims to deposit the local anesthetic directly at the emergence of the nerve from the intervertebral foramina or vertebral canal (BENIGNI et al., 2019; SANTORO et al., 2021; RASTABI et al., 2022). In the quails of the present study, the proximity of the nerve root emergences to the cervical air sac may limit the use of this technique due to the risk of accidental puncture of the air sac. One option would be to puncture approximately 1 cm ventral to the vertebrae, allowing access to all the nerve bundles after they enter the pectoral muscle, similar to the technic proposed by Brenner and colleagues (2010) in mallard ducks (*Anas platyrhynchos*), which they named the dorsal approach to the BP.

Another interesting anatomical landmark for accessing the BP of birds is the ventro-caudal point off the humerus ventral tubercle, in proximity to the dorsal and ventral wing fasciculus, which are responsible for the sensory innervation of the thoracic limb (MAIERL et al., 2016; DYCE et al., 2019). Although this study showed that, in this region, the pectoral and supracoracoid nerves are distant, these nerves provide only motor function to the wing.

The brachial plexus block technique described in this study stained the nerve trunks of the dorsal and ventral wing fasciculus in 100% of the repetitions. This finding suggests that this technique desensitize the thoracic limb of Japanese quails. The absence of dye dispersion in the supracoracoid and pectoral nerves in 37% of the dissected plexuses suggests that some specimens may exhibit limb desensitization even with preserved wing flapping ability.

Corroborating the above hypotheses, an *in vivo* study in mallard ducks observed profound wing drop and motor block of the wing with the dorsal approach for the BPB. However, the use of the axillary approach resulted in mild wing drop and maintenance of the ability to flap wings (BRENNER et al., 2010).

Commonly, studies consider 10 mm as a minimum length of dye dispersion, which is considered the minimum length of local anesthetic dispersion to prevent the propagation of nerve impulses (DE MIGUEL-GARCIA et al., 2020). This concept is based on a study by Raymond and others (1989), which demonstrated that for effective local anesthesia, the anesthetic must disperse across at least three nodes of Ranvier. However, it should be considered that the distance between the nodes of Ranvier rarely exceeds 2 mm (ARBUTHNOTT et al., 1980), and based on this, a recent paper considered 6 mm as sufficient for dye dispersion in the common kestrel BP (*Falco tinnunculus*) (MICIELI et al., 2021). It is also worth noting that only one BP nerve brunch showed dispersion below 10 mm, and it was in the pectoral nerve, which has no sensory function in the wing (MAIERL et al., 2016; DYCE et al., 2019).

The volume of local anesthetic used in the dye dispersion study (1 mL/kg) was based on the only clinical trial that showed 100% efficacy of BPB in birds (CARDOZO et al., 2009). Some authors observed that for an effective BPB, large volume and high concentration local anesthetic are necessary (FIGUEREDO et al., 2008; CARDOZO et

al., 2009; BRENNER et al., 2010; DA CUNHA et al., 2013). The chicken is often used as an experimental model for birds, however its size allows the administration of larger volumes of local anesthetic compared to small birds commonly found in avian clinical practice. The Japanese quail, on the other hand, is a domestic animal with a weight approximately 10 times smaller than the chicken, and it has already been used as an experimental model in other studies (LYTE et al., 2021; KHALIZADEH et al., 2022). The present paper demonstrates the potential of this species as an experimental model for local anesthesia techniques for small birds.

This study also introduces previously unpublished findings in the scientific literature, including details on the number of cervical vertebrae, as well as the origins and formation of the BP in Japanese quails, providing a foundation for future research on this species. However, it is important to note that all specimens were sourced from the same breeding colony, which may limit genetic variability. This consideration is particularly relevant given that, in some avian species, there have been reports of variations in the number of cervical vertebrae (DYCE et al., 2019), that was not observed in the present study.

Conclusion:

The nerves comprising the brachial plexus in Japanese quails and their origins were described. The data provide anatomical references for locating the brachial plexus in this species. The brachial plexus block technique, guided by a peripheral nerve stimulator and performed via puncture immediately caudoventral to the ventral humerus tubercle, using a volume of 1 mL/kg, successfully stained the dorsal and ventral fascicles of the wing in 100% of the evaluated plexuses, while the pectoral and supracoracoid nerves were stained in 63% of cases. These results highlight the

promising applicability of this technique for desensitizing the thoracic limb in this species.

Aknowledgement

The authors would like to thank the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES), Brazil, for the doctor's scholarship, and the National Council for Scientific and Technological Development (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq), Brazil, for the funding provided through the grant (Process 408760/2016-8), which enabled the acquisition of essential equipment for this research.

Author contributions

Rafael Rostirolla Debiage: Conceptualization, Methodology, Statistical Analysis, Investigation, Data Curation, Writing – Original Draft, Project Administration. **Gabriel Cancelier:** Methodology, Investigation. **Caique Aparecido Faria:** Methodology, Investigation. **Luana Célia Stunitz da Silva:** Methodology, Investigation, Writing – Review & Editing, Supervision. **Erica Cristina Bueno do Prado Guirro:** Resources, Writing – Review & Editing. **Fabiola Bono Fukushima:** Conceptualization, Methodology, Investigation, Writing – Review & Editing, Supervision, Project Administration, Funding Acquisition.

References

- ARBUTHNOTT ER, BOYD IA, KALU KU. 1980. Ultrastructural dimensions of myelinated peripheral nerve fibres in the cat and their relation to conduction velocity. *J Physiol* 308:125-157.
- BAUMEL JJ. 1993. Handbook of avian anatomy: nomina anatomica avium. 2^a ed. Cambridge: Nuttall Ornithological Club, 779p.
- BENIGNI L, LAFUENTE P, VISCASILLAS J. 2019. Clinical comparison of two techniques of brachial plexus block for forelimb surgery in dogs. *Vet J* 244:23-27.
- BRENNER DJ, LARSEN S, DICKINSON PJ, RAYMUND FW, WILLIAMS C, PASCOE PJ. 2010. Development of an Avian Brachial Plexus Nerve Block Technique for Perioperative Analgesia in Mallard Duck (*Anas platyrhynchos*). *J Avian Med Surg* 24(1):24-34.
- CARDOZO LB, ALMEIDA RM, FIÚZA LC, GALERA PD. 2009. Brachial plexus blockade in chickens with 0.75% ropivacaine. *Vet Anaesth Analg* 36(4):396-400.
- CARRASCO DC. 2019. Fracture Management in Avian Species. *Vet Clin North Am Exot Anim Pract* 22(2):223-238.
- ÇEVIK-DAMIRKAN A. 2014. Anatomical structure of the brachial plexus in the Merlin (*Falco columbarius*). *Anat Histol Embryol* 43(1):31-34.
- DA CUNHA AF, STRAIN GM, RADEMACHER N, SCHNELLBACHER R, TULLY TN. 2013. Palpation- and ultrasound-guided brachial plexus blockade in Hispaniolan Amazon Parrots (*Amazona ventralis*). *Vet Anaesth Analg* 40(1):96-102.
- DE MIGUEL-GARCIA C, WHYTE M, JAMES MS, FERREIRA TH. 2020. Effect of contrast and local anesthetic on dye spread following transversus abdominis plane injection in dog cadavers. *Vet Anaesth Analg* 47(3):391-395.
- DYCE KM, SACK WO, WENSING CJG. 2019. Tratado de Anatomia Veterinária. 5 ed. Rio de Janeiro: Elsevier Saunders, 872p.

- FIGUEREDO JP, CRUZ ML, MENDES GM, MARUCIO RL, RICCÓ CH, CAMPAGNOL D. 2008. Assessment of brachial plexus blockade in chickens by an axillary approach. *Vet Anaesth Analg* 35(6):511-518.
- FRANCESCHI RC, SOUZA DAS, PROVENCIO M, PEREIRA MAM. 2009. Estudo da inervação e vascularização do membro torácico de *Columba livia*. *Braz J Vet Res Anim Sci* 46(6):507-514.
- KHALIZADEH E, MOUSAVI S, DOLATYARIESLAMI M, BAHADORI R, KHANNA R. 2022. Effect of morphine and ibuprofen on nociceptive behavior, preening and motor activity following tonic chemical pain in the Japanese quail (*Coturnix japonica*). *Vet Anaesth Analg* 49(5):499-509.
- LAMBERTINI C, SILVA M, GRANDIS A, MARTORELLI M, ROMAGNOLI N. 2023. Update on the anatomy of the brachial plexus in dogs: Body weight correlation and contralateral comparison in a cadaveric study. *PLoS One* 18(2):e0282179.
- LYTE JM, KEANE J, ECKENBERGER J, ANTHONY N, SHRESTHA S, MARASINI D, DANIELS KM, CAPUTI V, DONOGHUE AM, LYTE M. 2021. Japanese quail (*Coturnix japonica*) as a novel model to study the relationship between the avian microbiome and microbial endocrinology-based host-microbe interactions. *Microbiome* 9(1):e38.
- MACEDO GG, DEROSI R, FRAZÍLIO FO. 2010. Evaluation of two regional anesthetic methods on the front limb of dogs using hyperbaric bupivacaine. *Acta Cir Bras* 25(3):298-303.
- MACHADO DL, LEZARDO T, GUIMARÃES JP, CLEBIS NK, GAGLIARDO KM. 2021. Origin and insertion of the nerves constituting the brachial plexus of the roadside hawk. *An Acad Bras Cienc* 93(3):e20191209.

MAIERL J, KÖNIG HE, LIEBICH HG, KORBEL R. Thoracic limb (*membrum thoracicum*). 2016. In: KÖNIG HE, KORBEL R, LIEBICH HG, eds. Avian Anatomy Textbook and Colour Atlas. 2 ed. Sheffield: 5m Publishing, p.45-61.

MICIELI F, MIRRA A, SANTANGELO B, MINICHINO A, FUENSALIDA SE, MILITO M, VESCE G, OTERO PE. 2021. Ultrasound-guided dorsal approach for the brachial plexus block in common kestrels (*Falco tinnunculus*): a cadaver study. Vet Anaesth Analg 48(4):617-621.

MOREIRA PRR, SOUZA WM, SOUZA NTM, CARVALHO RG, CUSTÓDIO AA. 2005. Arranjos configurados pelos nervos do plexo braquial no peru (*Meleagris gallapavo* – LINNAEUS, 1758). Arq Vet Sci 21(3):296-302.

MOREIRA PRR, SOUZA WM, SOUZA NTM, CARVALHO RG. 2009. Arranjos configurados pelos nervos do plexo braquial do urubu (*Coragyps atratus foetens* – Linnaeus, 1758). Braz J Vet Res Anim Sci 46(2):144-151.

NIELSEN SS, ALVAREZ J, BICOUT J, CALISTRI P, CANALI E, DREWE JA, GARIN-BASTUJI B, ROJAS JLG, SCHMIDT CG, HERSKIN M, MICHEL V, CHUECA MAM, PADALINO B, ROBERTS HC, SPOOLDER H, STAHL K, VILTROP A, WINCKLER C, BERG C, EDWARDS S, KNIERIM U, RIBER A, SALAMON A, TIEMANN I, FABRIS C, MANAKIDOU A, MOSBACH-SCHULZ O, STEDE YV, VITALI M, VELARDE A. 2023. Welfare of ducks, geese and quail on farm. EFSA J 21(5):e07992.

OTERO PE, KLAUMANN PR, PORTELA DA. 2018. Anestesia Regional – Considerações Gerais. In: OTERO PE, PORTELA DA, eds. Anestesia Regional em animais de estimação. 1 ed. São Paulo: MedVet, p.1-13.

POSPIESZNY N, PACHULSKA P, PAZDZIOR K, WUSTINGER J. 2009. Nerves of thoracic limb of the ostrich (*Struthio camelus* L.). Electron J Pol Agric Univ 12(4):1-5.

- RASTABI HI, KHAZAEEL K, NADDAF H, MASROOR R. 2022. Paravertebral brachial plexus block in sheep: A cadaveric and in vivo study. *Vet Res Forum* 13(3):363-369.
- RAYMOND SA, STEFFENSEN SC, GUGINO LD, STRICHARTZ GR. 1989. The role of length of nerve exposed to local anesthetics in impulse blocking action. *Anesth Analg* 68(5):563-570.
- SANTORO F, FRANCI P, GRANDIS A, VALGIMIGLI S. 2021. Distribution of injectates in the thoracic paravertebral space of the dog and cat: A cadaveric study. *Open Vet J* 11(1):27-35.
- SAKONJU I, MAEDA K, MAEDAWA R, MAEBASHI R, KAKUTA T, TAKASE K. 2009. Relative nerve blocking properties of bupivacaine and ropivacaine in dogs undergoing brachial plexus block using a nerve stimulator. *J Vet Med Sci* 1(10):1279-1284.
- SILVA RMN, FIGUEIREDO PO, SANTANA MI. 2015. Formação e distribuição do plexo braquial em papagaios verdadeiros (*Amazona aestiva*, Linnaeus, 1758). *Cienc Anim Bras* 16(3):464-473.
- SKELDING A, VALVERDE A, SINCLAIR M, THOMASON J, MOENS N. 2018. Anatomical characterization of the brachial plexus in dog cadavers and comparison of three blind techniques for blockade. *Vet Anaesth Analg* 45(2):203-211.
- SWINEBROAD J. 1954. A comparative study of the wing myology of certain passerines. *Am Midl Nat* 51(2):488-514.

Figure 1 – Image illustrating the needle insertion point (A) to perform brachial plexus block via the axillary approach in Japanese quails (*Coturnix japonica*).

