



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

MATHEUS HENRIQUE DÁRIO SILVA

**MONITORAMENTO NÃO INVASIVO DAS ONDAS DA PRESSÃO
INTRACRANIANA EM CÃES SAUDÁVEIS ANESTESIADOS COM
PROPOFOL, SOB DIFERENTES ANGULAÇÕES DO LEITO**

Londrina
2025

MATHEUS HENRIQUE DÁRIO SILVA

**MONITORAMENTO NÃO INVASIVO DAS ONDAS DA PRESSÃO
INTRACRANIANA EM CÃES SAUDÁVEIS ANESTESIADOS COM
PROPOFOL, SOB DIFERENTES ANGULAÇÕES DO LEITO**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal da Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Profa. Dra. Mônica Vicky Bahr Arias.

Londrina
2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Silva, Matheus Henrique Dário.

MONITORAMENTO NÃO INVASIVO DAS ONDAS DA PRESSÃO INTRACRANIANA EM CÃES SAUDÁVEIS ANESTESIADOS COM PROPOFOL, SOB DIFERENTES ANGULAÇÕES DO LEITO / Matheus Henrique Dário Silva. - Londrina, 2025.
64 f. : il.

Orientador: Mônica Vicky Bahr Arias.

Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, 2025.

Inclui bibliografia.

1. Perfusão cerebral - Tese. 2. Trauma cranioencefálico - Tese. 3. Líquido cerebroespinhal - Tese. I. Bahr Arias, Mônica Vicky. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. III. Título.

CDU 619

MATHEUS HENRIQUE DÁRIO SILVA

**MONITORAMENTO NÃO INVASIVO DAS ONDAS DA PRESSÃO
INTRACRANIANA EM CÃES SAUDÁVEIS ANESTESIADOS COM
PROPOFOL, SOB DIFERENTES ANGULAÇÕES DO LEITO**

Mestrado em Ciência Animal

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Mônica Vicky Bahr Arias
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof.^a Dr.^a Natalie Bertelis Merlini
Universidade Estadual do Norte do Paraná –
UENP

Prof. Dr. Fábio Nelson Gava
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina
2025

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre estar iluminando os passos da minha caminhada até aqui e pelo privilégio da vida que me deu.

À minha esposa, Julia Greggi, que esteve comigo em todos os momentos, sendo a pessoa que mais me incentivava a crescer. Me deu suporte, me apoiou, me ajudou na organização do trabalho, me deu forças em momentos difíceis e compartilhou lágrimas e sorrisos comigo durante o percurso.

À minha mãe, meus irmãos, meu padrasto, meu tio Angelim e a toda a família, pelo exemplo de amor que me deram e por serem meu porto seguro e aos meus amigos, que tornam a minha jornada especialmente incrível.

À minha orientadora, Professora Dr.^a Mônica Vicky Bahr Arias, pessoa pela qual guardo profunda admiração pessoal e profissional. Por ter aceitado ser minha orientadora, por tudo que me ensinou, desde a orientação na condução do mestrado até os valores preciosos que devem estar unidos a um bom médico veterinário. Tenho orgulho de levar o seu nome e os princípios que me ensinou por onde eu passar e serei eternamente grato por todo o conhecimento compartilhado comigo.

À Giselle Bernades e ao Adan Cabreira, meus amigos de pós-graduação, por tudo que me ensinaram, pelos casos compartilhados no grupo de neurologia das quintas e sextas e pela amizade que criamos ao longo do percurso. Em especial, à Giselle, por ter me acompanhado em todos os dias de coleta de dados, me ensinado a trabalhar com o monitor da BrainCare e por toda a ajuda com o delineamento do trabalho.

Ao Henrique Zem C. Sprengel, residente de anestesiologia exímio, por toda a ajuda com as anestésias dos cães e por todo conhecimento compartilhado. Desejo muito sucesso em sua carreira.

Aos alunos do Programa Prática Hospitalar – Neurologia em Animais de Companhia e, em especial, às alunas Ariadne Rocha, Beatriz Campos e Yasmin Marlier, pelo interesse e proatividade com todos os casos que me ajudaram.

Ao engenheiro mecânico André Tonatto, que criou e executou o projeto da prancha reclinável que foi usada durante o estudo.

Ao prof. Dr. Guilherme Schiess Cardoso com a ajuda no monitoramento anestésico, a prof.^a Dr.^a Maria Isabel Mello Martins por ajudar com os cães do projeto, prof. Dr. Júlio Augusto Neylor Lisbôa e prof. Dr. Luiz Guilherme Corsi Trautwein que contribuíram com a análise estatística.

Aos membros da banca, que disponibilizaram seu tempo para contribuir com a minha formação.

À Capes pela bolsa concedida que possibilitou o desenvolvimento desse projeto.

“Em algum lugar, alguma coisa incrível está esperando para ser descoberta”

(Carl Sagan)

RESUMO

SILVA, Matheus Henrique Dário. **Monitoramento não invasivo das ondas da pressão intracraniana em cães saudáveis anestesiados com propofol, sob diferentes angulações do leito**. 2025. 63 p. Dissertação de Mestrado em Ciência Animal – Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2025.

A elevação da cabeceira do leito (ECL) é um procedimento de enfermagem que auxilia na redução da hipertensão intracraniana (HIC) de seres humanos, pois facilita a circulação do líquido cerebrospinal para o sistema venoso e para fora da caixa craniana. Estudos sugerem que a inclinação ideal do leito deve ser de aproximadamente 30°. O mesmo procedimento é recomendado em cães com provável HIC, mas não existem estudos na medicina veterinária sobre a angulação ideal. Um dos métodos indiretos de avaliação da pressão intracraniana (PIC) é o monitoramento não invasivo das ondas da PIC (PIC-Ni). Um parâmetro extraído através desta técnica é a razão entre o segundo e o primeiro pico de onda de pulso, conhecido como razão P2/P1, que, quando maior que 1,2, pode indicar HIC. Este estudo teve como objetivo analisar as ondas da PIC-Ni e a razão P2/P1 em cães saudáveis, anestesiados apenas com propofol em taxa de infusão contínua, posicionados sob diferentes graus de ECL. Foram selecionados 16 cães hígidos que, após a indução e manutenção anestésica com propofol em taxa variável de infusão contínua, foram posicionados em decúbito lateral esquerdo sobre uma prancha reclinável, com ajuste de angulação. Em seguida, as ondas da PIC-Ni foram monitoradas com o monitor do tipo “*stain-gauge*” (Brain4care® BCM/2000) posicionado sobre a pele do crânio na região parietal. O monitoramento foi realizado com a ECL em 0°, 15°, 30° e, novamente, 0°. Durante a anestesia foram computados os dados de frequência cardíaca, frequência respiratória, SpO₂, pressão arterial sistólica e EtCO₂. A idade média dos cães foi de 1,7 anos (1 a 3 anos), com peso médio de 4,4 kg (2 a 7 kg). Cada animal foi monitorado, em média, durante cinco minutos em cada posição (em 0°, 15°, 30° e, novamente em 0°). A relação P2/P1 nos cães em 0° foi de 0,91±0,17, em 15° foi de 1,00±0,22, em 30° foi de 0,93±0,26 e, ao retornar para 0°, a média foi de 0,91±0,23. Não houve diferença estatística na comparação entre médias da relação P2/P1 em relação ao grau de ECL. Na angulação de 30° houve maior dificuldade em obter o sinal da onda, houve maior artefatos na captação das ondas da PIC-Ni e maior amplitude na relação P2/P1. Isso foi consequência da maior dificuldade em manter o posicionamento adequando nesta angulação, pois os cães deslisavam na prancha reclinável. Nas condições deste estudo, as ondas da PIC-Ni se mantiveram inalteradas em cães saudáveis, anestesiados com propofol, sob diferentes graus de ECL. Este é um dado importante para futuros estudos de dinâmica das ondas da PIC em pacientes com afecções que causam aumento agudo da pressão intracraniana, como por exemplo no trauma cranioencefálico.

Palavras-chave: perfusão cerebral; trauma cranioencefálico (TCE); líquido cerebrospinal (LCE).

SILVA, Matheus Henrique Dário. **Non-invasive monitoring of intracranial pressure waveforms in healthy dogs anesthetized with propofol, with the bed at different angles.** 2025. 63 p. Master's Dissertation in Animal Science – State University of Londrina. Londrina, 2025.