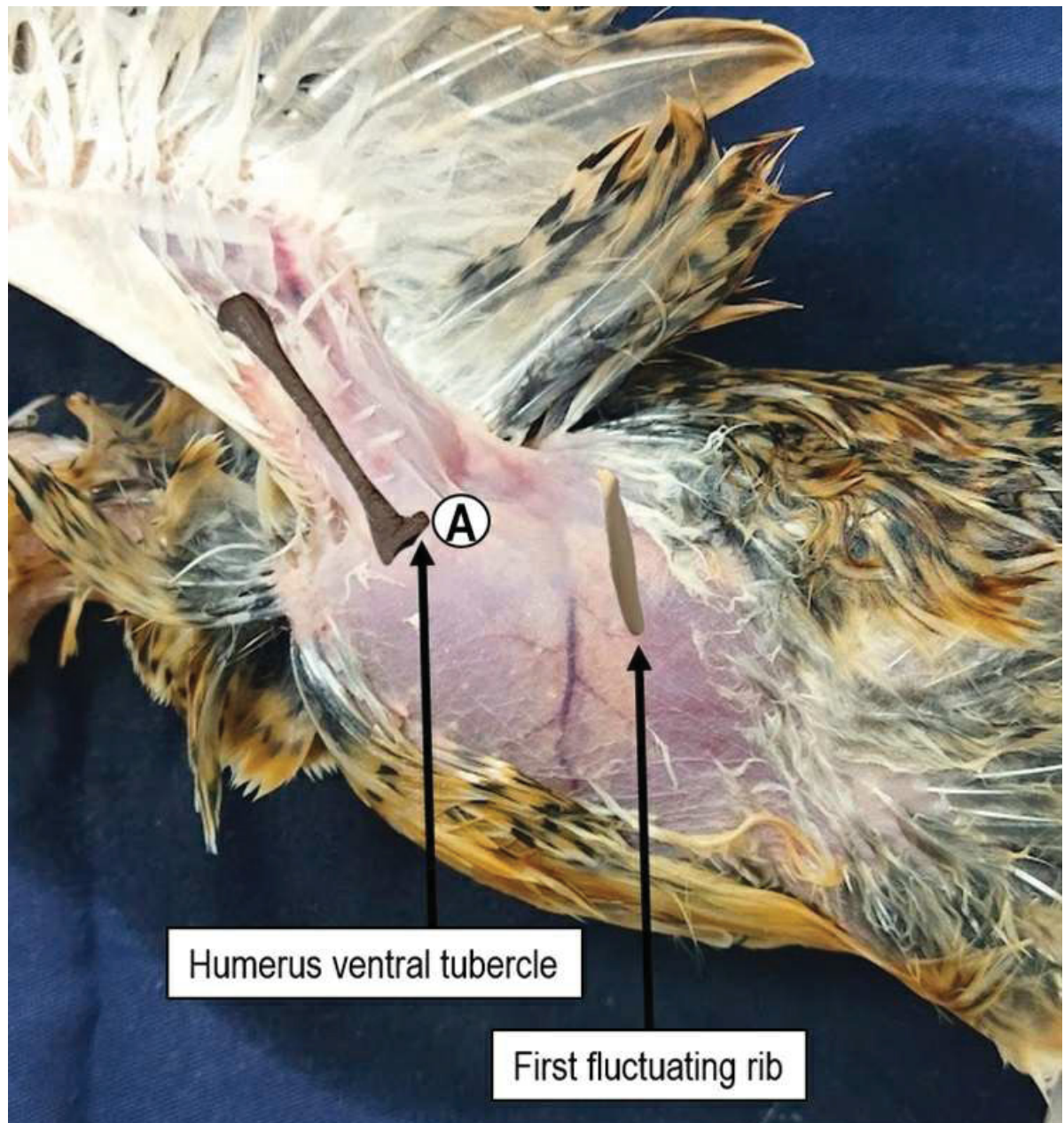
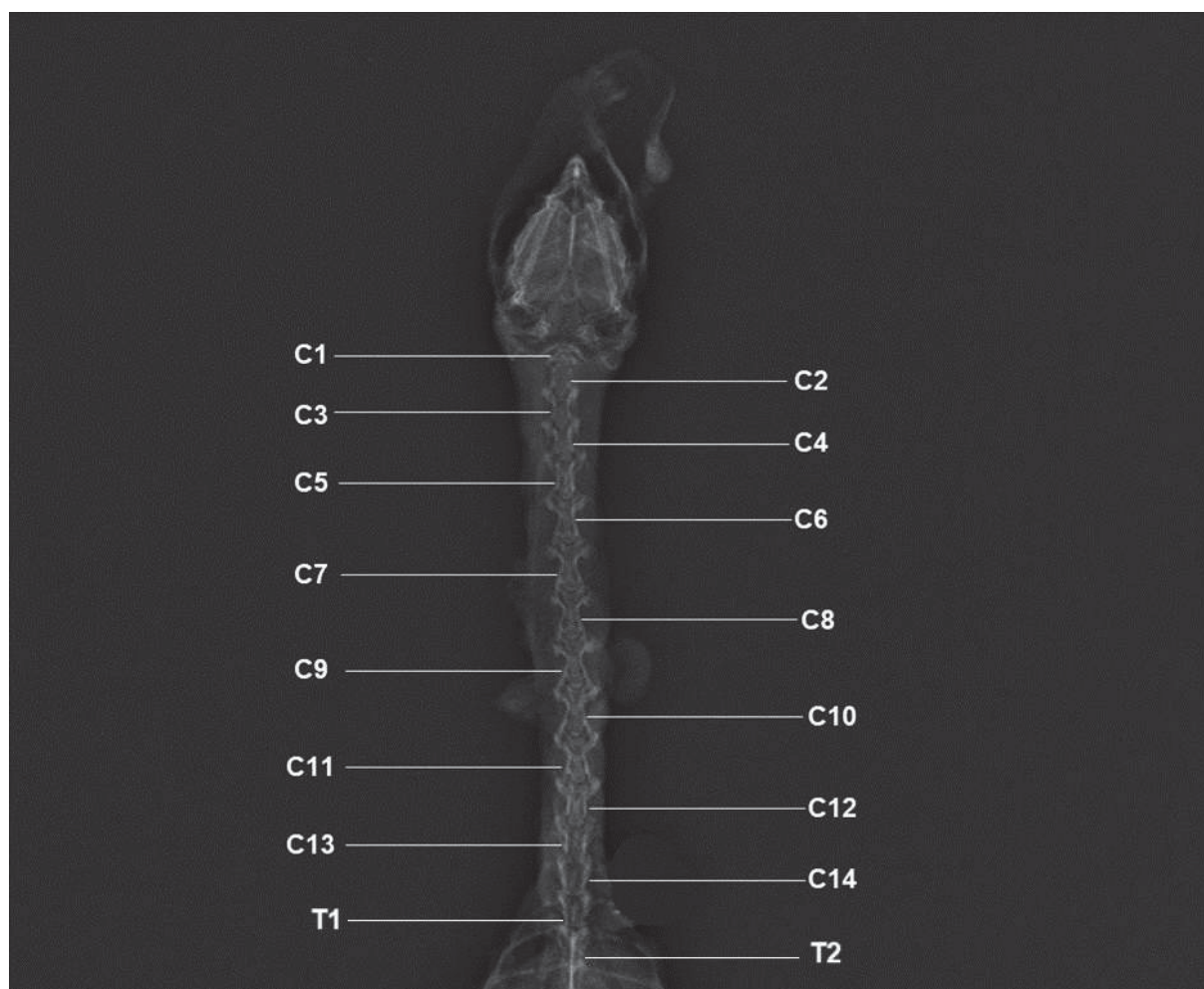
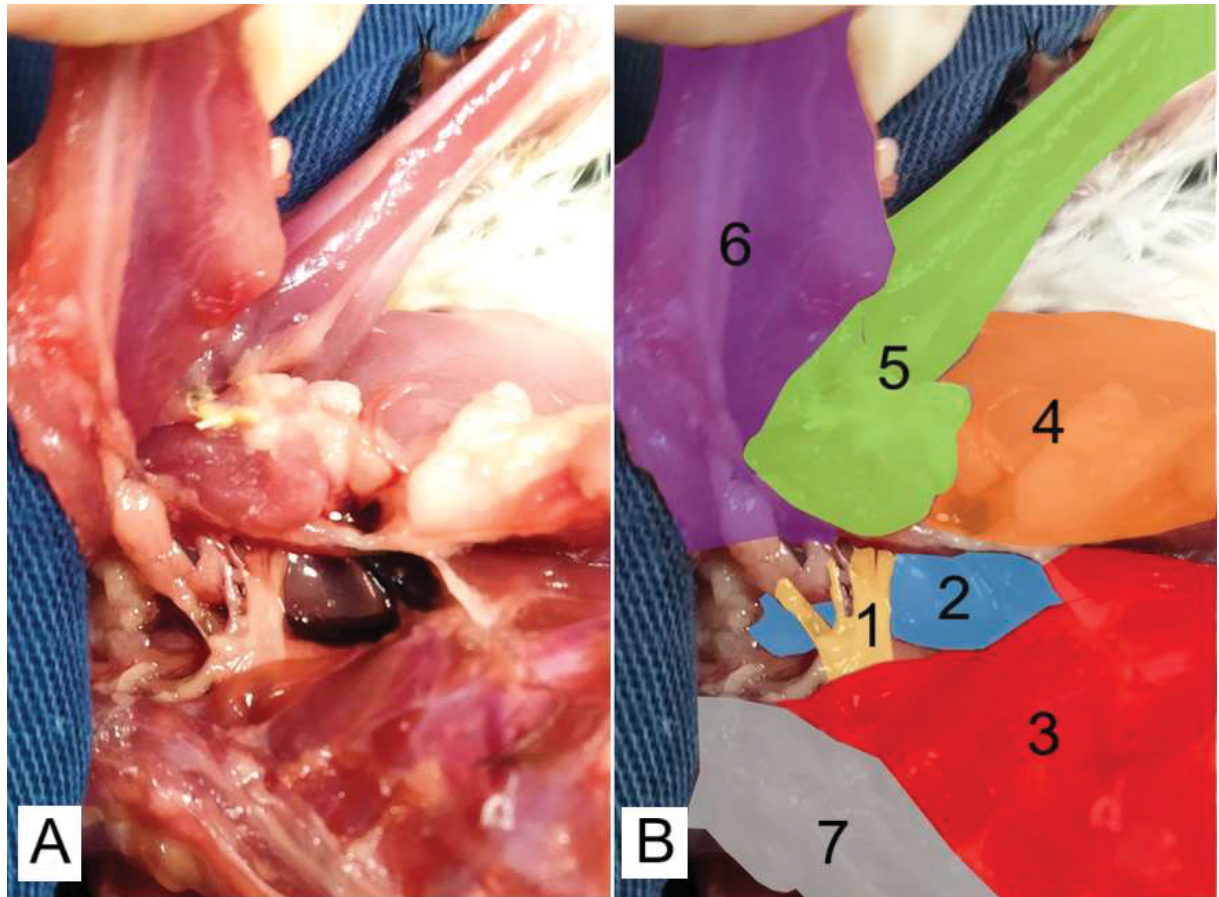


Figure 2 – Ventrodorsal X-ray of the cervical region of a Japanese quail (*Coturnix japonica*) specimen.



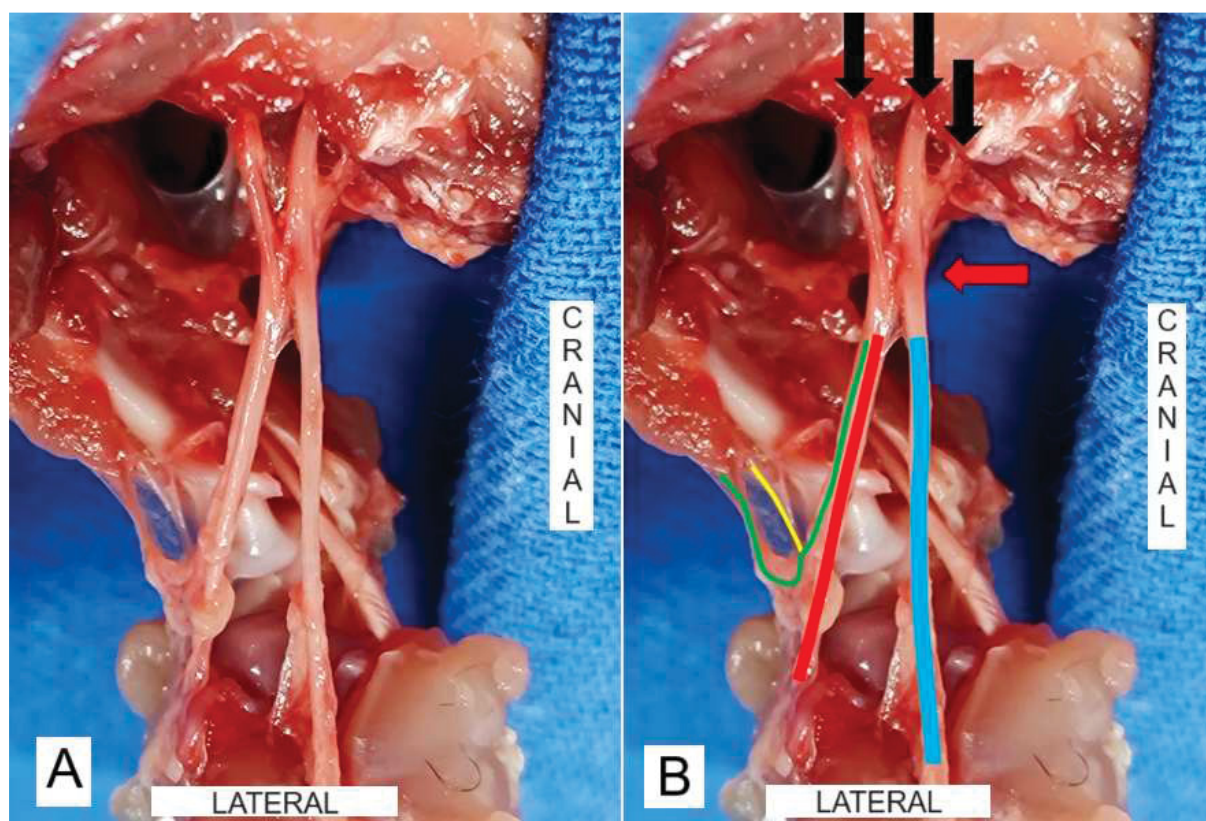
The image shows the atlas (C1), axis (C2) and other cervical vertebrae (C3 to C14). Caudal to C14, the two first thoracic vertebrae can be seen, each one with a pair of ribs. The bones of the thoracic limb, scapular girdle and keel have been retracted to better visualize the bony structures of the cervical vertebrae.

Figure 3 – Image (A) and illustrative diagram (B) of the caudal view of the brachial plexus, after the scapula has been folded back. The emergence of the nerve bundles can be seen in juxtaposition with the cervical air sac.



- 1 – Emergence of nerve bundles entering the coelomic cavity
- 2 – Cervical air sac
- 3 – Rib cage and adjacent muscles
- 4 – Pectoral muscle
- 5 – Scapula folded and disarticulated from the shoulder girdle
- 6 – Right wing – humerus region and adjacent tissues
- 7 – Cervicothoracic spine and adjacent muscles

Figure 4 – Dorsal view of the nerves that make up the brachial plexus of a Japanese quail (*Coturnix japonica*), from their vertebral nerve emergences to their insertion in the thoracic appendix and adjacent muscles (A), and their respective identifications (B).