ABSTRACT

Head-of-bed elevation (HOBE) is a nursing procedure that helps reduce intracranial hypertension (ICH) in humans by facilitating cerebrospinal fluid circulation toward the venous system and out of the cranial vault. Studies suggest that the optimal bed inclination angle is approximately 30°. The same procedure is recommended in dogs with suspected ICH; however, there are no studies in veterinary medicine regarding the ideal angle. One indirect method for assessing intracranial pressure (ICP) is non-invasive monitoring of ICP waveform patterns (Ni-ICP). A parameter derived from this technique is the ratio between the second and the first pulse waveform peaks, known as the P2/P1 ratio, which, when greater than 1.2, may indicate ICH. This study aimed to analyze Ni-ICP waveforms and the P2/P1 ratio in healthy dogs anesthetized with propofol under continuous rate infusion, positioned at different degrees of HOBE. Sixteen healthy dogs were selected and, after induction and maintenance of anesthesia with propofol at a variable continuous infusion rate, were positioned in left lateral recumbency on an adjustable reclining board. The Ni-ICP waveforms were then monitored using a strain-gauge device (Brain4care® BCM/2000), placed on the parietal region of the skull. Monitoring was performed at 0°, 15°, 30°, and again at 0° of HOBE. During anesthesia, heart rate, respiratory rate, SpO₂, systolic blood pressure, and EtCO₂ were recorded. The dogs had a mean age of 1.7 years (1 to 3 years) and a mean body weight of 4.4 kg (2 to 7 kg). Each animal was monitored for an average of five minutes in each position (0°, 15°, 30°, and back to 0°). The mean P2/P1 ratios were 0.91±0.17 at 0°, 1.00±0.22 at 15°, 0.93±0.26 at 30°, and 0.91±0.23 upon returning to 0°. No statistically significant differences were observed between the P2/P1 ratio means across the different HOBE angles. At the 30° angle, signal acquisition was more challenging, with increased artifacts in the Ni-ICP waveforms and greater variability in the P2/P1 ratio. This was due to the increased difficulty in maintaining proper positioning at this angle, as the dogs tended to slip on the adjustable reclining board. Under the conditions of this study, Ni-ICP waveforms remained stable in healthy dogs anesthetized with propofol at varying degrees of HOBE. These findings are important for future research on ICP waveform dynamics in patients with conditions that cause acute increases in intracranial pressure, such as traumatic brain injury.

Keywords: cerebral perfusion; traumatic brain injury (TBI); cerebrospinal fluid (CSF).

LISTA DE FIGURAS

REVISÃO DE LITERATURA

- Figura 1.** Morfologia da onda de pulso característica da pressão intracraniana, com seus três picos: P1, representada pela pressão transmitida através do pulso arterial. P2, que representa a repercussão do primeiro pulso e está relacionada a complacência intracraniana. P3 refere-se ao final do ciclo cardíaco, após o fechamento da válvula aórtica 16
- Figura 2.** Métodos de monitoramento invasivos da pressão intracraniana. Possíveis locais de inserção da *probe* de pressão: (A) epidural; (B) subdural; (C) intraparenquimatoso; (D) intraventricular.....18
- Figura 3.** A elevação da cabeceira do leito é associada à diminuição da PIC e aumento da PPC. (A) forma incorreta de elevar a cabeça do paciente canino, que pode causar torção do pescoço, comprimindo a veia jugular e aumentando a PIC. (B) Forma adequada de elevar a cabeça do paciente, com uma prancha rígida, sem risco de compressão..... 26

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO PARA PUBLICAÇÃO

Figura 1. Imagem fotográfica demonstrando o monitor BrainCare® durante o monitoramento das ondas da PIC-Ni. (A) Na tela do monitor (seta branca), observa-se o traçado amarelo obtido através do sensor, que será gravado em um cartão de memória, transferido a um computador e enviados para o sistema remoto e cego de análise da BrainCare®. Na imagem B o cão durante a anestesia, com a cabeceira elevada e com detalhe para o local de posicionamento do sensor, sobre a pele, na região parietal43

Figura 2. Cão sob anestesia geral, posicionado em decúbito lateral esquerdo, durante monitoramento das ondas da PIC-Ni, em 0° de elevação da cabeça e tronco (imagem superior esquerda), 15° de elevação da cabeça e tronco (imagem superior direita) e 30° de elevação da cabeça e tronco (imagem inferior esquerda). Após o monitoramento nas três primeiras angulações, o cão é reposicionado em 0° e monitorado novamente nesta posição (imagem inferior direita)47

Figura 3. Morfologia das ondas da PIC-Ni e relação P2/P1 ao longo das angulações avaliadas, em um dos cães do estudo, durante um período de monitoramento de quatro minutos em cada angulação. A = 0° (posição neutra). B = 15°. C = 30°. D = após retornar à 0° (posição neutra)47

Figura 4. Gráfico de barras representando a relação P2/P1 e o grau de elevação da cabeceira do leito, com base nas médias da relação P2/P1 em cada posição avaliada (0°, 15°, 30° e, novamente, em 0°) dos cães avaliados no estudo. 48

Figura 5. Gráfico de dispersão, demonstrando a ausência de correlação entre os valores da relação P2/P1 e variáveis idade ($r = 0,0778$, $p = 0,774$) e peso ($r = - 0,117$, $p = 0,666$) dos cães do estudo 48

Figura 6. Gráfico de dispersão correlacionando a relação P2/P1 e a frequência cardíaca (FC), ao longo das diferentes posições avaliadas durante o monitoramento das ondas da PIC-Ni dos cães do estudo. Em 15° de elevação da cabeceira (gráfico B), houve uma correlação negativa moderada ($R = - 0,5056$, $p = 0,0457$) entre a relação P2/P1 e a FC 49

LISTA DE TABELAS

ARTIGO PARA PUBLICAÇÃO

Tabela 1. Efeito da elevação da cabeceira do leito na relação P2/P1 e em parâmetros fisiológicos transanestésicos (ECL = grau de elevação da cabeceira do leito. SpO2 = Saturação periférica de oxigênio. EtCO2 = Fração expirada final de dióxido de carbono. PAS = Pressão arterial sistólica)46

LISTA DE ABREVIACES

B4C	Brain4Care®
DTC	Doppler transcraniano
ECL	Elevao da cabeceira do leito
EtCO2	Frao expirada de diido de carbono
FC	Frequcia cardaca
FR	Frequcia respiratria
FSC	Fluxo sanguneo cerebral
HIC	Hipertenso intracraniana
IM	Intramuscular
IV	Intravenoso
LCE	Lido cerebroespinal
mmHg	milmetros de mercrio
PAM	Presso arterial mdia
PAS	Presso arterial sistlica
PIC	Presso intracraniana
PIC-Ni	Ondas da presso intracranianas monitoradas de forma no invasivas
PPC	Presso de perfuso cerebral
RM	Ressonncia magntica
RVC	Resistncia vascular cerebral
SpO2	Saturao perifrica de oxignio
SRD	Sem raa definida
TC	Tomografia computadorizada
TCE	Trauma cranioenceflico
UEL	Universidade Estadual de Londrina

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	PRESSÃO INTRACRANIANA	14
2.2	ONDAS DA PRESSÃO INTRACRANIANA	16
2.3	MÉTODOS DE MONITORAMENTO DA PIC	17
2.3.1	MONITORAMENTO INVASIVO DA PIC EM HUMANOS	17
2.3.2	MONITORAMENTO NÃO INVASIVO DA PIC EM HUMANOS	18
2.3.2.1	Elasticidade Craniana	19
2.3.3	MONITORAMENTO INVASIVO DA PIC NA MEDICINA VETERINÁRIA	20
2.3.4	MONITORAMENTO NÃO INVASIVO DA PIC NA MEDICINA VETERINÁRIA	21
2.4	DINÂMICA DO LÍQUIDO CEREbroESPINHAL E RELAÇÃO COM A PRESSÃO INTRACRANIANA	23
2.4.1	ELEVAÇÃO DA CABECEIRA DO LEITO	25
2.5	ANESTESIA E O SISTEMA NERVOSO CENTRAL	27
3	REFERÊNCIAS	29
4	HITPÓTESE	37
5	OBJETIVO GERAL	37
6	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	37
7	ARTIGO PARA PUBLICAÇÃO	38
8	CONCLUSÃO	58
	APÊNDICES	59
	ANEXOS	63

1 INTRODUÇÃO

A elevação da cabeceira do leito (ECL) é um procedimento de enfermagem que auxilia na redução da hipertensão intracraniana de seres humanos (KOCHANNEK et al., 2019; NG; LIM; WONG, 2004). Em adultos, recomenda-se uma inclinação do leito entre 30° e 45° (ALTUN UĞRAŞ et al., 2018), no entanto, em pacientes pediátricos, há evidências de que a angulação ideal pode variar entre os indivíduos (LANG et al., 2020).

Em cães com hipertensão intracraniana, esta manobra também é indicada (KUO; BACEK; TAYLOR, 2018), sendo esta recomendação extrapolada da medicina (DEWEY, 1993; DEWEY; BUDSBERG, J. E.; OLIVER, J., 1992). Em um estudo com equinos anestesiados com isoflurano, a pressão intracraniana foi monitorada de forma invasiva com transdutor extensômetro subaracnóideo enquanto os animais eram posicionados em diferentes decúbitos (decúbito dorsal com cabeça abaixada, decúbito dorsal com cabeça nivelada, decúbito lateral, decúbito esternal com a cabeça nivelada e decúbito esternal com cabeça erguida) e aumentos significativos da pressão de perfusão cerebral (PPC) foram observados nas posições esternais (BROSNAN et al., 2002). Já para estar a hipótese de que o posicionamento da cabeça para baixo em cavalos anestesiados aumentaria PIC e diminuiria o fluxo sanguíneo cerebral (FSC) e da medula espinhal foi observado que este posicionamento aumentou os gradientes hidrostáticos coração-cérebro, diminuindo o FSC e, em maior medida, aumentando a PIC. Além disso, durante a anestesia, regiões do SNC com baixo FSC em cavalos podem estar predispostas a lesões isquêmicas induzidas por PIC elevada (BROSNAN et al., 2008). Em bovinos anestesiados e submetidos a longos procedimentos cirúrgicos, dois diferentes decúbitos foram comparados e foi observado que nos bovinos posicionados em decúbito esternal, a PIC foi significativamente menor do que naqueles que estavam em decúbito lateral (ARAI et al., 2006). Em modelos experimentais desenvolvidos com ovinos, a dinâmica do líquido cerebrospinal (LCE) também foi alterada de acordo com a posição corporal em relação à cabeça (TRIMMEL et al., 2022). Contudo, não existem estudos realizados em cães para saber se há uma angulação ideal da elevação do tronco e cabeça que altere a dinâmica da PIC e a principal limitação é o fato da PIC não ser monitorada de forma invasiva rotineiramente (SEKI et al., 2019) e raramente utilizada em pesquisas nesta espécie (FARKE et al., 2024; ILIE et al., 2015; WART et al., 2024).

Devido às complicações das técnicas de monitoração invasiva (MÜLLER et al., 2023), foram desenvolvidos métodos de monitoramento não invasivo das ondas da PIC (PIC-Ni) em humanos, que já estão sendo utilizados em UTIs (BRASIL et al., 2021, 2023). Esta técnica começou a ser estudada em cães com hidrocefalia congênita e trauma cranioencefálico (BAHR ARIAS et al., 2022), em cães com o aumento da PIC induzida pela realização de mielografia (ROCHA et al., 2023a) e em cães com alterações neurológicas, nos quais as limitações da técnica e a metodologia empregada está descrita (WEIZENMANN; BAHR ARIAS, 2024). Também há estudos que compararam a monitoração das ondas da PIC-Ni com a imagem de ressonância magnética em cães com doenças neurológicas (SMAILI, 2023) e descrevendo os efeitos da anestesia na monitoração da PIC-Ni em gatos (BERNARDES, 2022).

Com base na informação de que a resposta ao grau de inclinação do leito pode variar entre os indivíduos, também foi realizada a monitoração da PIC-Ni em crianças neurologicamente saudáveis, sob inclinação do leito a 0 e 45° e os valores de referência foram determinados (KARUTA et al., 2024).

Apesar da ampla casuística de pacientes veterinários com alterações que levam ao aumento da PIC, faltam estudos na literatura veterinária que comparem como a posição corporal pode afetar a complacência intracraniana. Assim, o objetivo deste estudo foi monitorar a PIC-Ni em cães saudáveis, anestesiados com propofol e colocados em decúbito lateral com a cabeceira do leito angulada em 0°, 15° e 30°.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PRESSÃO INTRACRANIANA (PIC)

A PIC é definida como sendo a pressão exercida pelos componentes intracranianos: parênquima encefálico, volume sanguíneo e LCE, contra a calota craniana (STURGES et al., 2019). A implicação clínica do aumento no volume de um destes componentes é a diminuição no FSC. O FSC, por sua vez, é a quantidade de sangue que flui para o encéfalo durante um determinado período e garante adequada perfusão do tecido cerebral (MOKRI, 2001). O gradiente de pressão que conduz o FSC é denominado pressão de perfusão cerebral (PPC) e é responsável pela entrega de oxigênio e nutrientes para o encéfalo. A PPC é a diferença entre a pressão arterial média (PAM) e a PIC (RODRÍGUEZ-BOTO et al., 2015).

$$PPC = PAM - PIC$$

Em condições normais, a PIC está entre 5 e 10 mm Hg e, portanto, tem menos impacto na PPC do que a PAM para situações clínicas que não envolvem situações patológicas intracranianas (ARMSTEAD, 2016). Fisiologicamente, a PIC é uma função da complacência intracraniana. A complacência intracraniana é a relação entre a PIC e o volume na cavidade intracraniana (RODRÍGUEZ-BOTO et al., 2015). Como o crânio é um espaço anatômico fixo e rígido, a PIC aumentará à medida que o volume intracraniano aumenta e a complacência intracraniana diminui (ABRAHAM; SINGHAL, 2015). À medida que a PIC aumenta (ou a complacência intracraniana diminui), a PPC diminuirá (ARMSTEAD, 2016).

Existem mecanismos compensatórios que evitam o aumento da PIC. Estes mecanismos são explicados pela doutrina de Monro-Kellie, segundo a qual, quando ocorre o aumento de volume de um dos compartimentos, há uma redução do volume nos demais, para evitar o aumento da PIC, por meio da diminuição do FSC, deslocamento do LCE para o espaço perimedular e diminuição do volume do parênquima encefálico, através da eliminação de água ou perda de células neuronais ou da glia em casos crônicos. (RODRÍGUEZ-BOTO et al., 2015).

Quando estes mecanismos falham, pode ocorrer a hipertensão intracraniana (HIC) e consequente diminuição da PPC (RODRÍGUEZ-BOTO et al., 2015). Nesse momento, podem ocorrer três diferentes situações: (a) o aumento de volume intracraniano não afeta a PIC, pois há deslocamento do LCE e do sistema circulatório, compensando a alteração; (b) ocorre sobrecarga nos mecanismos compensatórios do sistema nervoso central (SNC), levando a HIC e (c) o sistema compensatório perde a capacidade de autorregulação e mínimas alterações no volume intracraniano causam grandes aumentos na PIC (RODRÍGUEZ-BOTO et al., 2015). Existem diversas alterações que podem causar HIC, tais como lesões que ocupam o espaço intra ou extra-axial; obstrução do fluxo ou diminuição da absorção do LCE; edema encefálico agudo ou aumento da pressão venosa em alterações sistêmicas, como por insuficiência cardíaca congestiva, trombose venosa ou obstrução do mediastino cranial (BOTHWELL; JANIGRO; PATABENDIGE, 2019).

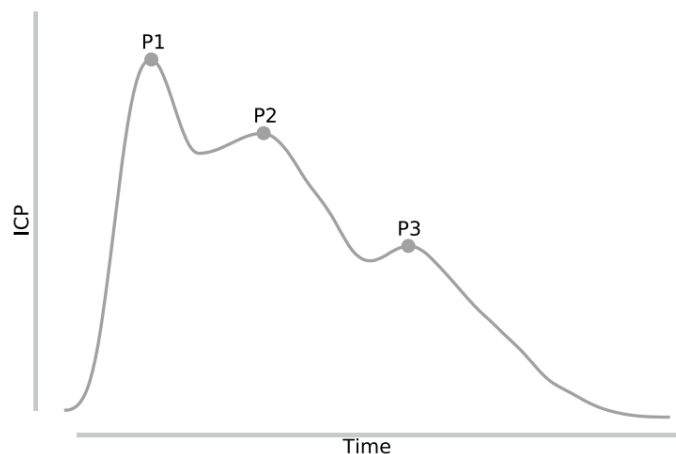
A rápida identificação e o tratamento da HIC são considerados essenciais para corrigir a PPC e melhorar o prognóstico dos pacientes, pois reduz as lesões neurológicas secundárias e diminui a morbidade e mortalidade. (KUO; BACEK;

TAYLOR, 2018). A Fundação do Trauma Craniano (*Brain Trauma Foundation*) recomenda que a prática de monitorar e tratar casos de hipertensão intracraniana seja parte dos cuidados intensivos e da rotina clínica em humanos (HAWRYLUK et al., 2020; NAG et al., 2019).