Black arrows - Emergence of the nerve roots that make up the brachial plexus, from the vertebrae.

Red arrow - Region of approximation of the nerve bundles, approximately 1 cm ventral to the cervical vertebrae.

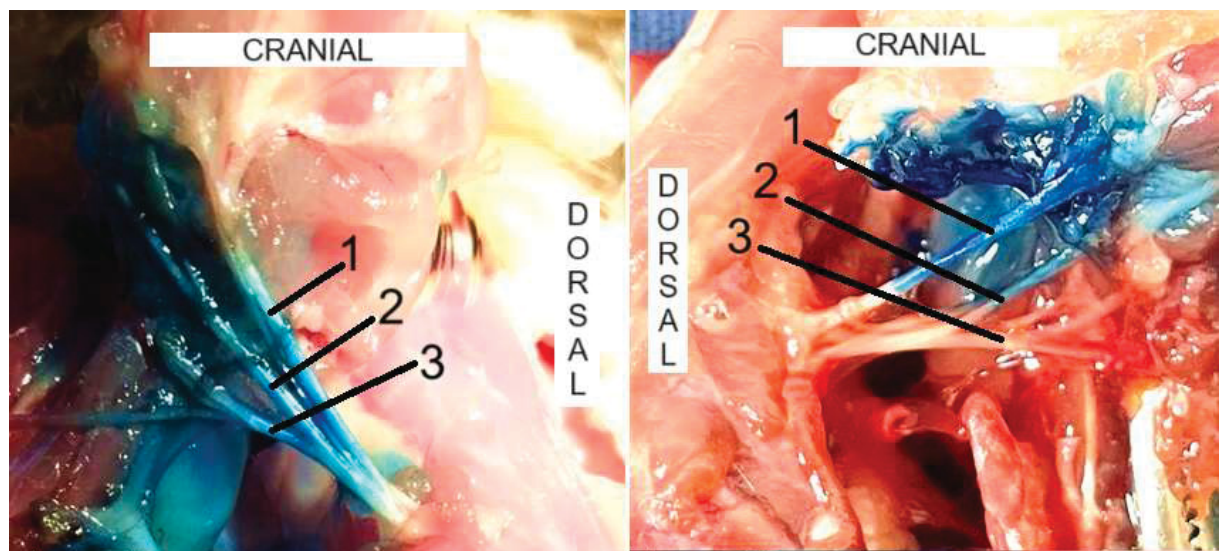
Blue line - Dorsal fascicle of the wing

Red line - Ventral fascicle of the wing

Green line - Supracoracoid nerve

Yellow line - Pectoral nerve

Figure 5 – Caudolateral view of the left brachial plexus with dye dispersion over all the nerves that make up the innervation of the wing and adjacent muscles (A), and dorsolateral view of the right brachial plexus with dye dispersion only over the dorsal and ventral fascicles of the wing (B), in Japanese quails (*Coturnix japonica*).



1 – Dorsal fascicle of the wing

2 – Ventral fascicle of the wing

3 – Nerve trunk that gives rise to the pectoral and supracoracoid nerve

Table I – Prevalence of the number and percentage of nerve roots that made up the brachial plexus of Japanese quails (*Coturnix japonica*).

n of nerve roots	n of brachial plexus	%
2	3	12.5
3	15	62.5
4	5	20.8
5	1	4.2
Total brachial plexuses:	24	100

n - Number

Table II – Contribution of nerve roots to the formation of the brachial plexus of Japanese quails (*Coturnix japonica*).

Nerve roots	n	%
C11	4 / 24	16.7
C12	15 / 24	62.5
C13	24 / 24	100
C14	23 / 24	95.8
T1	10 / 24	41.7

n – Number

Table III – Contribution of nerve roots to the formation of nerve trunks and nerves that make up the brachial plexus of Japanese quails (*Coturnix japonica*).

Nerve / Nerve trunk		C11	C12	C13	C14	T1
Wing dorsal fasciculus	N	2 / 24	5 / 24	17 / 24	6 / 24	0 / 24
	%	8	21	71	25	0
Wing ventral fasciculus	N	1 / 24	6 / 24	6 / 24	13 / 24	1 / 24
	%	4	25	25	54	4
Pectoral muscle nerve	N	0 / 24	5 / 24	9 / 24	11 / 24	5 / 24
	%	0	21	27	46	21
Supracoracoid muscle nerve	N	1 / 24	7 / 24	7 / 24	8 / 24	5 / 24
	%	4	29	29	33	21

The number of nerve origins may exceed the total number of dissected brachial plexuses (24), since some nerves originated from more than one nerve root.

Table IV – Mean, standard deviation and range (in millimeters) of methylene blue dye spread, on the different nerves and nerve trunk of the brachial plexus of Japanese quails (*Coturnix japonica*) subjected to a brachial plexus block technique using the axillary approach.

Nerve / Nerve trunk	Mean ± Standard deviation [Range]*	N of stained plexuses
Wing dorsal fasciculus	12.6 ± 2 [10 – 17] mm	16 / 16 (100%)
Wing ventral fasciculus	11.0 ± 1 [11 – 14] mm	16 / 16 (100%)
Pectoral muscle nerve	10.6 ± 2 [9 – 13] mm	10 / 16 (63%)
Supracoracoid muscle nerve	12.2 ± 2 [11 – 15] mm	10 / 16 (63%)

*Unstained nerves were excluded from the average.

3. CAPÍTULO II - COMPARAÇÃO DO BLOQUEIO DO PLEXO BRAQUIAL POR ABORDAGEM AXILAR OU DORSAL EM CODORNAS JAPONESAS

RESUMO

Objetivos: Comparar a eficácia das abordagens dorsal ou axilar do bloqueio do plexo braquial e suas possíveis complicações em codornas japonesas. **Material e métodos:** Foram utilizadas 16 codornas, machos, de seis meses de idade, peso médio de 224 ± 21 gramas, submetidas a um estudo cego e randomizado. Após jejum sólido de 2 horas, foram induzidas e mantidas anestesiadas com isoflurano via máscara facial e, procedeu-se o bloqueio do plexo braquial com bupivacaína (5 mg/kg) guiado por neuroestimulador, empregando-se as abordagens dorsal (GD) ou axilar (GA). Após recuperação anestésica das aves, a eficácia do bloqueio sensitivo foi avaliada pela presença ou ausência de resposta a um estímulo mecânico de até 600 g, por meio de um algômetro digital aplicado no osso carpal do rádio, realizado previamente ao bloqueio e a cada 15 minutos até o retorno da sensibilidade. Os animais foram avaliados quanto a presença de efeitos adversos como letargia, ataxia, convulsão ou punção acidental de saco aéreo, após o bloqueio local. A eficácia e efeitos adversos foram comparados pelo teste exato de Fisher, enquanto o tempo de bloqueio pelo teste T não pareado, com significância de 5%. **Resultados:** Ambas as técnicas dessensibilizaram a asa com 100% de eficácia, com duração média do bloqueio similar em GA (103 ± 23 min) e GD (101 ± 21 min) ($p = 0,87$). Entretanto, houve maior proporção de punção acidental do saco aéreo em GD (62% - 5/8), o que não ocorreu em GA (0/8) ($p = 0,03$). Nenhum animal do estudo apresentou letargia, ataxia ou convulsão. **Conclusões:** As abordagens dorsal e axilar do bloqueio do plexo braquial dessensibilizam a asa, mas a abordagem dorsal oferece risco de perfuração acidental do saco aéreo.

Palavras-chave: Aves. Anestesia locorregional. Bloqueio da asa. Descrição de técnica. Efeitos adversos.

ABSTRACT

Objectives: To compare the efficacy of the dorsal or axillary approaches for brachial plexus block and their potential complications in Japanese quails. **Material and Methods:** Sixteen male Japanese quails, six months old with an average weight of 224 ± 21 grams, were used in a blinded and randomized study. After a 2-hour solid food fast, the birds were induced and maintained under anesthesia with isoflurane via a facemask, and the brachial plexus block was performed with bupivacaine (5 mg/kg) guided by a nerve stimulator, using either the dorsal (GD) or axillary (GA) approaches. After recovery from anesthesia, the efficacy of the sensory block was evaluated by the presence or absence of response to a mechanical stimulus of up to 600g, using a digital algometer applied to the radio carpal bone, performed prior to the block and every 15 minutes until sensory return. The animals were also evaluated for the presence of adverse effects such as lethargy, ataxia, seizure, or accidental air sac puncture following the local block. Efficacy and adverse effects were compared using Fisher's exact test, while the block duration was analyzed using the unpaired T-test, with a significance level of 5%. **Results:** Both techniques desensitized the wing with 100% efficacy, and the mean duration of the block was similar for GA (103 ± 23 min) and GD (101 ± 21 min) ($p = 0.87$). However, a higher proportion of accidental air sac punctures occurred in GD (62% - 5/8), whereas none occurred in GA (0/8) ($p = 0.03$). No animal in the study exhibited lethargy, ataxia, or seizure. **Conclusions:** Both dorsal and axillary approaches for brachial plexus block effectively desensitize the wing; however, the dorsal approach presents a risk of accidental air sac perforation.

Keywords: Birds. Regional anesthesia. Wing block. Technique description. Adverse effects.

3.1 INTRODUÇÃO

As fraturas compõem casuística importante nas aves, sendo essa afecção associada a alto grau de dor e alta taxa de mortalidade (CARRASCO, 2019). Em aves, os estudos farmacocinéticos de fármacos analgésicos são limitados a um pequeno número de espécies, e a efetividade analgésica ainda não está completamente estabelecida (GUZMAN et al., 2020; GUZMAN e HAWKINS, 2023; REILLY et al., 2023), justificando a realização de estudos com técnicas analgésicas em aves.

O bloqueio do plexo braquial é uma técnica de anestesia locorregional empregada para promover dessensibilização do membro torácico, contribuindo para melhor analgesia trans e pós-operatória (BENIGNI et al., 2019). As abordagens axilar e paravertebral para bloqueio do plexo braquial estão descritas em diferentes espécies de mamíferos (SANTORO et al., 2021; RASTABI et al., 2022; TRUJANOVIC et al., 2022), e as principais complicações da técnica incluem pneumotórax, punção nervosa e hipotensão (RIDGE, 2014; BENIGNI et al., 2019).

Em aves, há alguns ensaios clínicos randomizados com técnicas de bloqueio do plexo braquial por abordagem dorsal e axilar, os quais falharam em demonstrar eficácia satisfatória para promover dessensibilização da asa (FIGUEREDO et al., 2008; BRENNER et al., 2010; DA CUNHA et al., 2013). Até o presente momento, há apenas um estudo que atingiu 100% de eficácia por abordagem axilar, em um modelo experimental em galinhas (CARDOZO et al., 2009).

Frente à escassez de estudos com eficácia satisfatória em dessensibilizar o membro torácico em aves, o objetivo do presente estudo foi comparar a eficácia das abordagens dorsal e axilar do bloqueio do plexo braquial e as potenciais complicações de cada abordagem, em um modelo experimental de codornas japonesas (*Coturnix japonica*).

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Ética em experimentação:

O presente estudo foi aprovado pela comissão de ética no uso de animais da Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina (UFPR – Setor Palotina), sob número de protocolo 04/2023.

Animais:

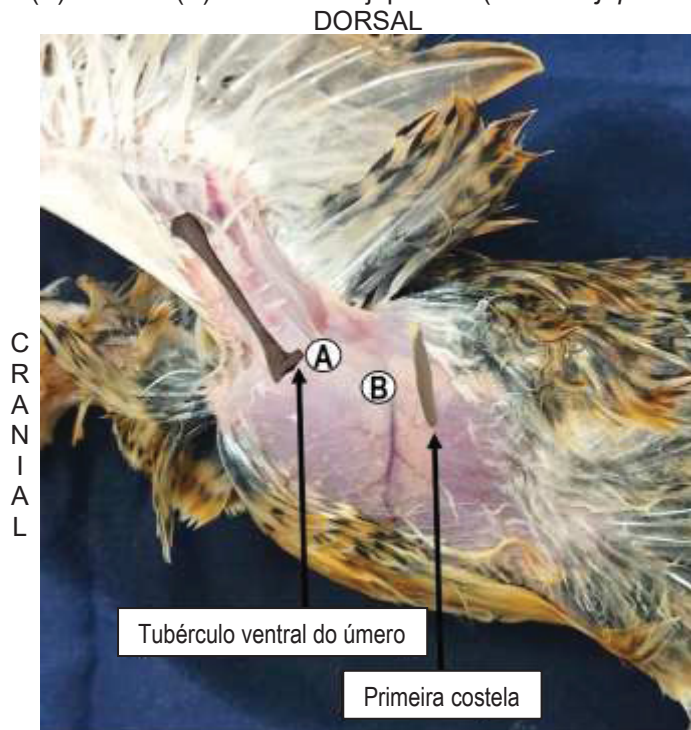
O estudo foi realizado utilizando 16 codornas japonesas (*Coturnix japonica*), machos, com peso mínimo de 190 e máximo de 260 gramas, adultos e hígidos com base em exame físico e exames hematológicos de hemograma, proteínas plasmáticas totais, aspartato aminotransferase, gamaglutamiltransferase, ácido úrico, colesterol, albumina e creatina quinase, além de exame coproparasitológico. Após adquiridos, os animais foram alojados no Biotério do Departamento de Ciências Veterinárias da UFPR – Setor Palotina, onde ficaram em um ambiente com controle de temperatura ($21 \pm 2^\circ\text{C}$) e luminosidade (12 horas de claro e escuro). Previamente à realização do experimento, os animais passaram por um período de adaptação de uma semana, durante o qual foram realizados os exames supracitados, bem como a desverminação com Toltrazuril via água de beber ($25 \mu\text{g/mL}$).

Desenho experimental:

O presente estudo é um ensaio clínico cego e randomizado por randomizador online (<http://randomizer.org>). Após jejum sólido de duas horas, realizou-se a indução anestésica com isoflurano em oxigênio, via máscara facial, e manutenção anestésica com mesmo fármaco, em concentração suficiente para manter plano anestésico adequado para realização do bloqueio, caracterizado por manutenção da frequência respiratória e ausência de resposta ao estímulo de arrancamento de penas.