2.2 ONDAS DA PRESSÃO INTRACRANIANA

A pressão intracraniana normal gera um traçado pulsátil, que reflete o ciclo cardíaco e os movimentos respiratórios. A morfologia normal de uma onda de pressão intracraniana é constituída por três picos (figura 1). A P1 está relacionada com o pulso arterial e é transmitida pelo plexo coroide no LCE. A P2 refere-se à complacência cerebral. É o reflexo da onda do pulso arterial repercutindo no leito do parênquima encefálico. A P3 está relacionada com o fechamento da valva aórtica (ABRAHAM; SINGHAL, 2015).

Figura 1. Morfologia da onda de pulso característica da pressão intracraniana, com seus três picos: P1, representada pela pressão transmitida através do pulso arterial. P2, que representa a repercussão do primeiro pulso e está relacionada a complacência intracraniana. P3 refere-se ao final do ciclo cardíaco, durante o fechamento da válvula aórtica.



Fonte: CANAC et al. (2020)

Em condições normais a morfologia da onda deve apresentar os três picos, que são relacionados entre si, e a P1 deve ser maior que a P2, que é maior que a P3. O aumento de P2 está relacionado a perda da complacência cerebral e isso ocorre em casos de HIC. A razão entre P2/P1 considerada fisiológica, em pacientes humanos, pode mudar conforme a idade, mas varia entre 0,8 e 1,2 quando comparadas com o monitoramento invasivo, uma vez que valores acima de 1,2 correlacionam-se à perda da complacência craniana e a valores de PIC invasiva acima

de 20mmHg (BALLESTERO et al., 2017; BOLLELA et al., 2017; BRASIL et al., 2023; KARUTA et al., 2024).

Alterações na morfologia da onda da PIC podem ser provocadas por diferentes condições fisiológicas (KASPROWICZ et al., 2016). O aumento da amplitude da forma da onda da PIC pode estar relacionado com massas de rápida expansão, hipertensão arterial grave, hipercapnia ou hipóxia grave e compressão da veia jugular (principalmente o P2 e P3). Em casos de aumento ou diminuição do volume do LCE, pode haver aumento ou diminuição da amplitude da forma da onda da PIC. Quando há hipoventilação, é possível observar arredondamento da forma da onda da PIC devido ao aumento nos componentes posteriores da forma da onda, diminuição da amplitude da forma da onda da PIC em P2, e em menor grau em P3 com pouca alteração de P1. Pacientes com hipotensão arterial grave podem apresentar diminuição da amplitude da forma da onda da PIC, principalmente P1 (KIRKNESS et al., 2000).

2.3 MÉTODOS DE MONITORAMENTO DA PRESSÃO INTRACRANIANA

O monitoramento da PIC se tornou uma importante ferramenta para o manejo de pacientes com alterações que levam a HIC (KARUTA et al., 2024), tais como trauma cranioencefálico (TCE), hemorragia subaracnóidea, meningite, meningoencefalite, neoplasias, hidrocefalia e encefalopatia hepática entre outras. Para melhorar o prognóstico nestes casos, uma vez que a HIC sustentada tem relação com altos índices de mortalidade (NAG et al., 2019). Diversas formas de monitoramento da PIC vêm sendo desenvolvidos ao longo das décadas (SONIG et al., 2020). Contudo, todos estes métodos possuem vantagens e desvantagens em seu uso (CABELLA et al., 2016).

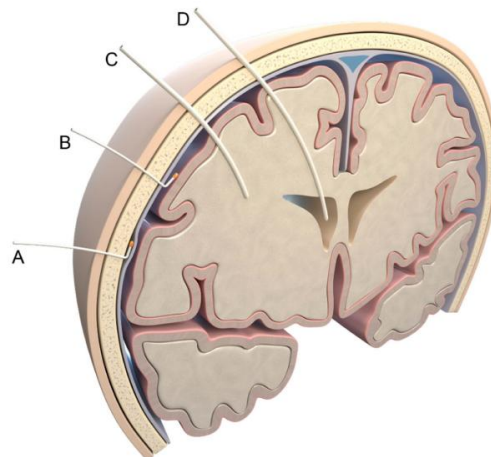
2.3.1 MONITORAMENTO INVASIVO DA PIC EM HUMANOS

A forma mais acurada para mensuração da PIC é através dos métodos invasivos, sendo que o padrão ouro consiste na implantação de um catéter intraventricular (CZOSNYKA; PICKARD, 2004), seguido de drenagem líquórica (MURALIDHARAN, 2015) ou com uma *probe* posicionada no espaço epidural, subdural ou intraparenquimatoso (MÜLLER et al., 2023) (Figura 2). Estes métodos, além de possuírem melhor acurácia, permitem a drenagem do LCE como parte do tratamento em algumas afecções (ROBBA et al., 2020). Contudo, em seres humanos,

pode ocorrer dificuldade para colocação do cateter ou colocação errônea, causando lesões nos núcleos basais, tálamo ou cápsula interna, risco maior de hemorragias e, quando há necessidade de monitoração por longos períodos, há maior chance de desenvolvimento de infecção bacteriana (HARARY; DOLMANS; GORMLEY, 2018; NAG et al., 2019).

Embora a PIC seja geralmente obtida como um valor estático, na realidade corresponde a uma onda pulsátil, que é influenciada pela pressão arterial e venosa, posição corporal e pressão intra-abdominal (KIM et al., 2018). Por décadas, busca-se um método confiável e não invasivo para monitoramento da PIC, porém nenhum ainda possui a mesma acurácia que os métodos invasivos (MÜLLER et al., 2023). Portanto, a monitoração de forma invasiva ainda é recomendada por diretrizes em pacientes humanos para melhorar a qualidade do atendimento (HAWRYLUK et al., 2020)

Figura 2. Possíveis locais de implantação da probe de pressão para aferir a PIC de forma invasiva: (A) epidural; (B) subdural; (C) intraparenquimatoso; (D) intraventricular.



Adaptado de MULLER et al. (2023)

2.3.2 MONITORAMENTO NÃO-INVASIVO DA PIC EM HUMANOS

Foram desenvolvidos diversos métodos de monitoramento não invasivo da PIC nos últimos anos, na tentativa de estimar a pressão intracraniana ou serem utilizados como ferramentas de triagem (BRASIL et al., 2023).

Dentre os métodos de monitoração não invasivos, é possível citar o uso da ultrassonografia com *doppler* transcraniano (DTC), o diagnóstico por imagem, principalmente através da ressonância magnética (RM), a mensuração do diâmetro da bainha do nervo óptico e do deslocamento da membrana timpânica e a

eletrofisiologia, por exemplo, com a eletroencefalografia e o potencial evocado visual, dentre outros (MÜLLER et al., 2023).

Outro método não invasivo pouco utilizado, mas com grande valor clínico, é o monitoramento das ondas da PIC, através de sensores que captam a elasticidade craniana.

2.3.2.1 Elasticidade craniana

Segundo a doutrina de Monro-Kellie, o crânio é uma estrutura rígida e não expansível. Contudo, sabe-se desde o início dos anos 80 que existe uma elasticidade nas estruturas ósseas e suturas cranianas que se expandem com alterações na pressão intracraniana (HEIFETZ; WEISS, 1981). Essa elasticidade pode ser detectada por sensores de deformação da matéria, que são colocados em contato com a pele do crânio e detectam a deformação óssea causada pelas ondas da PIC (YUE; WANG, 2009).

Um método de monitoração não invasivo das ondas da PIC foi desenvolvido pela empresa brasileira Brain4care® (B4C), e consiste em um sensor do tipo extensômetro, que capta as deformações ósseas produzidas pelas ondas da PIC. Este sensor deve tocar a pele sobre o crânio na região parietal de humanos (CABELLA et al., 2016). As informações são transmitidas para um monitor que filtra, amplifica e digitaliza o sinal (BALLESTERO et al., 2017).

O aparelho foi inicialmente validado por meio de um estudo com ratos com HIC induzida experimentalmente. Sua monitoração foi comparada simultaneamente com a monitoração invasiva através de sensor intraparenquimatoso e foi observado similaridade entre os dois métodos, com correlação de 80% (CABELLA et al., 2016). Posteriormente, o aparelho foi utilizado em um paciente com meningite por *Cryptococcus neoformans* com HIC e foi identificado, por meio das ondas P2 e P1, que havia evidências de HIC antes do uso do método invasivo (punção lombar), retornando ao normal após a drenagem lombar através da punção e ocorrendo melhora do paciente (BOLLELA et al., 2017). Também foi utilizado para presumir hipertensão intracraniana com uma sensibilidade de 80% e especificidade de 100% em 56 crianças com hidrocefalia (BALLESTERO et al., 2017).

Durante a pandemia de COVID-19, o aparelho foi utilizado para avaliar a complacência intracraniana e a hemodinâmica cerebral de pacientes críticos com a doença (BRASIL et al., 2021). Em 2022, um estudo em humanos concluiu que a

monitoração não invasiva das ondas da PIC pode fornecer informações adjuvantes para o monitoramento da complacência intracraniana e podem auxiliar o tratamento de pacientes com lesão cerebral aguda (BRASIL et al., 2023).

Dentre as principais limitações do uso do monitor B4C em pacientes humanos está a sensibilidade do sensor a qualquer movimento externo, tais como piscar, abrir a boca ou chorar, levando a interferências na captação do sinal das ondas (KARUTA et al., 2024). Contudo, a monitoração é realizada com o paciente acordado. Desta forma, não há necessidade de nenhum tipo de sedativo ou anestésico para que o paciente colabore e não se movimente no momento do exame.

2.3.3 MONITORAMENTO INVASIVO DA PIC NA MEDICINA VETERINÁRIA

Não há consenso sobre qual é o melhor método para monitoração da PIC em animais. Sabe-se que os sensores intraparenquimatosos são mais precisos. Porém, além das dificuldades encontradas em pacientes humanos, na veterinária também há uma série de outras limitações, tais como a variação de pontos de referência no crânio, tamanho e localização dos ventrículos, necessidade de anestesia geral para realização do procedimento, dentre outras limitações que tornam a realização do procedimento pouco viável (STURGES et al., 2019).

Em virtude destas limitações, há alguns estudos sobre a monitoração invasiva da PIC em animais de maneira experimental (SEKI et al., 2019), e seu uso é raramente descrito fora de estudos experimentais, com seu uso rotineiro na prática clínica sendo limitado (ILIE et al., 2015). Na maioria dos estudos a monitoração invasiva da PIC foi realizada em animais saudáveis (BAGLEY et al., 1996; ILIE et al., 2015; STURGES et al., 2019) ou com hipertensão intracraniana induzida experimentalmente (FUKUSHIMA et al., 2000). Há poucos estudos nos quais a PIC invasiva foi mensurada em pacientes com afecções naturalmente adquiridas (BALLOCCO et al., 2019; FARKE et al., 2024; GIANNASI et al., 2020; KOLECKA et al., 2019; SEKI et al., 2019; WART et al., 2024).

Na rotina clínica, os médicos veterinários se baseiam na avaliação de alguns parâmetros clínicos como piora do quadro neurológico, Escala de Coma Modificada de Glasgow (ECMG) e presença de reflexo de Cushing para inferir que a PIC está elevada (ILIE et al., 2015; KUO; BACEK; TAYLOR, 2018; STURGES et al., 2019).

2.3.4 MONITORAMENTO NÃO-INVASIVO DA PIC NA MEDICINA VETERINÁRIA

Na medicina veterinária, assim como na medicina humana, há estudos que avaliaram métodos de monitoramento não invasivo da PIC, como alternativa aos métodos invasivos. São avaliados parâmetros tais como a morfologia das ondas de PIC, a relação P2/P1 e a ultrassonografia Doppler transcraniana (DTC), que permitem inferir possíveis alterações no fluxo sanguíneo cerebral e no parênquima (SASAKA et al., 2018).

Técnicas de diagnóstico por imagem de RM e tomografia computadorizada (TC) também são utilizadas para identificar alterações anatômicas sugestivas de aumento da PIC, tais como efeito de massa, edema encefálico, hematomas e hemorragias, herniação transtentorial caudal, herniação subfalcina, edema perilesional, deslocamento da lâmina quadrigeminal e obliteração dos sulcos cerebrais (BITTERMANN et al., 2014).

A técnica de DTC já foi utilizada em cães com hidrocefalia, meningoencefalite granulomatosa, HIC induzida experimentalmente e para avaliação de cães com doenças neurológicas estruturais (CARVALHO et al., 2010, 2012; FUKUSHIMA et al., 2000; SASAKA et al., 2018). É um método de baixo custo (CANAC et al., 2020) e que pode ser facilmente repetido à beira do leito sem risco ao paciente (BELLNER et al., 2004).

Um método de imagem avançada para avaliação não invasiva da PIC é a ressonância magnética dinâmica. Essa técnica mensura o volume de sangue e LCE que entra e sai do encéfalo durante um ciclo cardíaco, mas devido a resultados contraditórios observados e alto custo esse método é pouco utilizado (EVENSEN; EIDE, 2020a).

A mensuração da artéria basilar e sua relação com a PIC e a PPC também foi utilizada para estimar a circulação intracraniana (FUKUSHIMA et al., 2000). A RM e o DTC, quando avaliados em conjunto, também podem sugerir aumento da PIC. Portanto, as variáveis de resistência vascular do DTC podem ser usadas para detectar sinais de hipertensão intracraniana em cães (SASAKA et al., 2018).

A mensuração do diâmetro da bainha no nervo óptico é uma alternativa não invasiva de detecção da HIC (PRICE et al., 2020). O método já foi utilizado em cães, por meio de RM, e sugeriu haver alteração do diâmetro do nervo, o que pode inferir a HIC, em cerca de 20% dos casos. Contudo, a PIC invasiva não foi avaliada de forma

concomitante para confirmar que o aumento do diâmetro foi realmente causado por HIC (SCRIVANI et al., 2013). Embora seja um método facilmente aplicável à beira-leito, há dificuldades na sua padronização devido a variação do tamanho do nervo óptico de acordo com a idade e peso do paciente e necessidade de profissionais capacitados, além de não ser possível realizar a monitoração contínua da PIC (CANAC et al., 2020).

Assim como em pacientes humanos, o método de monitoramento não invasivo das ondas da pressão intracraniana através da elasticidade craniana também vem sendo estudados nos últimos anos em cães e gatos (BAHR ARIAS et al., 2022; BERNARDES, 2022; ROCHA et al., 2023a; SMAILI, 2023; WEIZENMANN; BAHR ARIAS, 2024). O local mais adequado para acomodação do sensor é na região parietal, com o paciente em decúbito lateral e sob anestesia geral, devido à sensibilidade do sensor a qualquer movimento dos animais, que pode levar a interferências na captação das ondas da PIC-Ni (WEIZENMANN; BAHR ARIAS, 2024). O método foi comparado com a monitoração invasiva da pressão subaracnóidea lombar em um estudo com seis cães com afecções neurológicas submetidos a mielografia. A monitoração não invasiva das ondas da PIC foi avaliada antes, durante a injeção de contraste subaracnóidea e após, sendo comparada simultaneamente com a monitoração invasiva da pressão subaracnóidea e foi eficaz ao detectar alterações na complacência intracraniana, uma vez que os valores médios da relação $P2/P1$ antes do procedimento foi de 0,78, durante a injeção de contraste foi de 1,06 e de 0,95 após o final do procedimento (ROCHA et al., 2023a).

Além disso, o monitor também já foi usado para avaliar as ondas da pressão intracraniana em cães com e sem doenças neurológicas. A relação $P2/P2$ em oito cães saudáveis variou de 0,27 a 0,78. Em cães com doenças neurológicas encefálicas, variou de 1,01 a 2,65 (BAHR ARIAS et al., 2022). Em gatos saudáveis, submetidos a procedimentos cirúrgicos eletivos, a complacência intracraniana foi avaliada antes e após a cirurgia em dois grupos anestesiados com dois protocolos anestésicos. A relação $P2/P1$ média antes da cirurgia foi de 0,88 nos animais que foram submetidos à anestesia inalatória e de 1,10 nos que tiveram protocolo com anestesia dissociativa. Após a cirurgia, a relação $P2/P1$ média foi de 1,23 e 1,2 respectivamente (BERNARDES, 2022). Em um estudo que correlacionou a complacência intracraniana com a avaliação de sinais sugestivos de HIC através da

RM, 43 cães com doenças neurológicas intracranianas foram avaliados e a relação P2/P1 média foi de 0,95 (0,65 a 1,25 (SMAILI, 2023).