Em seguida, a ave foi posicionada em decúbito lateral com a asa a ser bloqueada para cima. A asa foi abduzida dorsalmente, e procedeu-se o bloqueio do plexo braquial com bupivacaína 0,5% (5 mg/kg) guiado por estimulador de nervos periféricos (ENP) (STIMPOD – NMS 450x), com estímulos de 2 Hertz e 0,1 milissegundos usando uma agulha revestida para bloqueio de nervos periféricos 21G adaptada (MILA Stimulating Needle 21 Ga x 8cm). Empregou-se duas abordagens distintas para bloqueio do plexo braquial: a abordagem dorsal (GD), que consistiu na inserção da agulha aproximadamente 1 cm cranial à primeira costela flutuante e 1cm ventral às vértebras cervicais (Figura 1A), ou a abordagem axilar (GA), onde a agulha foi inserida imediatamente caudo-ventral ao tubérculo ventral do úmero (Figura 1B). Em ambos os grupos, o ENP foi ajustado a um estímulo elétrico de 0,5 miliampere (mA) e, a agulha inicialmente inserida em um ângulo de 90° com a pele e profundidade máxima limitada a 1 cm, seguido de ajustes na inclinação e profundidade de acordo com as respostas motoras observadas.

Figura 1 – Imagem ilustrando o local de inserção da agulha para bloqueio do plexo braquial pela abordagem axilar (A) e dorsal (B) em codorna japonesa (*Coturnix japonica*).



Fonte: O autor (2024)

Constatou-se o correto posicionamento da agulha pela presença do movimento de extensão da asa com estímulo de 0,2 mA e ausência em 0,1 mA, sendo então administrado o anestésico local, após aspiração para assegurar punção extravascular e, aplicação sem resistência, para evitar punção nervosa (FIGUEIREDO et al., 2008).

Após administração do anestésico local, o fornecimento de isoflurano foi interrompido, as aves se recuperaram da anestesia e foram mantidas em gaiolas individuais até as avaliações. A função motora da asa foi avaliada de duas formas: estática e com movimento induzido. A avaliação estática analisou a presença ou ausência da queda de asa. Já a avaliação de movimento induzido avaliou a capacidade de bater asas após as aves terem sido movimentadas manualmente em sentido vertical (30 cm).

Para avaliar a eficácia do bloqueio sensitivo, as aves foram retiradas da gaiola e um estímulo mecânico com algômetro digital Von Frey (INSIGHT® – EFF 301) foi empregado no osso carpal do rádio, limitado a uma pressão máxima de 600 g. Foi considerado como fim do bloqueio sensitivo quando a ave demonstrasse resposta de desconforto ao estímulo algíco, sendo considerado como respostas: bater asas,

tentativa de fuga e/ou vocalização. Por ser um estudo cego, as respostas motoras e sensitivas das aves foram avaliadas por um pesquisador que desconhecia a técnica empregada.

As avaliações foram realizadas previamente à realização do bloqueio (T0) e a cada 15 minutos até a ave apresentar resposta ao estímulo de até 600 g do algômetro digital. Os animais foram observados por até 1 hora após a remissão do bloqueio local, para avaliação de efeitos adversos imediatos e, a cada 12 horas por sete dias, para observação de ataxia, letargia, convulsão ou sinais de perfuração de saco aéreo, caracterizado por dispneia e enfisema de subcutâneo.

Comparou-se entre os grupos a eficácia e a duração do bloqueio sensitivo, a presença ou ausência de função motora e efeitos adversos entre as técnicas.

Análise estatística:

As variáveis de peso e duração do bloqueio foram submetidas ao teste de Shapiro-Wilk e, após comprovação de sua distribuição normal, comparadas pelo teste T não-pareado. As variáveis dicotômicas (presença/ausência de queda de asa, bater de asas e efeitos adversos) foram comparadas pelo teste exato de Fisher. Todos os testes foram analisados à 5% de significância.

3.3 RESULTADOS

O peso médio dos espécimes foi similar entre os grupos com média de 229 ± 28 gramas em GD e 221 ± 10 gramas em GA ($p = 0,39$). Ambas as técnicas foram eficazes em promover dessensibilização do apêndice torácico em 100% ($p > 0,99$) dos animais, com duração média do bloqueio similar em GA (103 ± 23 min) e GD (101 ± 21 min) ($p = 0,87$).

Quanto à função motora, todos os animais apresentaram queda de asa após a realização do bloqueio, em ambas as técnicas ($p > 0,99$). Entretanto, a incapacidade de bater asas foi observada em maior proporção no GD (88%) do que em GA (25%), já que no GA, a maior parte dos animais (75%) apresentou mobilidade da asa, apesar do bloqueio sensitivo (Tabela 1). Adicionalmente, animais que tinham a mobilidade da asa preservada, apresentaram queda de asa discreta, apenas da região do carpo-metacarpo. Já as aves que não apresentavam mobilidade da asa após o bloqueio, foi notada acentuada queda de asa.

Não foram observados letargia, ataxia ou convulsão em nenhum espécime do estudo. Entretanto, no GD houve maior proporção de punção acidental de saco aéreo ($p = 0,03$), o que não foi observado em GA (Tabela 1). Os sinais observados após punção de saco aéreo foram enfisema de subcutâneo e dispneia, os quais surgiram desde imediatamente após a realização da técnica (3 animais), até 72 horas após o bloqueio (2 animais).

Tabela 1 – Incidência de punção acidental de saco aéreo, queda de asa e de capacidade de bater asas com o bloqueio do plexo braquial pelas abordagens axilar (GA) e dorsal (GD), em codornas japonesas (*Coturnix japonica*).

	Grupos		P
	GD	GA	
Queda de asa			
Presente	8 (100%)	8 (100%)	> 0,99
Ausente	0 (100%)	0 (100%)	
Bater de asas			
Presente	1 (12%)	6 (75%)	0,04
Ausente	7 (88%)	2 (25%)	
Punção de saco aéreo			
Presente	5 (63%)	0 (0%)	0,03
Ausente	3 (37%)	8 (100%)	

p – Valor de p segundo o teste exato de Fisher

3.4 DISCUSSÃO

O presente estudo demonstrou duas técnicas de bloqueio do plexo braquial em codornas japonesas, capazes de promover dessensibilização da asa. Estudos clínicos randomizados avaliando o bloqueio do plexo braquial em aves são escassos, e segundo o conhecimento dos autores há apenas um trabalho científico utilizando a ropivacaína 0,75% (7,5 mg/kg) em galinhas (*Gallus gallus domesticus*) que atingiu eficácia de 100% na dessensibilização do membro anterior (CARDOZO et al., 2009).

Outros estudos clínicos randomizados foram realizados com o bloqueio do plexo braquial em diferentes espécies de aves e abordagens, com eficácia máxima de 67%, sendo necessários alto volume e concentração do anestésico local para maiores índices de sucesso (FIGUEREDO et al., 2008; BRENNER et al., 2010; DA CUNHA et al., 2013). De fato, nota-se que os estudos com maior eficácia utilizaram galinhas de $4,5 \pm 0,4$ kg (CARDOZO et al., 2009) e $2,0 \pm 0,2$ kg (FIGUEREDO et al., 2008). Entretanto, aves como psitacídeos e rapinantes, frequentemente atendidos na rotina clínica de animais silvestres, normalmente apresentam peso inferior, limitando o volume máximo de anestésico local que pode ser empregado com segurança. No presente estudo, optou-se pela codorna japonesa por seu tamanho reduzido, servindo de modelo experimental para aves menores.

O tempo médio de duração do bloqueio do presente estudo foi superior ao encontrado por Figueiredo e colaboradores (2008) em galinhas (91 ± 61 minutos), com o emprego da mesma dose de bupivacaína (5 mg/kg). Já com a ropivacaína, o tempo de bloqueio sensitivo foi prolongado ($115 \pm 1,2$ minutos) em galinhas (CARDOZO et al., 2009).

Similar ao presente estudo, Brenner e colaboradores (2010) avaliaram o bloqueio do plexo braquial pelas abordagens dorsal e axilar em patos-reais (*Anas platyrhynchos*), e também observaram queda de asa em dois padrões: de forma leve e de forma acentuada, sendo a última predominante na técnica dorsal, tal qual no presente estudo. A inervação sensitiva da asa provém dos feixes nervosos denominados fascículos dorsal e ventral, enquanto os músculos peitoral e supracoracoide são responsáveis pelo bater de asas e possuem inervação separada destes fascículos (KÖNIG et al., 2009; ÇEVİK-DEMIRKAN, 2014; MACHADO et al., 2021). Provavelmente, a abordagem axilar é capaz de bloquear apenas os fascículos dorsal e ventral que inervam as asas, mas não os nervos peitoral e/ou supracoracoide, justificando a manutenção do bater de asas, apesar do bloqueio sensitivo.

A alta incidência de punção de saco aéreo foi o principal fator limitante da técnica dorsal desse estudo. Segundo um estudo anatômico em codornas comuns (*Coturnix coturnix*), o saco aéreo cervical está localizado cranial ao gradil costal, percorrendo os músculos peitoral e supracoracoide, formando divertículos em suas extensões, sendo este o mais provável de ter sido perfurado durante a realização da técnica (BIANCHI et al., 2016).

No estudo que utilizou abordagem dorsal do bloqueio do plexo braquial em patos-reais, não foi observada punção acidental de saco aéreo (BRENNER et al., 2010). É possível que a anatomia do saco aéreo desta espécie seja diferente ou os autores tenham utilizado uma profundidade menor na inserção da agulha para realização do bloqueio.

A dose de bupivacaína foi definida com base em estudos anteriores para bloqueio do plexo braquial em galinhas (FIGUEREDO et al., 2008) e patos-reais (BRENNER et al., 2010). Contudo, considerando a ausência de doses seguras definidas para codornas, a avaliação de alterações comportamentais, como letargia, ataxia e convulsão, foi utilizada como indicador de intoxicação por bupivacaína. Como os sinais neurológicos precedem a depressão cardiovascular na intoxicação anestésicos locais em cães (FELDMAN et al., 1991), a ausência de alterações

comportamentais no presente estudo sugere que a dose de 5mg/kg de bupivacaína no BPB é segura para codornas.

Contudo, essa informação deve ser interpretada com cautela, pois a dose de 1,9 mg/kg de bupivacaína intravenosa induziu depressão hemodinâmica em 50% dos animais em uma população de galinhas anestesiadas (DIGERONIMO et al., 2017). É possível que a ausência de efeitos adversos do presente estudo seja devido a alta ligação da bupivacaína com as proteínas teciduais, promovendo ação prolongada e liberação lenta para a corrente sanguínea (SHAH et al., 2018). Tal fato fica evidente num estudo em cães no qual a bupivacaína por via peridural atingiu concentração plasmática equivalente a 1/10 da dose intravenosa (ARTHUR et al., 1988). No presente estudo, não foram realizadas avaliações hemodinâmicas, sendo necessários estudos adicionais para confirmar a segurança do emprego dessas doses no bloqueio local de aves.

Como limitações do estudo, a baixa miliamperagem utilizada no bloqueio pode indicar maior proximidade aos nervos do plexo, aumentando assim o risco de lesão por injúria ao tecido nervoso. Entretanto, essa proximidade com o nervo faz-se necessária pelo volume reduzido de anestésico local administrado, decorrente do baixo peso dos espécimes. Ademais, no estudo de Figueredo e colaboradores (2008) também foi realizado o bloqueio local com 0,12 mA e não foram encontrados indícios de lesão nervosa nas aves, como no presente estudo.

Não foi realizada análise de poder estatístico previamente ao estudo para definir o tamanho amostral. Entretanto, uma análise pós experimento foi realizada com a principal complicação encontrada no estudo (punção de saco aéreo) e demonstrou que com 8 animais por grupo é possível atingir um poder estatístico de 0,86 com probabilidade de erro alfa de 0,05 no teste exato de Fisher (Software G*Power 3.1.9.7).

No presente estudo, a eficácia do bloqueio foi realizada apenas pelo estímulo da região do osso carpal do rádio, visando minimizar o estresse dos animais. Desta forma, não foi possível determinar a extensão do bloqueio sensitivo nas aves por essas duas técnicas. Assim, estudos clínicos com estímulo cirúrgico de diferentes ossos são necessários para determinar se há diferença na extensão da dessensibilização da asa por essas duas técnicas de bloqueio.

3.5 CONCLUSÃO

As abordagens dorsal e axilar do bloqueio do plexo braquial promoveram bloqueio sensitivo da região do osso carpal do rádio, contudo a abordagem dorsal oferece o risco de punção acidental do saco aéreo.

REFERÊNCIAS

- ARTHUR, R.; FELDMAN, H.S.; COVINO, B.G. Comparative pharmacokinetics of bupivacaine and ropivacaine, a new amide local anesthetic. **Anesthesia and Analgesia**, v. 67, n. 11, p. 1053-1058, 1988.
- BENIGNI, L.; LAFUENTE, P.; VISCASILLAS, J. Clinical comparison of two techniques of brachial plexus block for forelimb surgery in dogs. **The Veterinary Journal**, v. 244, p. 23-27, 2019.
- BIANCHI, P.; SILVESTRE, T.; KFOURY-JUNIOR, J.R.; POSCAI, A.N.; LEANDRO, R.M.; GONÇALEZ, P.O. Topographical relationships of the air sacs of quail (*Coturnix coturnix*). **Ciência Animal Brasileira**, v. 17, n. 2, p. 279-284, 2016.
- BRENNER, D.J.; LARSEN, S.; DICKINSON, P.J.; RAYMUND, F.W.; WILLIAMS, C.; PASCOE, P.J. Development of an Avian Brachial Plexus Nerve Block Technique for Perioperative Analgesia in Mallard Duck (*Anas platyrhynchos*). **Journal of Avian Medicine and Surgery**, v. 24, n. 1, p. 24-34, 2010.
- CARRASCO. Fracture management in avian species. **Veterinary Clinics of North America Exotic Animals Practs**, v. 22, n. 2, p. 223-238, 2019.
- CARDOZO, L.B.; ALMEIDA, R.M.; FIÚZA, L.C.; GALERA, P.D. Brachial plexus blockade in chickens with 0.75% ropivacaine. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v. 36, n. 4, p. 396-400, 2009.
- ÇEVIK-DAMIRKAN, A. Anatomical structure of the brachial plexus in the Merlin (*Falco columbarius*). **Journal of Veterinary Medicine Series C**, v. 43, n. 1, p. 31-34, 2014.
- 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 Anaesthesia and Analgesia**, v. 40, n. 1, p. 96-102, 2013.
- DIGERONIMO, P.M.; DA CUNHA, A.F.; PYPENDOP, B.; BRANDÃO, J.; STOUT, R.; RINALDI, M.; TULLY-Jr, T.N. Cardiovascular tolerance of intravenous bupivacaine in broiler chickens (*Gallus gallus domesticus*) anesthetized with isoflurane. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v. 44, n. 2, p. 287-294, 2017.
- FELDMAN, H.S.; ARTHUR, R.; PITKANEN, M.; HURLEY, R.; DOUCETTE, A.M.; COVINO, B.G. Treatment of acute systemic toxicity after the rapid intravenous injection

of ropivacaine and bupivacaine in the conscious dog. **Regional Anesthesia and Pain Management**, v. 73, n. 4, p. 373-384, 1991.

FIGUEREDO, J.P.; CRUZ, M.L.; MENDES, G.M.; MARUCIO, R.L.; RICCÓ, C.H.; CAMPAGNOL, D. Assessment of brachial plexus blockade in chickens by an axillary approach. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v. 35, n. 6, p. 511-518, 2008.

GUZMAN, D. S-M.; HAWKINS, M. G.; Treatment of pain in birds. **Veterinary Clinics of North America Exotic Animals Practs**, v. 26, n. 1, p. 83-120, 2023.

KÖNIG, H.E.; MAIERL, J.; WESSENGRUBER, G.; FORSTENPOINTNER, G. History of avian anatomy. In: KÖNIG, H.E.; KORBEL, R.; LIEBICH, H.G. **Avian Anatomy**. 2 ed. Editora 5m Publishing. Sheffield, 2009, p. 2-20.

MACHADO, D.L.; LEZARDO, T.; GUIMARÃES, J.P.; CLEBIS, N.K.; GAGLIARDO, K.M. Origin and insertion of the nerves constituting the brachial plexus of the roadside hawk. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 93, n. 3, e20191209, 2021.

REILLY, B.; BROWN-HERMAN, R.; BALDREY, V. Analgesia in backyard chickens. **Veterinary Record**, v. 192, n. 11, p. 450. 2023.

RASTABI, H.I.; KHAZAEEL, K.; NADDAF, H.; MASROOR, R. Paravertebral brachial plexus block in sheep: A cadaveric and *in vivo* study. **Veterinary Research Forum**, v. 13, n. 3, p. 363-369, 2022.

RIDGE, P. Complication following a brachial plexus block. **Veterinary Record**, v. 174, n. 24, e614, 2014.

SANTORO, F.; FRANCI, P.; GRANDIS, A.; VALGIMIGLI, S. Distribution of injectates in the thoracic paravertebral space of the dog and cat: A cadaveric study. **Open Veterinary Journal**, v. 11, n. 1, p. 27-35, 2021.

SHAH, J.; VOTTA-VELIS, E.G.; BORGEAT, A. New local anesthetics. **Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology**, v. 32, n. 2, p. 179-185, 2018.

TRUJANOVIC, R.; VERDIER, N.; CALICE, I.; CHRISTIAN, K.; OTERO, P. E. Axillary ultrasound-guided approach for the brachial plexus in dog cadavers: A descriptive study. **Laboratory Animals**, v. 56, n. 2, p. 165-171, 2021.

4. CAPÍTULO III - EFEITOS DA DEXMEDETOMIDINA, MORFINA OU BUTORFANOL COMO ADJUVANTES DA BUPIVACAÍNA NO BLOQUEIO DO PLEXO BRAQUIAL POR ABORDAGEM AXILAR EM CODORNAS JAPONESAS

RESUMO

Objetivos: Comparar o efeito da dexmedetomidina, morfina ou butorfanol associados a bupivacaína sobre a extensão e duração da dessensibilização do plexo braquial em codornas japonesas. **Material e métodos:** Doze codornas fêmeas, com 75 dias e peso médio 259 ± 30 gramas foram submetidas a um estudo cruzado, cego e randomizado, com intervalo de sete dias entre tratamentos. Após jejum sólido de 2 horas, os animais foram anestesiados em máscara com isoflurano e procedeu-se bloqueio do plexo braquial guiado por neuroestimulador, com 5 mg/kg de bupivacaína 0,5% acrescida de: 2 mg/kg de morfina (MOR), ou 2 mg/kg de butorfanol (BUT), ou 10 µg/kg de dexmedetomidina (DEX), ou solução salina (SAL), padronizando-se o volume final (1,2 mL/kg) e a concentração de bupivacaína (0,42%). Os animais foram avaliados quanto a extensão do bloqueio por um estímulo mecânico de até 600g usando um algômetro digital, aplicado sobre diferentes pontos da asa, e quanto a duração do bloqueio sensitivo, pela presença ou ausência de resposta ao estímulo antes do bloqueio (T0) e a cada 15 minutos, por 180 minutos após bloqueio. **Resultados:** Não houve diferença entre tratamentos na extensão do bloqueio sensitivo ($p > 0,05$). O tempo médio de duração do bloqueio local para os tratamentos DEX, MOR, BUT e SAL foi, respectivamente, 165 ± 15 , 150 ± 14 , 94 ± 13 e 97 ± 10 minutos. Os tratamentos DEX e MOR diferiram estatisticamente de SAL ($p < 0,001$), porém não diferiram estatisticamente entre si ($p = 0,10$). No tratamento BUT, a duração do bloqueio local foi estatisticamente similar a SAL ($p = 0,53$), porém estatisticamente diferente dos tratamentos DEX e MOR ($p < 0,001$). **Conclusão:** Dexmedetomidina e morfina prolongam a duração do bloqueio local, quando adicionadas à bupivacaína no bloqueio do plexo braquial em codornas, mas nenhum adjuvante altera a extensão do bloqueio sensitivo.

Palavras-chave: Aves. Analgesia. Anestesia da asa. Anestesia locorregional.

ABSTRACT

Objectives: To compare the effect of dexmedetomidine, morphine, or butorphanol, combined with bupivacaine, on the extent and duration of brachial plexus desensitization in Japanese quails. **Materials and Methods:** Twelve female quails, 75 days old, with an average weight of 259 ± 30 grams, were subjected to a crossover, blinded, and randomized study, with a seven-day washout period. After 2 hours of solid fasting, the animals were masked-anesthetized with isoflurane, and the brachial plexus block was performed, guided by a neurostimulator. The treatments were 5 mg/kg of 0.5% bupivacaine added with: 2 mg/kg of morphine (MOR), 2 mg/kg of butorphanol (BUT), 10 μ g/kg of dexmedetomidine (DEX), or saline solution (SAL), standardizing the final volume (1.2 mL/kg) and bupivacaine concentration (0.42%). The animals were evaluated for the extent of the block using a mechanical stimulus of up to 600g with a digital algometer applied to different points on the wing, and for the duration of the sensory block by the presence or absence of response to the stimulus before the block (T0) and every 15 minutes, for 180 minutes after the block. **Results:** There was no difference between treatments in the extent of sensory block ($p > 0.05$). The mean duration of local block for the treatments DEX, MOR, BUT, and SAL was 165 ± 15 , 150 ± 14 , 94 ± 13 , and 97 ± 10 minutes, respectively. DEX and MOR treatments differed statistically from SAL ($p < 0.001$) but did not differ statistically from each other ($p = 0.10$). In the BUT treatment, the duration of local block was statistically similar to SAL ($p = 0.53$) but statistically different from DEX and MOR ($p < 0.001$). **Conclusions:** Dexmedetomidine and morphine prolong the duration of local block when added to bupivacaine in brachial plexus block in quails, but no adjuvant alters the extent of sensory block.

Keywords: Birds. Analgesia. Wing anesthesia. Regional anesthesia.

4.1 INTRODUÇÃO

A analgesia em aves é um desafio para médicos veterinários, visto que são uma classe com mais de dez mil espécies catalogadas, as quais apresentam diferenças comportamentais, anatômicas e fisiológicas (MALIK e VALENTINE, 2018; GUZMAN e HAWKINS, 2023). Ademais, o acervo científico nesta área é limitado a um pequeno número de espécies, obrigando os clínicos a realizarem extrapolações a partir dos dados disponíveis de outras espécies de aves ou até mesmo de mamíferos (MIKONI et al., 2023).

Em aves há limitado número de estudos farmacocinéticos e farmacodinâmicos sobre os fármacos analgésicos, o que dificulta o controle de dor eficiente e seguro nesses animais (CHEN et al., 2023a; GUZMAN e HAWKINS, 2023). Nesse cenário, os estudos de técnicas de anestesia local podem auxiliar no controle de dor em aves.

A anestesia local bloqueia a transdução e transmissão do estímulo nociceptivo ao SNC, sendo importante ferramenta dentro em protocolos multimodais de controle algico (OTERO et al., 2018). Dentre as técnicas de anestesia local descritas em aves, destaca-se o bloqueio do plexo braquial (BPB), principalmente pela alta casuística de fraturas de asa associado ao alto estímulo nociceptivo observado durante a osteossíntese (CARDOZO et al., 2009; DA CUNHA et al., 2013; MICIELI et al., 2021).

Em mamíferos, o BPB promove dessensibilização de todas as estruturas ósseas e tecidos moles do membro torácico quando empregado por abordagem paravertebral, e das regiões mais distais à articulação úmero-rádio-ulnar, quando empregada a técnica subescapular (ANSÓN et al., 2015; OTERO et al., 2018; RASTABI et al., 2022). Já em aves, ainda não se sabe qual a real extensão da dessensibilização promovida pelo BPB.

Outro ponto crítico sobre o uso de anestesia local para controle algico em aves é a duração do efeito dos anestésicos locais, que parece ser fugaz em relação às outras espécies. Em um estudo com anestesia espinal em galinhas, a dessensibilização local da lidocaína 2% teve duração média de 20 minutos, enquanto com a bupivacaína 0,5%, a duração média foi de 50 minutos (KHAMISABADI et al., 2021). Nesse sentido, a utilização de adjuvantes pode ser uma alternativa para prolongar o efeito da anestesia local e garantir analgesia perioperatória para esses animais.

Adjuvantes de anestésicos locais incluem fármacos que são administrados em combinação com anestésicos locais, como uma estratégia para melhorar as

características do bloqueio local (CHEN et al., 2023b). Epinefrina, agonistas alfa-2 adrenérgicos, opioides, antiinflamatórios esteroides, bicarbonato de sódio e sulfato de magnésio são exemplos de adjuvantes empregados na anestesia local (SWAIN et al., 2017; DESAI et al., 2021). Contudo em aves, apenas a epinefrina tem sido alvo de estudos como adjuvante da anestesia local até o presente momento (FIGUEREDO et al., 2008).

Desta forma, o presente estudo objetivou avaliar o efeito da dexmedetomidina, morfina ou butorfanol associados à bupivacaína, sobre a extensão e duração da dessensibilização do plexo braquial em codornas japonesas.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Ética em experimentação:

O presente estudo foi desenvolvido mediante análise e aprovação pela comissão de ética no uso de animais da Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina, sob número de protocolo 04/2023.

Animais:

Doze espécimes de codorna japonesa (*Coturnix japonica*) fêmeas, com peso mínimo de 190 e máximo de 260 gramas, adultas e híginas com base em exames físico, hematológico e coproparasitológico, foram adquiridos de um criatório comercial e alojados no Biotério do Departamento de Ciências Veterinárias da UFPR – Setor Palotina, onde ficaram em um ambiente com controle de temperatura ($21 \pm 2^{\circ}\text{C}$) e luminosidade (12 horas de claro/escuro). Este número amostral foi calculado com base nos resultados de duração do bloqueio sensitivo do bloqueio do plexo braquial obtido em estudos pilotos (103 ± 23 min), visando detectar alterações de 20% na duração do bloqueio com o índice de erro alfa ajustado a 0,05 e um poder estatístico $> 0,8$.

Design experimental:

Após jejum sólido de 2 horas, realizou-se a indução anestésica com isoflurano em oxigênio, via máscara facial, e manutenção anestésica com mesmo fármaco, em concentração suficiente para manter plano anestésico adequado para realização do bloqueio, caracterizado por manutenção da frequência respiratória e ausência de

resposta ao estímulo de arrancamento de penas e ao pinçamento manual do dígito do membro pélvico.

O BPB foi realizado com o auxílio de um neuroestimulador (STIMPOD – NMS 450x) com estímulos na ajustado à frequência de 2 Hertz e duração de 0,1 milissegundos, conectado a uma agulha revestida para bloqueio de nervos periféricos 21G adaptada (MILA Stimulating Needle 21 Ga x 8cm). Adotou-se a abordagem axilar do BPB e para isso as aves foram posicionadas em decúbito lateral, com o membro a ser bloqueado para cima. Após abdução da asa a ser bloqueada, realizou-se a identificação do tubérculo ventral do úmero, com posterior inserção da agulha imediatamente caudo-ventral a esse, em um ângulo de 90° com a pele, numa profundidade máxima de 1cm, com estímulo inicial ajustado à intensidade de 0,5 mA. A administração da solução anestésica foi realizada mediante presença do movimento de extensão da asa com estímulo de 0,2 mA e ausência em 0,1 mA (FIGUEIREDO et al., 2008).

Cada animal foi submetido a quatro tratamentos, em desenho cruzado, sendo a ordem dos tratamentos definida por sorteador digital (<http://randomizer.org>), com intervalo entre tratamentos de no mínimo 7 dias:

DEX – Com 5 mg/kg de bupivacaína (NEOCAINA® 0,5% - Cristália, Brasil) acrescida de 10 µg/kg de dexmedetomidina (DEXDOMITOR® 0,05% - Zoetis, Brasil), perfazendo a concentração final de dexmedetomidina de 8,3 µg/mL.

MOR – Com 5 mg/kg de bupivacaína acrescida de 2 mg/kg de morfina (DIMORF® 1% - Cristália, Brasil), perfazendo a concentração final de morfina de 1,6 µg/mL.

BUT – Com 5 mg/kg de bupivacaína acrescida de 2 mg/kg de butorfanol (BUTORFIN® 1% - Vetnil, Brasil), perfazendo a concentração final de butorfanol de 1,6 µg/mL.

SAL – Com 5 mg/kg de bupivacaína acrescida de 0,2 mL/kg de solução salina (Cloreto de Sódio 0,9% - Equiplex, Brasil), como tratamento controle.

O volume final dos tratamentos foi ajustado com solução salina para perfazer 1,2 mL/kg e 0,42% de concentração de bupivacaína.

Após a administração do tratamento, o fornecimento de isoflurano foi interrompido e as aves permaneceram sob oxigenioterapia até o retorno da consciência, sendo posteriormente alocadas em gaiolas individuais até as avaliações.

O pesquisador responsável pela randomização (F.B.F.) não fazia parte das avaliações do estudo.