O método citado acima apresenta desvantagens, principalmente quando aplicado à medicina veterinária, uma vez que necessita de anestesia geral em cães e gatos, pois a delicadeza do sensor exige imobilidade absoluta do paciente durante o exame, além da dificuldade relacionada à forma de calibração do sensor e da necessidade de valores de referência para animais, uma vez que estes valores são extraídos de dados da literatura humana (BAHR ARIAS et al., 2022; CABELLA et al., 2016).

2.4 DINÂMICA DO LÍQUIDO CEREBROESPINHAL E RELAÇÃO COM A PRESSÃO INTRACRANIANA

A complexidade da fisiologia da produção e circulação do LCE constitui um componente integral da compreensão da fisiopatologia de muitos distúrbios neurológicos e da otimização de seu tratamento (DI TERLIZZI; PLATT, 2006). O LCE é produzido por uma rede de células endoteliais modificadas, conhecidas como plexo coróide, localizadas no interior dos ventrículos cerebrais (SAKKA; COLL; CHAZAL, 2011). Após sua produção, o LCE passa dos ventrículos laterais pelos forames interventriculares até o terceiro ventrículo. De lá, segue pelo aqueduto cerebral até o quarto ventrículo. A partir do quarto ventrículo, o LCE atinge o espaço subaracnóideo por meio dos forames laterais e do forame mediano (SAKKA; COLL; CHAZAL, 2011). No espaço subaracnoide, o LCE circula ao redor do encéfalo e da medula espinhal. Durante esse percurso, o LCE atua como um amortecedor contra impactos mecânicos, mantém o cérebro em suspensão, transporta nutrientes e substâncias sinalizadoras, e contribui para a regulação do ambiente extracelular neuronal (DI TERLIZZI; PLATT, 2006).

A reabsorção do LCE ocorre predominantemente nas vilosidades aracnóides, que se projetam da membrana aracnoide para o interior dos seios venosos da dura-máter, especialmente o seio sagital superior. Essas vilosidades funcionam como válvulas unidirecionais, permitindo que o LCE seja absorvido para o sangue venoso. Do seio sagital superior, o LCE absorvido segue até o seio venoso transversal, seio sigmoide e finalmente, na veia jugular interna, dentro do forame jugular. Além dessa via principal, existem rotas secundárias de absorção que envolvem os linfáticos

perineurais, os plexos venosos da medula espinhal e possivelmente os capilares cerebrais. Essas vias acessórias são particularmente importantes em situações patológicas ou quando a via principal de reabsorção está comprometida (SAKKA; COLL; CHAZAL, 2011).

Fatores secundários que influenciam o fluxo do LCE incluem a frequência respiratória, a postura, a pressão venosa da veia jugular, o nível de atividade física do indivíduo e o horário do dia (SPECTOR; ROBERT SNODGRASS; JOHANSON, 2015). O estado postural, a pressão arterial e a drenagem venosa e linfática exercem papel essencial na manutenção da dinâmica fisiológica do LCE e do equilíbrio da pressão intracraniana, principalmente por influenciarem o fluxo sanguíneo cerebral (FSC) e a pressão de perfusão cerebral (PPC), considerando que o líquido representa cerca de 8 a 10% do volume intracraniano total (SAKKA; COLL; CHAZAL, 2011).

A relação entre a pressão intracraniana e a posição corporal já foi observada em diversas espécies. Em um estudo conduzido com equinos sob anestesia com isoflurano, a pressão intracraniana (PIC) foi monitorada de maneira invasiva por meio de um transdutor extensométrico posicionado no espaço subaracnoide, enquanto os animais eram submetidos a diferentes posições corporais: decúbito dorsal com a cabeça abaixada, decúbito dorsal com a cabeça nivelada, decúbito lateral, decúbito esternal com a cabeça nivelada e decúbito esternal com a cabeça elevada. Observou-se que a pressão de perfusão cerebral (PPC) aumentou significativamente nas posições em decúbito esternal (BROSNAN et al., 2002). Em outra investigação que testou a hipótese de que o posicionamento da cabeça para baixo em cavalos anestesiados levaria ao aumento da PIC e à redução do fluxo sanguíneo cerebral (FSC) e medular, constatou-se que essa posição acentuou o gradiente hidrostático entre o coração e o cérebro, o que resultou em diminuição do FSC e, de forma mais pronunciada, elevação da PIC. Além disso, durante a anestesia, regiões do sistema nervoso central com menor perfusão estão mais suscetíveis a lesões isquêmicas induzidas pela elevação da PIC (BROSNAN et al., 2008). Ainda em equinos em foi observado diferenças na PPC e na PIC, de acordo com o protocolo anestésico utilizado durante o procedimento e a posição da cabeça do animal (REED et al., 2021).

Em bovinos anestesiados submetidos a procedimentos cirúrgicos prolongados, a comparação entre dois posicionamentos corporais distintos revelou que os animais mantidos em decúbito esternal apresentaram pressão intracraniana

(PIC) significativamente mais baixa em relação àqueles posicionados em decúbito lateral (ARAI et al., 2006). Em modelos experimentais desenvolvidos com ovinos, diferentes posições do corpo em relação à cabeça também influenciaram a pressão intracraniana, quando avaliadas de forma invasiva através de mensuração intraventricular e subaracnóidea (TRIMMEL et al., 2022). Além disso, em um estudo com gatos, onde foi avaliada a pressão intraventricular e a pressão no espaço lombar, foi proposto que a pressão do LCE depende das leis da mecânica dos fluidos e das características anatômicas do espaço craniano e espinhal, e não, como se acredita, através da secreção, circulação e absorção do LCE. Neste estudo, foi descoberto que, durante a verticalização dos gatos do modelo experimental, com comunicação cranioespinal preservada houve uma pressão negativa do LCE dentro do crânio por um tempo prolongado, fato que o modelo clássico de produção, circulação e absorção ainda não explica bem e sugere que há novos mecanismos físicos e anatômicos influenciando a PIC e o comportamento do LCE, abrindo espaço para novas formas de tratar a hipertensão intracraniana, que vão além de apenas tentar reduzir a produção ou melhorar a absorção do LCE (KLARICA et al., 2014).

2.4.1 ELEVAÇÃO DA CABECEIRA DO LEITO

A elevação da cabeceira do leito (ECL) é uma manobra padrão realizada em pacientes humanos e veterinários com aumento da pressão intracraniana (KUO; BACEK; TAYLOR, 2018; NG; LIM; WONG, 2004), pois esta manobra promove a redução da PIC, através do aumento da drenagem liquórica e venosa, sem comprometer a PPC e o débito cardíaco. A postura semi-reclinada, além de auxiliar na diminuição da PIC, permite ainda que seja administrada nutrição enteral, reduzindo os riscos de refluxo gástrico silencioso e pneumonia associada ao ventilador mecânico (NG; LIM; WONG, 2004)

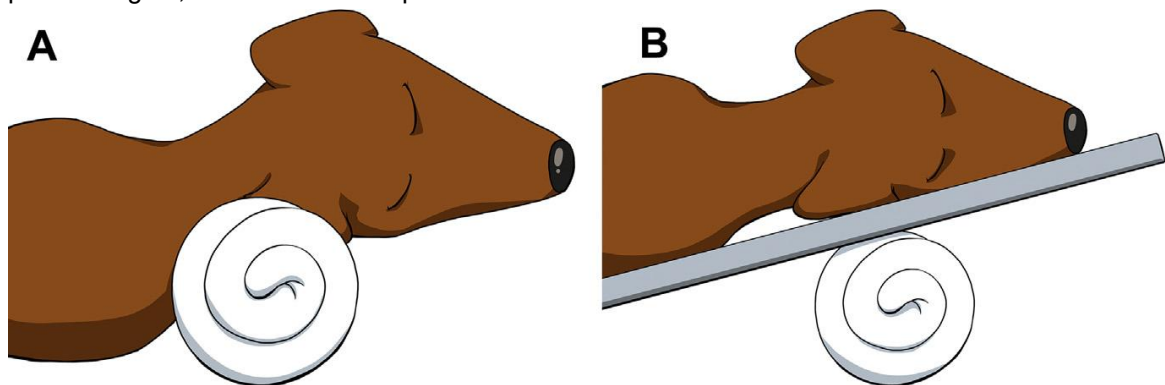
O grau de ECL foi padronizado no tratamento da HIC em pacientes humanos em 30° (NG; LIM; WONG, 2004), sendo considerado como primeira intervenção não farmacológica a ser indicada em pacientes com TCE (VRETTOU; MENTZELOPOULOS, 2022). Apesar da padronização da elevação em 30°, outras angulações crescentes da cabeceira foram associadas, em geral, a uma PIC mais baixa, enquanto os parâmetros de PPC e oxigenação cerebral permaneceram inalterados. Outros graus de ECL (15°, 30° e 45°) também foram considerados

seguros em pacientes com diferentes escores na Escala de Coma de Glasgow (ALTUN UĞRAŞ et al., 2018; RAMOS et al., 2024). Em uma meta-análise com 237 pacientes humanos que passaram por cirurgia de craniotomia e tiveram a pressão intracraniana monitorada no período pós-operatório, a elevação em 10°, 15°, 30° e 45° resultaram em menor PIC quando comparado com a posição neutra (0°). Além disso, a PIC a 30 graus não foi significativamente diferente em comparação com 45 graus e foi menor do que a 10 e 15 graus (JIANG et al., 2015). Também em populações pediátricas com hipertensão intracraniana secundária a TCE, há evidências de que o grau ideal de ECL pode variar entre os indivíduos, podendo situar-se entre 0° e 50°, ou seja, nem sempre é 30° (LANG et al., 2020).

Na literatura veterinária, os primeiros estudos que descreveram a ECL como parte do manejo da HIC em cães são do início dos anos 90 (DEWEY, 1993; DEWEY; BUDSBERG, J. E.; OLIVER, J., 1992), com extrapolação de dados provenientes de estudos da medicina humana, que por sua vez remetem ao início dos anos 80 (KENNING; TOUTANT; SAUNDERS, 1981). Porém, estudos pioneiros com pacientes humanos ainda nos anos 60, já relacionavam as mudanças na posição da cabeça, braços e do corpo com alterações na PIC (TOOLE, 1968).

Apesar da indicação desta manobra como parte do tratamento ser bem estabelecidas, não se conhece realmente a angulação ideal para cães e gatos (Figura 3). O que é descrito é que a inclinação esteja entre 15° e 30° (BAGLEY et al., 1996; DEWEY, 1993; FESSLER; DIAZ, 1993).

Figura 3. A elevação da cabeceira do leito é associada à diminuição da PIC e aumento da PPC. (A) forma incorreta de elevar a cabeça do paciente, que pode causar torção do pescoço, comprimindo a veia jugular e aumentando a PIC. (B) Forma adequada de elevar a cabeça do paciente, com uma prancha rígida, sem risco de compressão.



Fonte: KUO; BACEK; TAYLOR (2018)

2.5 ANESTESIA E O SISTEMA NERVOSO CENTRAL

Devido a necessidade de anestesia geral para que seja possível realizar o monitoramento das ondas da PIC-Ni, é importante o entendimento da ação dos fármacos anestésicos no metabolismo cerebral e na pressão intracraniana.

A função encefálica depende do balanço entre a entrega adequada de oxigênio e de nutrientes, a demanda metabólica e a remoção dos produtos celulares deste metabolismo. Este balanço é intimamente ligado ao FSC (TRAXLER et al., 2021). Os fármacos anestésicos podem afetar o FSC e o metabolismo cerebral, interferindo, positiva ou negativamente na PIC, consequentemente, na função normal do encéfalo (WAELBERS et al., 2010).

Existem mecanismos no SNC que atuam modulando a resistência vascular cerebral. A autorregulação do FSC é a capacidade do encéfalo em regular o seu suprimento sanguíneo de acordo com as suas necessidades. A autorregulação funciona adequadamente na faixa de variação da PAM de 50 a 160 mmHg, porém conforme a PAM diminui, cai também a perfusão nesse órgão, dilatando-se os vasos de resistência até que atinjam um ponto máximo em resposta à redução da pressão. Nesse caso a PIC ainda se encontra compensada. Após uma redução maior que 50 mmHg, o FSC perde seu mecanismo, caindo abruptamente e ficando dependente da PAM, gerando descompensação da pressão venosa (GREENE, 2010).

Outros mecanismos de regulação cerebral são a relação fluxo-metabolismo, a regulação química, regulação neurogênica e as respostas a mudança da viscosidade sanguínea (RAISIS; BREARLY, 2013). De forma geral, estes mecanismos atuam de forma dinâmica e concomitante. Regulam o tônus vascular cerebral para manter constante o fluxo sanguíneo durante variações da pressão arterial média (GREENE, 2010), controlam o FSC baseado na taxa metabólica cerebral (RAISIS; BREARLY, 2013) e podem ser influenciadas por diversos fatores, como alterações nos níveis de dióxido de carbono, que, por sua vez, pode estar alterado em doenças sistêmicas ou com o uso de agentes farmacológicos (RAISIS; BREARLY, 2013).

Em geral, os agentes anestésicos inalatórios deprimem o mecanismo autorregulatório do sistema nervoso central (DAGAL; LAM, 2009; STREBEL et al.,

1995). Em contraponto, o fármaco injetável propofol preserva este mecanismo, sendo o fármaco de escolha em pacientes com HIC (COLE et al., 2007; KOTANI et al., 2023; STREBEL et al., 1995). Tem ação sedativa e hipnótica e é um dos anestésicos injetáveis mais utilizado para a indução e manutenção da anestesia em pacientes humanos e em animais de companhia, pelo fácil acesso e amplo conhecimento farmacocinético e farmacodinâmico (GRIFFENHAGEN et al., 2015). Apresenta uma indução geralmente suave, recuperação rápida e distribuição e eliminação com depuração excedendo o fluxo sanguíneo hepático (TABOADA; MURISON, 2010).

No SNC o propofol reduz o metabolismo cerebral e o FSC (BERRY, 2017; KARWACKI et al., 2018; WAELBERS et al., 2010), além de preservar a autorregulação cerebral (LALOU et al., 2016) e a capacidade de reatividade da circulação cerebral às mudanças na pressão arterial de CO₂ (KARWACKI et al., 2018), entretanto, essa resposta pode ser modificada pela administração concomitante de outros fármacos, como opioides (BERRY, 2017). Os efeitos neuroprotetores potenciais do propofol são enfatizados por muitos autores (KARWACKI et al., 2018; KOTANI et al., 2023). Em pacientes neurologicamente saudáveis, o propofol não afeta a autorregulação e a reatividade da circulação cerebral se houver alterações na pressão arterial de CO₂ (INABA et al., 2003). Além disso, o propofol reduz a PIC em pacientes com doenças neurológicas que levam a HIC (PETERSEN et al., 2003).

A indução da anestesia com propofol está associada à queda da pressão arterial, que é seguida por uma resposta compensatória dos barorreceptores (KARWACKI et al., 2018). A pressão arterial reduz-se principalmente devido à dilatação dos vasos periféricos e à diminuição do débito cardíaco. A estabilidade hemodinâmica da circulação sistêmica é crucial, pois é fundamental para garantir a proteção da pressão de perfusão cerebral (PPC), tanto em situações normais quanto em condições patológicas do sistema nervoso central (KARWACKI, et al., 2018).

3 REFERÊNCIAS

- ABRAHAM, M.; SINGHAL, V. Intracranial pressure monitoring. **Journal of Neuroanaesthesiology and Critical Care**, v. 2, n. 3, p. 193–203, 2015.
- ALTUN UĞRAŞ, G. et al. Effects of Different Head-of-Bed Elevations and Body Positions on Intracranial Pressure and Cerebral Perfusion Pressure in Neurosurgical Patients. **The Journal of Neuroscience Nursing: Journal of the American Association of Neuroscience Nurses**, v. 50, n. 4, p. 247–251, ago. 2018.
- ARAI, S. et al. Development of a neurosurgical operating table for adult cattle and changes in intracranial pressure and blood pressure in adult cattle undergoing long-time isoflurane anesthesia. **The Journal of Veterinary Medical Science**, v. 68, n. 4, p. 337–343, abr. 2006.
- ARMSTEAD, W. M. Cerebral Blood Flow Autoregulation and Dysautoregulation. **Anesthesiology Clinics**, v. 34, n. 3, p. 465–477, set. 2016.
- BAGLEY, R. S. et al. Effect of craniectomy/durotomy alone and in combination with hyperventilation, diuretics, and corticosteroids on intracranial pressure in clinically normal dogs. **American Journal of Veterinary Research**, v. 57, n. 1, p. 116–119, jan. 1996.
- BAHR ARIAS, M. V. et al. Preliminary evaluation of a non-invasive device for monitoring intracranial pressure waveforms in dogs. **The Journal of Small Animal Practice**, v. 63, n. 8, p. 624–631, ago. 2022.
- BALAKRISHNAN, A.; TONG, C. W. Clinical Application of Pulmonary Function Testing in Small Animals. **The Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice**, v. 50, n. 2, p. 273–294, mar. 2020.
- BALLESTERO, M. F. M. et al. Prediction of intracranial hypertension through noninvasive intracranial pressure waveform analysis in pediatric hydrocephalus. **Child's Nervous System: ChNS: Official Journal of the International Society for Pediatric Neurosurgery**, v. 33, n. 9, p. 1517–1524, set. 2017.
- BALLOCCO, I. et al. A pilot study evaluating the effect of mannitol and hypertonic saline solution in the treatment of increased intracranial pressure in 2 cats and 1 dog naturally affected by traumatic brain injury. **Journal of Veterinary Emergency and Critical Care (San Antonio, Tex.: 2001)**, v. 29, n. 5, p. 578–584, set. 2019.
- BELLNER, J. et al. Transcranial Doppler sonography pulsatility index (PI) reflects intracranial pressure (ICP). **Surgical Neurology**, v. 62, n. 1, p. 45–51; discussion 51, jul. 2004.
- BERNARDES, G. L. **Monitoração não invasiva das ondas da pressão intracraniana em gatos submetidos a dois protocolos anestésicos**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal)—Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2022.
- BERRY, S. H. Anestésicos injetáveis. Em: **Anestesiologia e analgesia veterinária**. 5ª ed. [s/l]: Roca, 2017.