Avaliações:

Todas as avaliações foram realizadas por dois pesquisadores que desconheciam o tratamento empregado, sendo um responsável pela contenção física da ave (C.A.F.) e o outro pela avaliação da extensão e duração do bloqueio local (R.R.D.). Para cada um dos momentos de avaliação, as aves eram retiradas da gaiola e contidas manualmente. A avaliação da presença ou ausência de resposta sensitiva ao longo do tempo foi realizada com o auxílio de um algômetro digital Von Frey (INSIGHT – EFF 301), empregando-se um estímulo mecânico de 600g sobre o osso carpal do rádio, antes do bloqueio (T0) e a cada 15 minutos, até a recuperação da resposta ao estímulo álgico. Já para avaliação da extensão do bloqueio, o estímulo álgico foi empregado sobre os pontos: osso carpal do rádio, terço médio de ulna, articulação úmero-radio-ulnar e terço médio de úmero, nesta ordem, 15 minutos após a realização do bloqueio local. O estímulo álgico era aplicado sobre todas as regiões supracitadas, independentemente de haver ou não resposta aos estímulos em outros pontos. Para tais avaliações, foi considerada a presença ou ausência de resposta ao estímulo álgico, sendo considerado como resposta: bater de asas, tentativa de fuga e/ou vocalização.

Adicionalmente, os animais foram observados quanto a presença de sinais de sedação decorrente dos fármacos adjuvantes, além de ataxia, letargia e/ou convulsão, até 4 horas após a administração dos tratamentos. Após a conclusão do estudo, todos os espécimes foram adotados como pets.

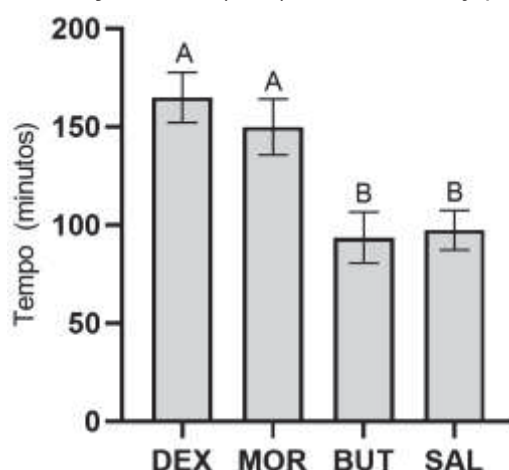
Análise estatística:

Os dados de duração do bloqueio local foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e, após comprovada sua distribuição normal, foram comparadas pelo teste de Tukey. A extensão do bloqueio local foi comparada pelo teste exato de Fisher, em comparações entre cada tratamento. As análises foram realizadas com nível de significância de 5%.

4.3 RESULTADOS

Os animais selecionados para o estudo apresentaram peso médio de 259 ± 30 gramas. O tempo médio de duração do bloqueio local para os tratamentos DEX, MOR, BUT e SAL foi, respectivamente, 165 ± 15 , 150 ± 14 , 94 ± 13 e 97 ± 10 minutos (Figura 1). Os tratamentos DEX e MOR diferiram estatisticamente de SAL ($p < 0,001$), porém não diferiram estatisticamente entre si ($p = 0,10$). No tratamento BUT, a duração do bloqueio local foi estatisticamente similar a SAL ($p = 0,53$), porém estatisticamente diferente dos tratamentos DEX e MOR ($p < 0,001$).

Figura 1 – Duração, em minutos, da dessensibilização da asa na altura do osso carpal do rádio, após bloqueio do plexo braquial guiado por estimulador de nervos periféricos, com bupivacaína (5 mg/kg) acrescida de: 10 μ g/kg de dexmedetomidina (DEX), ou 2 mg/kg de morfina (MOR), ou 2 mg/kg de butorfanol (BUT), ou solução salina (SAL), em codornas japonesas.



Letras diferentes sobre as colunas diferem estatisticamente entre si.
Fonte: O autor (2024)

A extensão da dessensibilização da asa se apresentou de duas formas: estendendo-se por todos os pontos avaliados, desde o osso carpal do rádio até o terço médio do úmero; ou limitando-se do osso carpal do rádio até a articulação úmero-radio-ulnar. Nenhum dos tratamentos interferiu sobre a extensão do bloqueio local (Tabela 1). Em uma avaliação global, independentemente dos tratamentos empregados, observou-se que o bloqueio do plexo braquial se estendeu até o terço médio do úmero em 39 das 48 repetições (81%) do presente estudo.

Não foram observados sinais de sedação, letargia, ataxia e/ou convulsão, em nenhuma das aves do experimento até 4 horas após a realização do bloqueio local.

Tabela 1 – Número absoluto e percentagem de codornas que apresentaram dessensibilização até o terço médio do úmero ou até a articulação úmero-radio-ulnar, após o bloqueio do plexo braquial guiado por estimulador de nervos periféricos, com bupivacaína (5 mg/kg) acrescida de: 10 µg/kg de dexmedetomidina (DEX), ou 2 mg/kg de morfina (MOR), ou 2 mg/kg de butorfanol (BUT), ou solução salina (SAL).

Tratamentos	Extensão do bloqueio		p
	Osso carpal do rádio até terço médio do úmero	Osso carpal do rádio até a articulação úmero-radio-ulnar	
DEX	12 / 12 (100%)	0 / 12 (0%)	0,18
MOR	10 / 12 (83%)	2 / 12 (17%)	
BUT	9 / 12 (75%)	3 / 12 (25%)	
SAL	8 / 12 (67%)	4 / 12 (33%)	

p = Valor de p segundo o teste do qui-quadrado

4.4 DISCUSSÃO

Este estudo demonstrou que tanto a dexmedetomidina como a morfina, quando administradas via perineural como adjuvantes na anestesia locorregional com bupivacaina, são capazes de prolongar o tempo até o retorno da sensibilidade no membro torácico das aves, sendo este tempo prolongado em 1,7 vezes com a dexmedetomidina e 1,5 vezes com a morfina, quando comparado ao grupo controle (SAL). Tal fato é especialmente importante devido a escassez de estudos com adjuvantes de anestesia local em aves.

Na medicina humana, a dose de adjuvantes de anestesia local varia de 10 a 60% da dose habitual sistêmica (LIKAR et al., 2001; KESKINBORA e AYDINLI, 2009; SWAIN et al., 2017). Desse modo, a dose de dexmedetomidina empregada no presente estudo (10 µg/kg) correspondeu a 20% da dose efetiva para promover sedação em 99% de uma população (ED₉₉) de galinhas domésticas (FITHIAN et al., 2024). Para ambos os opioides optamos por utilizar 20% da dose efetiva (10 mg/kg) relatada em codornas japonesas (EVRARD e BALTHAZART, 2002). Para todos os tratamentos propostos, não foram observados sinais de depressão do nível de consciência e ataxia que pudessem sugerir um efeito sedativo sistêmico do fármaco adjuvante.

A dexmedetomidina demonstrou efeitos desejáveis como adjuvante à anestesia local em diferentes estudos na literatura humana e veterinária, sendo observado um menor tempo de latência e maior tempo de duração da dessensibilização local (CHEN et al., 2023b; DI BELLA et al., 2023). A modulação das “correntes H” neuronais pode estar envolvida nesses efeitos (SHIRASAKA et al., 2007; BRUMMET et al., 2011). Essas correntes são responsáveis pela excitabilidade neural, e agem aumentando a frequência das despolarizações das fibras nervosas, estando frequentemente envolvidas em processos dolorosos patológicos como a dor neuropática e alodinia (DALLE e EISENACH, 2005). O efeito modulatório da dexmedetomidina sobre as correntes H, somado à inibição dos canais de potássio e dos canais de sódio também exercido pelo fármaco, causam hiperpolarização das fibras nervosas, contribuindo assim para o efeito da anestesia local (CHEN et al., 2023b).

A dexmedetomidina também induz a vasoconstrição local, mediada principalmente por receptores alfa-2 periféricos, que reduzem a perfusão sanguínea local, o que causa retardo da absorção do fármaco do tecido perineural para a circulação sistêmica (HUSSAIN et al., 2023). Assim, estudos demonstram que mesmo

a administração sistêmica de dexmedetomidina pode prolongar a duração da anestesia local, embora não de forma tão efetiva quanto sua administração perineural (BRUMMET et al., 2010; ACQUAFREDDA et al., 2023). Contudo, em um estudo em ratos, a administração sistêmica de um antagonista farmacológico da dexmedetomidina não foi capaz de alterar o seu efeito perineural, sugerindo um mecanismo diferente do alfa-2 como adjuvante na anestesia local (BRUMMETT et al., 2011). Considerando que adexmedetomidina apresenta efeito analgésico sistêmico comprovado em humanos e animais (CHEN et al., 2023b; CARDOZO et al., 2024), é possível que a dexmedetomidina aumente a tolerância das codornas ao estímulo do algômetro digital, pelo seu efeito sistêmico.

Embora a literatura demonstre redução na latência do bloqueio local com a dexmedetomidina (CHEN et al., 2023b), este estudo não permite a avaliação desse parâmetro, visto que na primeira avaliação (15 minutos após o bloqueio local) todos os animais já estavam com o membro dessensibilizado. Os autores optaram por não avaliar antes dos 15 minutos, pois a sedação residual do isoflurano poderia interferir na avaliação clínica.

Com relação a morfina como adjuvante de anestésicos locais, estudos em humanos não observaram aumento da duração do tempo de bloqueio sensitivo. Porém, esses estudos demonstraram que a morfina pode exercer analgesia perineural, reduzindo os escores de dor nos pacientes no pós-operatório (LIKAR et al., 2001; KESKINBORA e AYDINLI, 2009; SWAIN et al., 2017).

Já na medicina veterinária, a morfina é utilizada adicionada aos anestésicos locais principalmente na anestesia peridural, uma vez que seu perfil hidrossolúvel dificulta sua eliminação do espaço peridural, causando analgesia por tempo prolongado (OTERO et al., 2018). Entretanto, não foram encontrados estudos com o uso perineural da morfina em bloqueios de nervos periféricos, como adjuvante de anestésicos locais na medicina veterinária, buscando nas bases de dados Pubmed, CAPES e Science Direct, com as palavras-chaves “*peripheral nerve block*”, “*morphine*”, “*local anaesthesia*”, “*local block adjunct*”, até o ano de 2024. Estudos com outros opioides agonista MOP demonstraram prolongar o efeito da anestesia local em ratos (KAYSER et al., 1990; CARNAVAL et al., 2013).

A morfina (10 mg/kg) por via sistêmica já demonstrou aumentar o limiar nociceptivo para um estímulo de até 750g exercido sobre o membro pélvico de codornas japonesas, bem como ao estímulo nociceptivo térmico (*hot water test*),

sugerindo um efeito analgésico (EVRARD e BALTHAZART, 2002). Assim, é provável que a morfina perineural tenha conferido analgesia adicional, caracterizada pelo aumento da tolerância ao estímulo nociceptivo do algômetro digital. Mais estudos são necessários para investigar o efeito analgésico perineural, bem como o efeito da morfina sobre o tempo de duração da anestesia local em aves.

O interesse pelo butorfanol em aves emergiu após um estudo de Reiner e colaboradores (1989), que detectou maior predomínio de receptores opioides do tipo KOP no sistema nervoso central de pombos (*Columba* sp.). De fato, estudos em diferentes espécies de aves demonstraram uma maior tolerância ao estímulo térmico e mecânico, após o uso de butorfanol nestas espécies, sugerindo um efeito analgésico decorrente da analgesia por agonismo kappa (GUZMAN et al., 2014; LANIESSE et al., 2020). Entretanto, no presente estudo, não foram detectados efeitos aditivos do butorfanol como adjuvante do anestésico local no aumento da duração do bloqueio.

O presente estudo demonstrou que o bloqueio do plexo braquial pela abordagem axilar, com a inserção da agulha imediatamente caudo-ventral ao tubérculo ventral do úmero, foi capaz de promover dessensibilização até o terço médio do úmero na maior parte das repetições realizadas (81%). Em cães, a abordagem subescapular do bloqueio do plexo braquial promove dessensibilização de estruturas ósseas e tecidos moles a partir da articulação úmero-rádio-ulnar e todas as demais estruturas distais do membro, enquanto a abordagem paravertebral é capaz de dessensibilizar todo o apêndice torácico (OTERO et al., 2018). Segundo o conhecimento dos autores, não há estudos até o momento que conseguiram demonstrar a extensão da área dessensibilizada pelo bloqueio do plexo braquial em aves, sendo este o primeiro estudo a demonstrar essa informação.

Como limitações, os parâmetros hemodinâmicos das aves não foram monitorados ao longo das avaliações nociceptivas, para avaliar a segurança das doses empregadas dos fármacos. Ao invés disso, os autores utilizaram a avaliação de parâmetros comportamentais como sedação, ataxia, letargia e convulsão. Uma das principais complicações apontadas por uma meta-análise que avalia o uso perineural da dexmedetomidina em pessoas é a depressão hemodinâmica promovida pelo fármaco (CHEN et al., 2023b). Entretanto, no presente estudo, a dose perineural empregada foi pelo menos quatro vezes menor que as indicadas como seguras em estudos em psitacídeos e rapinantes e, vale ressaltar, que nenhum efeito sedativo foi

observado nos espécimes do tratamento DEX (SANTANGELO et al., 2009; MUMM e MANS, 2022).

Para a avaliação da extensão da anestesia local, a ausência de uma avaliação basal da sensibilidade, antes da anestesia local, representa uma limitação do estudo, pois impossibilita determinar se as aves responderiam aos estímulos em todos os pontos avaliados sem a realização do bloqueio local.

Outra limitação é que não há estudos sobre a segurança da dose empregada de bupivacaína em codornas. A dose empregada no presente estudo foi baseada em estudos em outras espécies de aves, que utilizaram até 8 mg/kg de bupivacaína para bloqueio do plexo braquial em aves (BRENNER et al., 2010). A ausência de efeitos adversos no presente estudo (sedação, letargia e/ou convulsão) sugere que a dose empregada seja adequada.

Entretanto, em galinhas anestesiadas, a dose de 1,9 mg/kg de bupivacaína intravenosa induziu depressão hemodinâmica em 50% da população (DIGERONIMO et al., 2017). É possível que a ausência de efeitos adversos do presente estudo seja devido a alta ligação da bupivacaína com as proteínas teciduais, promovendo ação prolongada e liberação lenta para a corrente sanguínea (SHAH et al., 2018). Tal fato fica evidente num estudo em cães no qual a bupivacaína por via peridural atingiu concentração plasmática equivalente a 1/10 da dose intravenosa (ARTHUR et al., 1988). No presente estudo, não foram realizadas avaliações hemodinâmicas, sendo necessários estudos adicionais para confirmar a segurança do emprego destas doses no bloqueio local de aves.

4.5 CONCLUSÃO

A dexmedetomidina e a morfina prolongam o tempo de bloqueio sensitivo quando adicionadas à bupivacaína no bloqueio do plexo braquial por abordagem axilar em codornas japonesas. O butorfanol não foi capaz de interferir no tempo de resposta ao estímulo algico. A extensão da dessensibilização do bloqueio do plexo braquial variou entre o terço médio do úmero e articulação úmero-rádio-ulnar, sem sofrer interferência dos adjuvantes empregados.

REFERÊNCIAS

- ACQUAFREDDA, C.; STABILE, M.; LACITIGNOLA, L.; CENTONZE, P.; DI BELLA, C.; CROVACE, A.; FIORENTINO, M.; STAFFIERI, F. Clinical efficacy of dexmedetomidine combined with lidocaine for femoral and sciatic nerve blocks in dog undergoing stifle surgery. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v. 48, n. 6, p. 962-971, 2021.
- ANSÓN, A.; LAREDO, F.G.; GIL, F.; SOLER, M.; BELDA, E.; AVALA, 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.
- ARTHUR, R.; FELDMAN, H.S.; COVINO, B.G. Comparative pharmacokinetics of bupivacaine and ropivacaine, a new amide local anesthetic. **Anesthesia and Analgesia**, v. 67, n. 11, p. 1053-1058, 1988.
- BRUMMETT, C.M.; AMODEO, F.S.; JANDA, A.M.; PADDA, A.K.; LYDIC, R. Perineural dexmedetomidine provides an increased duration of analgesia to a thermal stimulus when compared with a systemic control in a rat sciatic nerve block. **Regional Anesthesia and Pain Medicine**, v. 35, n. 5, p. 427-431, 2010.
- BRUMMETT, C.M.; HONG, E.K.; JANDA, A.M.; AMODEO, F.S.; LYDIC, R. Perineural dexmedetomidine added to ropivacaine for sciatic nerve block in rats prolongs the duration of analgesia by blocking the hyperpolarization-activated cation current. **Anesthesiology**, v. 115, n. 4, p. 836-843, 2011.
- CARDOZO, L.B.; ALMEIDA, R.M.; FIÚZA, L.C.; GALERA, P.D. Brachial plexus blockade in chickens with 0.75% ropivacaine. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v. 36, n. 4, p. 396-400, 2009.
- CARNAVAL, T.G.; SAMPAIO, R.M.; LANFREDI, C.B.; BORSATTI, M.A., ADDE, C.A. Effects of opioids on local anesthesia in the rat: a codeine and tramadol study. **Anesthesiology**, v. 27, n. 6, p. 455-462, 2013.
- CHEN, J.C.; YANG, F.; DUAN, M.H.; LI, Z.E.; DAI, Y.; ZHANG, M.; YANG, F. Pharmacokinetics of meloxicam in pigeons after single intravenous, oral, and intramuscular administration. **Poultry Science**, v. 102, n. 9, e102869, 2023a.
- CHEN, Z.; LIU, Z.; FENG, C.; JIN, Y.; ZHAO, X. Dexmedetomidine as an adjuvant in peripheral nerve block. **Drug Desig, Development and Therapy**, v. 17, n. 17, p. 1463-1484, 2023b.
- 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 Anaesthesia and Analgesia**, v. 40, n. 1, p. 96-102, 2013.
- DALLE, C.; EISENACH, J.C. Peripheral block of the hyperpolarization-activated cation current (I_h) reduced mechanical allodynia in animal models of postoperative and

neuropathic pain. **Regional Anesthesia and Pain Medicine**, v. 30, n. 3, p. 243-248, 2005.

DESAI, N.; KIRKHAM, K.R.; ALBRECHT, E. Local anaesthetic adjuncts for peripheral regional anaesthesia: a narrative review. **Anaesthesia**, v. 76, n. 1, p. 100-109, 2021.

DI BELLA, C.; PENNASILICO, L.; BOTTO, R.; SALVAGGIO, A.; GALOSI, M.; STAFFIERI, F.; PICCIONELLO, A.P. Efficacy of dexmedetomidine as adjuvant to bupivacaine in femoral-sciatic nerve blocks in dogs undergoing tibial plateau levelling osteotomy (TPLO). **Research in Veterinary Science**, v. 154, p. 124-131, 2023.

DIGERONIMO, P.M.; DA CUNHA, A.F.; PYPENDOP, B.; BRANDÃO, J.; STOUT, R.; RINALDI, M.; TULLY-Jr, T.N. Cardiovascular tolerance of intravenous bupivacaine in broiler chickens (*Gallus gallus domesticus*) anesthetized with isoflurane. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v. 44, n. 2, p. 287-294, 2017.

EPPOLITO, A.K.; FRANCE, C.P.; GERAU, L.R. Effects of acute and chronic morphine on delay discounting in pigeons. **Journal of the Experimental Analysis of Behavior**, v. 99, n. 3, p. 277-289, 2013.

EVARD, H.C.; BALTHAZART, J. The assessment of nociceptive and non-nociceptive skin sensitivity in the Japanese quail (*Coturnix japonica*). **Journal of Neuroscience Methods**, v. 116, n. 2, p. 135-146, 2002.

FIGUEREDO, J.P.; CRUZ, M.L.; MENDES, G.M.; MARUCIO, R.L.; RICCÓ, C.H.; CAMPAGNOL, D. Assessment of brachial plexus blockade in chickens by an axillary approach. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v. 35, n. 6, p. 511-518, 2008.

FITHIAN, J.; DODEN, G.; BRANDÃO, J. Effective dose of dexmedetomidine with nalbuphine hydrochloride ou butorphanol tartrate for sedation in buff orpington hens (*Gallus gallus domesticus*). **Journal of Avian Medicine and Surgery**, v. 38, n. 3, p. 133-140, 2024.

GUZMAN, D.S.M.; HAWKINS, M.G. Treatment of Pain in Birds. **Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice**, v. 26, n. 1, p. 83-120, 2023.

GUZMAN, D.S.M.; CEULEMANS, S.M.; BEAUFRÈRE, H.; PAUL-MURPHY, J.R. Evaluation of the thermal antinociceptive effects of a sustained-release buprenorphine formulation after intramuscular administration to American kestrels (*Falco sparverius*). **Journal of Avian Medicine and Surgery**, v. 32, n. 1, p. 1-7, 2018.

GUZMAN, D.S.M.; DRAZENOVICH, T.L.; OLSEN, G.H.; WILLITS, N.H.; PAUL-MURPHY, J.R. Evaluation of thermal antinociceptive effects after oral administration of tramadol hydrochloride to American kestrels (*Falco sparverius*). **American Journal of Veterinary Research**, v. 75, n. 2, p. 117-123, 2014.

GUZMAN, D.S.M.; DRAZENOVICH, T.L.; KUKANICH, B.; OLSEN, G.H.; WILLITS, N.H.; PAUL-MURPHY, J.R. Evaluation of thermal antinociceptive effects and pharmacokinetics after intramuscular administration of butorphanol tartrate to

American kestrels (*Falco sparverius*). **American Journal of Veterinary Research**, v. 75, n. 1, p. 11-18, 2014.

HOPPE, S.; FLAMMER, K.; HOERSCH, K.; PAPICH, M.; PAUL-MURPHY, J. Disposition and analgesic effects of fentanyl in white cockatoos (*Cacatua alba*). **Journal of Avian Medicine and Surgery**, v. 17, n. 3, p. 124-130, 2003.

HUSSAIN, N.; GRZYWACZ, V.P.; FERRERI, C.A.; ATREY, A.; BANFIELD, L.; SHAPARIN, N.; VYDYANATHAN, A. Investigating the efficacy of dexmedetomidine as an adjuvant to local anesthesia in brachial plexus block – A systematic review and meta-analysis of 18 randomized controlled trials. **Regional Anesthesia and Acute Pain**, v. 42, n. 2, p. 184-196, 2017.

KAYSER, V.; GABEAUX, D.; LOMBARD, M.C.; GUILBAUD, G.; BESSON, J.M. Potent and long lasting antinociceptive effects after injection of low doses of a mu-opioid receptor agonist, fentanyl, into the brachial plexus sheath of the rat. **Pain**, v. 42, n. 2, p. 215-225, 1990.

KESKINBORA, K.; AYDINLI, I. Perineural morphine in patients with chronic ischemic lower extremity pain: efficacy and long-term results. **Journal of Anesthesia**, v. 23, n. 1, p. 1-18, 2009.

KHAMISABADI, A.; KAZEMI-DARABADI, S.; GHASEM, A. Comparison of Anesthetic Efficacy of Lidocaine and Bupivacaine in Spinal Anesthesia in Chickens. **Journal of Avian Medicine and Surgery**, v. 35, n. 1, p. 60-67, 2021.

LANIESSE, D.; GUZMAN, D.S.M.; SMITH, D.A.; DOUGLAS, J.M.; MOSLEY, C.; BEAUFRÈRE, H.; PAUL-MURPHY, J. Evaluation of the thermal antinociceptive effects of subcutaneous administration of butorphanol tartrate or butorphanol tartrate in a sustained-release poloxamer 407 gel formulation to orange-winged Amazon parrots (*Amazona amazonica*). **American Journal of Veterinary Research**, v. 81, n. 7, p. 543-550, 2020.

LIKAR, R.; KOPPERT, W.; BLATNIG, H.; CHIARI, F.; SITTL, R.; STEIN, C.; SCHAFER, M. Efficacy of peripheral morphine analgesia in inflamed, non-inflamed and perineural tissue of dental surgery patients. **Journal of Pain and Symptom Management**, v. 21, n. 4, p. 330-337, 2001.

MICIELI, F.; MIRRA, A.; SANTANGELO, B.; MINICHINO, A.; FUENSALIDA, S.E.; MILITO, M.; VESCE, G.; OTERO, P.E. Ultrasound-guided dorsal approach for the brachial plexus block in common kestrels (*Falco tinnunculus*): a cadaver study. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v. 48, n. 4, p. 617-621, 2021.

MIKONI, N.A.; GUZMAN, D.S.M.; PAUL-MURPHY, J. Pain recognition and assessment in birds. **Veterinary Clinics of North America: Exotic Animals Practice**, v. 26, n. 1, p. 65-81, 2023.

MUMM, L.E.; MANS, C. Evaluation of dexmedetomidine-midazolam sedation in budgerigars (*Melopsittacus undulatus*). **Journal of the American Veterinary Medicine Association**, v. 260, n. 10, p. 1194-1199, 2022.

OTERO, P.E.; KLAUMANN, P.R.; PORTELA, D.A. Anestesia Regional – Considerações Gerais. In: OTERO, P.E.; PORTELA, D.A. **Anestesia Regional em animais de estimação**. 1 ed. Editora MedVet. São Paulo, 2018, p. 1-13.

REINER, A.; BRAUTH, S.E.; KITT, C.A.; QUIRION, R. Distribution of mu, delta, and kappa opiate receptor types in the forebrain and midbrain of pigeons. **Journal of Comparative Neurology**, v. 280, n. 3, p. 359-382, 1989.

SANTANGELO, B.; FERRARI, D.; DI MARTINO, I.; BELLI, A.; CORDELLA, C.; RICCO, A.; TROISI, S.; VESCE, G. Dexmedetomidine chemical restraint of two raptor species undergoing inhalation anaesthesia. **Veterinary Research Communications**, v. 33, n. 1, p. 209-211, 2009.

SHAH, J.; VOTTA-VELIS, E.G.; BERGEAT, A. New local anesthetics. **Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology**, v. 32, n. 2, p. 179-185, 2018.

SHIRASAKA, T.; KANNAN, H.; TAKASAKI, M. Activation of a G Protein-coupled Inwardly Rectifying K⁺Current and Suppression of ^hContribute to Dexmedetomidine-induced Inhibition of Rat Hypothalamic Paraventricular Nucleus Neurons. **Laboratory Investigations**, v. 107, n. 4, 605-615, 2007.

SWAIN, A.; NAG, D.S.; SAHU, S.; SAMADDAR, D.P. Adjuvants to local anesthetics: Current understanding and future trends. **World Journal of Clinical Cases**, v. 16, n. 5, p. 307-323, 2017.

ANEXO 1 – Certificado do Comissão de Ética no Uso de Animais

Ministério da Educação
Universidade Federal do Paraná
Setor Palotina
Comissão de Ética no Uso de Animais



Certificado

Certificamos que o **Protocolo nº 04/2023** referente ao projeto de pesquisa **O plexo braquial em codornas – descrição em cadáveres e avaliação in vivo** sob responsabilidade da **Profa. Fabíola Bono Fukushima**, está de acordo com os Princípios Éticos da Experimentação Animal, adotado pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) e foi **APROVADO** pela Comissão de Ética no Uso de Animais do Setor Palotina da UFPR (CEUA/Palotina) em **19/02/2023**.

O Docente responsável pelo envio do formulário deve estar ciente de que deve:

- informar qualquer intercorrência, efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo;
- informar sobre a necessidade de modificações ou emendas ao protocolo que foi descrito e aprovado, identificando a parte do protocolo a ser modificada e apresentando justificativas claras

Palotina, 19 de fevereiro de 2023.

Certificate

*Certify that the **Protocol n. 04/2023** regarding the research project **Quail brachial plexus: cadaveric description and in vivo evaluation** of Fabíola Bono Fukushima is according to the Ethical Principles of Animal Experimentation adopted by the National Council for Animal Experiments Control (CONCEA) and was **APPROVED** by the Ethics Committee on Animal Use of the UFPR – Setor Palotina (CEUA / Palotina) in **Feb. 19, 2023**.*

Profa. Daiane Gullich Donin
Coordenadora/Coordinator
CEUA/Palotina - UFPR

Palotina, February 19, 2023.

ANEXO 2 – Normas para submissão da revista Anais da Academia Brasileira de Ciências (AABC).

O periódico Anais da Academia Brasileira de Ciências considera para publicação as submissões feitas exclusivamente pelo sistema online de gerenciamento de artigos. Uma vez que seu artigo esteja de acordo com as instruções abaixo, favor acessar o sistema no link <https://mc04.manuscriptcentral.com/aabc-scielo>.

Por favor, leia estas instruções com atenção e as siga rigorosamente. Desta forma você irá garantir que a avaliação e a publicação de seu artigo sejam o mais eficiente e veloz quanto possível. Os editores reservam-se ao direito de devolver artigos que não estejam de acordo com estas instruções. Apesar de dispormos de uma página de instruções em português, lembramos que só consideramos para submissão, avaliação e publicação os artigos redigidos de forma clara e concisa na língua inglesa.

Objetivo e política editorial

Todos os manuscritos submetidos devem conter pesquisa original que não tenha sido publicada ou esteja sob consideração em outro periódico. O critério primário para aceitação é qualidade científica. Artigos devem evitar o uso excessivo de abreviações ou jargões, além de ser tão inteligíveis quanto possível para o público em geral. Deve ser dada atenção particular às seções Abstract, Introduction e Discussion, as quais devem detalhar a novidade e significância dos dados relatados. Não cumprir com qualquer um dos pontos acima pode causar atraso na publicação ou até mesmo a recusa do artigo.

Textos podem ser publicados em forma de revisão, artigo completo ou como comunicação curta (short communications). Os volumes regulares dos AABC são publicados em março, junho, setembro e dezembro.

Tipos de artigos

Revisões

Revisões são publicadas apenas por meio de convite, tendo ainda que passar pelo processo de revisão por pares. Contudo, uma proposta de revisão pode ser enviada por e-mail para a Assessoria de publicações (aabc@abc.org.br). O e-mail deve conter os tópicos e autores da revisão proposta, bem como o abstract, área dos AABC na qual o artigo se encaixa e a justificativa pela qual este tópico seria de particular interesse à área.

Os AABC permitem que os autores depositem preprints de seus artigos em servidores de preprint tais como, mas não limitados a, ArXiv.org e bioRxiv.org. Contudo, autores devem atualizar os registros informando que o artigo foi aceito/publicado pelos AABC.

Cartas ao editor

Cartas ao editor (Letters to the Editor) estarão sujeitas à edição e revisão, não podendo conter material que tenha sido submetido ou publicado em outro periódico. Cartas que venham a se referir a um artigo publicado nos AABC não podem exceder 250 palavras (não contando com referências) e devem ser recebidas em até 4 semanas após a publicação online do artigo. Cartas não relacionadas a um artigo publicados pelos AABC não podem exceder 500 palavras (não contando com referências). Uma carta não pode ter mais de dez referências, além de uma figura ou tabela.

Articles

Sempre que possível, artigos devem estar subdivididos nas seguintes partes: 1. Página de rosto; 2. Abstract (em página separada, 200 palavras ou menos, sem abreviações); 3. Introduction; 4. Materials and Methods; 5. Results; 6. Discussion; 7. Acknowledgments, se aplicável; 8. Author contributions (se o artigo tiver mais de um autor); 9. References; 10. Legendas de figuras e tabelas, se aplicável. Artigos de algumas áreas, como por exemplo Ciências Matemáticas, devem seguir seu format padrão. Em alguns casos, pode ser aconselhável omitir a seção (4) e juntar as partes (5) e (6). Quando aplicável, a seção Materials and Methods deve indicar o Comitê de Ética que avaliou os procedimentos para estudos em seres humanos ou as normas seguidas para tratamentos experimentais em animais.

Short communications

Short communications procuram relatar uma importante e concisa contribuição para pesquisa, a qual progrediu para o estágio em que os resultados devem ser tornados públicos para outros pesquisadores do mesmo campo. Uma short communication também deve possuir Abstract (100 palavras ou menos, neste caso), uma pequena introdução (até 200 palavras) e não pode exceder 1500 palavras. Tabelas e Figuras podem ser incluídas no texto, mas este deve ser proporcionalmente reduzido. Este tipo de publicação nos AABC deve conter contribuições extremamente relevantes, sendo um tipo de artigo com alta competição.

Após recebimento e primeira triagem editorial, artigos serão avaliados por pelo menos dois revisores, sendo eles de instituições educacionais e/ou de pesquisa tanto nacionais quanto internacionais, desde que comprovada sua produção científica. Após possíveis correções e sugestões, o artigo pode ser aceito ou recusado, considerando os pareceres recebidos.

Nós utilizamos o programa integrado Crossref Similarity Check para detectar possíveis plágios.

Os AABC não possuem taxas de submissão, avaliação e publicação de artigos.

Preparação de manuscritos

Todas as seções do manuscrito devem possuir espaçamento duplo. Após o aceite, nenhuma mudança será feita no artigo, de modo que as provas de prelo precisem apenas de correções em erros tipográficos. Lembramos que o envio de artigos é feito exclusivamente pelos autores através do nosso sistema de gerenciamento de artigos.

Tamanho do artigo

Os artigos podem ser de qualquer tamanho necessário para a apresentação e discussão concisa dos dados, mas mantendo-se conciso e cuidadosamente preparado tanto em termos de impacto quanto de legibilidade. No entanto, artigos não devem exceder 50 páginas, incluindo todos os itens (figuras, tabelas, referências, etc.), a menos que possua autorização prévia do Editor-Chefe.

Página de rosto

A página de rosto do artigo deve apresentar os seguintes itens: 1. Título do artigo com até 150 caracteres, sem abreviações e com a tentativa de manter o interesse amplo da comunidade científica; 2. Nomes completos de todos os autores. Utilize números sobrescritos para indicar a filiação de cada autor. 3. Endereços profissionais e ORCID de todos os autores, incluindo instituição, departamento, rua, número, CEP, cidade, estado e país; 4. Key words (de 4 a 6 em ordem alfabética e separadas por vírgulas); 5. Running title (versão resumida – e não abreviada - do título com até 50 caracteres, incluindo espaços); 6. Seção dos AABC à qual o artigo pertence; 7. Nome, endereço, telefone e e-mail do autor para correspondência, a quem serão enviadas as mensagens mais relevantes do processo de avaliação. Este autor ou autora deve ser indicado com um asterisco após seu nome.

Não cumprir com qualquer dos requisitos acima fará com que o artigo seja devolvido (unsubmitted) para correções.

Abstract

O abstract deve conter até 200 palavras e apresentar as principais descobertas do artigo, incluindo uma breve introdução, os objetivos do trabalho e uma conclusão baseada nas presentes descobertas. Caso os autores estejam submetendo uma revisão convidada/autorizada, o abstract deve abordar o principal tema da revisão e explicitar a contribuição de tal revisão à área. O abstract não deve possuir títulos nem citações/referências.

Texto do manuscrito

Todo o texto deve ser escrito com espaçamento duplo utilizando a fonte Times New Roman tamanho 12 ou equivalente, desde que mantida a legibilidade. Por favor, organize seu texto nas seguintes partes sempre que possível: 1. Página de rosto; 2. Abstract (em página separada, 200 palavras ou menos, sem abreviações); 3. Introduction; 4. Materials and Methods; 5. Results; 6. Discussion; 7. Acknowledgments, se aplicável; 8. Author contributions (se o artigo tiver mais de um autor); 9. References; 10. Legendas de figuras e tabelas, se aplicável.

Artigos de algumas áreas, como por exemplo Ciências Matemáticas, devem seguir seu formato padrão. Em alguns casos, pode ser aconselhável omitir a seção (4) e juntar as partes (5) e (6). Quando aplicável, a seção Materials and Methods deve indicar o Comitê de Ética que avaliou os procedimentos para estudos em seres humanos ou as normas seguidas para tratamentos experimentais em animais.

Todos os procedimentos devem ser detalhadamente descritos. Utilize inglês norte-americano para escrever o texto. Nomenclaturas da área de Química devem ser fornecidos de acordo com a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC). Cepas de organismos também devem estar identificadas. Informe nomes de fornecedores de reagentes e/ou equipamentos. Utilize unidades e símbolos de acordo com o Bureau International des Poids et Mesures (SI) sempre que possível.

Acknowledgments

Devem ser incluídos ao fim do texto, antes das referências. Agradecimentos pessoais devem preceder nomes de instituições e agências. De forma ideal, notas de rodapé devem ser evitadas, mas, quando necessário, devem estar numeradas. Agradecimentos a financiamentos, subsídios, bolsas de estudo e dívidas com outros colegas, bem como menções à origem do artigo (como uma tese, por exemplo), devem estar nesta seção. Favor incluir o nome completo da agência de fomento, país e número do projeto (se aplicável).

Abreviações

Devem ser definidas em sua primeira ocorrência no texto, exceto por abreviações padrão e oficiais. Unidades e seus símbolos devem estar em conformidade com as aprovadas pelo Bureau International des Poids et Mesures (SI).

Legendas de figuras

Esta informação deve ser fornecida ao fim do manuscrito, após as referências. Todas as figuras devem conter legenda. A legenda deve possuir uma sentença introdutória que descreve as principais descobertas. Todas as divisões na figura devem ser identificadas com letras minúsculas, quando aplicável (1a, 2a, 2b, 3c, 3d,

etc.). Quando for o caso da utilização de barras de erro, favor informar se um número que vem após o símbolo $\pm$ é um Standard Error Of Mean (SEM) ou standard deviation of mean (SD). Deve ser informado na legenda se o resultado apresentado representa N experimentos individuais.

Tabelas

Cada tabela deve possuir um pequeno título acima da mesma. Notas abaixo da tabelas também pode ser utilizadas. Tabelas devem ser citadas no artigo em algarismos romanos (Table I, Table II, Tables IV and V, etc.). Tabelas devem ser submetidas separadamente em arquivos editáveis, preferencialmente .doc ou .docx.

Figuras

Só serão aceitas figuras de alta qualidade (mínimo de 300 dpi). Todas as ilustrações serão consideradas figuras, incluindo desenhos, gráficos, mapas, fotografias, esquemas, etc. Seu posicionamento tentativo deve ser indicado, assim como todas as figuras devem ser citadas com seu respectivo número ao longo do texto. Figuras devem ser enviadas de acordo com as seguintes especificações: 1. Desenhos e ilustrações devem estar em formato .PS/.EPS ou .CDR (PostScript ou Corel Draw) e nunca inseridas no texto; 2. Imagens ou figuras em escala de cinza devem estar em formato .TIF e nunca inseridas no texto; 3. Cada figura deve ser enviada em arquivo separado; 4. Figuras devem, a princípio, ser submetidas no tamanho em que espera-se que estejam publicadas no periódico, ou seja, largura de 8cm (uma coluna) ou 16,2cm (duas colunas), com a altura máxima de cada figura e respectiva legenda sendo menor ou igual a 22cm.

As legendas das figuras devem ser enviadas com espaçamento duplo em página separada. Cada dimensão linear dos menores caracteres e símbolos não pode ser menor que 2mm após redução. Figuras coloridas são aceitas tanto como figuras em preto e branco. No entanto, 5 figuras em p/b são sem custo aos autores, enquanto cada figura colorida na versão impressa será cobrada dos autores, com a comunicação sendo feita durante a fase de produção (após o processo de avaliação). De modo a padronizar a contagem e cobrança de figuras preto e branco, tabelas que ocupem dois terços da página ou que tenham mais que 12 colunas ou 24 colunas

serão consideradas figuras p/b. Manuscritos de Matemática, Física ou Química podem ser redigidos em TEX, AMS-TEX ou LaTeX, desde que o arquivo .BIB seja enviado junto. Manuscritos sem fórmulas podem ser enviados em .RTF ou doc/docx para Windows.

Referências

Os autores são responsáveis pela exatidão das referências, bem como suas respectivas citações. Artigos publicados ou ainda 'In press' podem ser incluídos. Comunicações pessoais (Smith, personal communication) devem ser autorizadas por escritos pelos envolvidos. Referências a teses, abstracts de encontros (não publicados em jornais indexados) e manuscritos em preparação ou apenas submetidos, mas não ainda aceitos, devem ser citados no texto no formato (Smith et al., unpublished data) e NÃO devem ser incluídos na lista de referências.

Referências devem ser citadas no texto no formato a seguir sem a aspa simples, 'Smith 2004', 'Smith & Wesson 2005' ou, quando há 3 ou mais autores, 'Smith et al. 2006'. Quando houver dois ou mais artigos cujo nome do primeiro autor e ano de publicação são idênticos, as referências devem ser diferenciadas por letras minúsculas, como em 'Smith 2004a', 'Smith 2004b', etc.

As referências devem ser listadas alfabeticamente de acordo com o nome do primeiro autor, sempre na ordem SOBRENOME XY, sendo X e Y as iniciais. Se há mais de 10 autores na referência, usar SOBRENOME XY ET AL., sem listar os demais autores. Referências devem conter também o título do artigo. Os nomes dos periódicos devem estar abreviados sem itálico, pontos ou vírgulas. Para as abreviações corretas, verifique listas das maiores bases de dados nas quais o periódico está indexado, ou consulte a World List of Scientific Periodicals. A abreviação a ser usada em referências dos Anais da Academia Brasileira de Ciências é An Acad Bras Cienc. Os seguintes exemplos devem servir de guias para sua lista de referências em nossa revista:

REFERENCES

ALBE-FESSARD D, CONDES-LARA M, SANDERSON P & LEVANTE A. 1984a. Tentative explanation of the special role played by the areas of paleospinothalamic

projection in patients with deafferentation pain syndromes. *Adv Pain Res Ther* 6: 167-182.

ALBE-FESSARD D, SANDERSON P, CONDES-LARA M, DELAND-SHEER E, GIUFFRIDA R & CESARO P. 1984b. Utilisation de la depression envahissante de Leão pour l'étude de relations entre structures centrales. *An Acad Bras Cienc* 56: 371-383.

KNOWLES RG & MONCADA S. 1994. Nitric oxide synthases in mammals. *Biochem J* 298: 249-258.

PINTO ID & SANGUINETTI YT. 1984. Mesozoic Ostracode Genus *Theriosynoecum* Branson, 1936 and validity of related Genera. *An Acad Bras Cienc* 56: 207-215.

Livros e capítulos de livros

DAVIES M. 1947. An outline of the development of Science. Thinker's Library, n. 120. London: Watts, 214 p.

PREHN RT. 1964. Role of immunity in biology of cancer. In: NATIONAL CANCER CONFERENCE, 5., Philadelphia. Proceedings ... , Philadelphia: J. B. Lippincott, p. 97-104.

UYTENBOGAARDT W & BURKE EAJ. 1971. Tables for microscopic identification of minerals, 2nd ed., Amsterdam: Elsevier, 430 p.

WOODY RW. 1974. Studies of theoretical circular dichroism of polipeptides: contributions of B-turns. In: BLOUTS ER ET AL. (Eds), *Peptides, polypeptides and proteins*, New York: J Wiley & Sons, New York, USA, p. 338-350