BITTERMANN, S. et al. Magnetic resonance imaging signs of presumed elevated intracranial pressure in dogs. **Veterinary Journal (London, England: 1997)**, v. 201, n. 1, p. 101–108, jul. 2014.

BOLLELA, V. R. et al. Noninvasive intracranial pressure monitoring for HIV-associated cryptococcal meningitis. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 50, p. e6392, 7 ago. 2017.

BOTHWELL, S. W.; JANIGRO, D.; PATABENDIGE, A. Cerebrospinal fluid dynamics and intracranial pressure elevation in neurological diseases. **Fluids and Barriers of the CNS**, v. 16, n. 1, p. 9, 10 abr. 2019.

BRASIL, S. et al. Cerebral Hemodynamics and Intracranial Compliance Impairment in Critically Ill COVID-19 Patients: A Pilot Study. **Brain Sciences**, v. 11, n. 7, p. 874, 30 jun. 2021.

BRASIL, S. et al. Noninvasive intracranial pressure waveforms for estimation of intracranial hypertension and outcome prediction in acute brain-injured patients. **Journal of Clinical Monitoring and Computing**, v. 37, n. 3, p. 753–760, jun. 2023.

BROSNAN, R. J. et al. Effects of body position on intracranial and cerebral perfusion pressures in isoflurane-anesthetized horses. **Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)**, v. 92, n. 6, p. 2542–2546, jun. 2002.

BROSNAN, R. J. et al. Effects of head-down positioning on regional central nervous system perfusion in isoflurane-anesthetized horses. **American Journal of Veterinary Research**, v. 69, n. 6, p. 737–743, jun. 2008.

CABELLA, B. et al. Validation of a New Noninvasive Intracranial Pressure Monitoring Method by Direct Comparison with an Invasive Technique. **Acta Neurochirurgica. Supplement**, v. 122, p. 93–96, 2016.

CAINES, D. et al. Comparison of isoflurane and propofol for maintenance of anesthesia in dogs with intracranial disease undergoing magnetic resonance imaging. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v. 41, n. 5, p. 468–479, set. 2014.

CANAC, N. et al. Review: pathophysiology of intracranial hypertension and noninvasive intracranial pressure monitoring. **Fluids and barriers of the CNS**, v. 17, n. 1, p. 40, 23 jun. 2020.

CARVALHO, C. F. et al. Transcranial duplex doppler ultrasonography in dogs with hydrocephalus. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, p. 57–63, fev. 2010.

CARVALHO, C. F. et al. Transcranial Doppler sonographic findings in granulomatous meningoencephalitis in small breed dogs. **The Canadian Veterinary Journal = La Revue Veterinaire Canadienne**, v. 53, n. 8, p. 855–859, ago. 2012.

COLE, C. D. et al. Total intravenous anesthesia: advantages for intracranial surgery. **Neurosurgery**, v. 61, n. 5 Suppl 2, p. 369–377; discussion 377–378, nov. 2007.

CZOSNYKA, M.; PICKARD, J. D. Monitoring and interpretation of intracranial pressure. **Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry**, v. 75, n. 6, p. 813–821, jun. 2004.

DAGAL, A.; LAM, A. M. Cerebral autoregulation and anesthesia. **Current Opinion in Anaesthesiology**, v. 22, n. 5, p. 547–552, out. 2009.

DE MORAES, F. M. et al. ICP wave morphology as a screening test to exclude intracranial hypertension in brain-injured patients: a non-invasive perspective. **Journal of Clinical Monitoring and Computing**, v. 38, n. 4, p. 773–782, ago. 2024.

DEWEY, C. W. Principles of head trauma management in dogs and cats-part II. Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian. v. 15, p. 177–193, 1993.

DEWEY, C. W.; BUDSBERG, J. E.; OLIVER, J. Principles of head trauma management in dogs and cats-part I. **Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian**, v. 14, p. 199–207, 1992.

DHAESE, T. M. et al. Non-invasive intracranial pressure monitoring in idiopathic intracranial hypertension and lumbar puncture in pediatric patient: Case report. **Surgical Neurology International**, v. 12, p. 493, 30 set. 2021.

DI TERLIZZI, R.; PLATT, S. The function, composition and analysis of cerebrospinal fluid in companion animals: part I - function and composition. **Veterinary Journal (London, England: 1997)**, v. 172, n. 3, p. 422–431, nov. 2006.

EVENSEN, K. B.; EIDE, P. K. Measuring intracranial pressure by invasive, less invasive or non-invasive means: limitations and avenues for improvement. **Fluids and Barriers of the CNS**, v. 17, p. 34, 6 maio 2020a.

EVENSEN, K. B.; EIDE, P. K. Measuring intracranial pressure by invasive, less invasive or non-invasive means: limitations and avenues for improvement. **Fluids and barriers of the CNS**, v. 17, n. 1, p. 34, 6 maio 2020b.

FAN, J.-Y. et al. Intracranial pressure waveform morphology and intracranial adaptive capacity. **American Journal of Critical Care: An Official Publication, American Association of Critical-Care Nurses**, v. 17, n. 6, p. 545–554, nov. 2008.

FARKE, D. et al. Association among raised intraventricular pressure, clinical signs, and magnetic resonance imaging findings in dogs with congenital internal hydrocephalus. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 38, n. 6, p. 3119–3128, 31 out. 2024.

FESSLER, R. D.; DIAZ, F. G. The management of cerebral perfusion pressure and intracranial pressure after severe head injury. **Annals of Emergency Medicine**, v. 22, n. 6, p. 998–1003, jun. 1993.

FUKUSHIMA, U. et al. Evaluation of intracranial pressure by transcranial Doppler ultrasonography in dogs with intracranial hypertension. **The Journal of Veterinary Medical Science**, v. 62, n. 3, p. 353–355, mar. 2000.

GIANNASI, S. et al. Comparison of direct measurement of intracranial pressures and presumptive clinical and magnetic resonance imaging indicators of intracranial hypertension in dogs with brain tumors. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 34, n. 4, p. 1514–1523, jul. 2020.

GREENE, S. A. Anesthesia for patients with neurologic disease. **Topics in Companion Animal Medicine**, v. 25, n. 2, p. 83–86, maio 2010.

GRIFFENHAGEN, G. M. et al. Pharmacokinetics and pharmacodynamics of propofol with or without 2% benzyl alcohol following a single induction dose administered intravenously in cats. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v. 42, n. 5, p. 472–483, set. 2015.

HARARY, M.; DOLMANS, R. G. F.; GORMLEY, W. B. Intracranial Pressure Monitoring-Review and Avenues for Development. **Sensors (Basel, Switzerland)**, v. 18, n. 2, p. 465, 5 fev. 2018.

HAWRYLUK, G. W. J. et al. Guidelines for the Management of Severe Traumatic Brain Injury: 2020 Update of the Decompressive Craniectomy Recommendations. **Neurosurgery**, v. 87, n. 3, p. 427–434, 1 set. 2020.

HEIFETZ, M. D.; WEISS, M. Detection of skull expansion with increased intracranial pressure. **Journal of Neurosurgery**, v. 55, n. 5, p. 811–812, nov. 1981.

ILIE, L. A. et al. Relationship between intracranial pressure as measured by an epidural intracranial pressure monitoring system and optic nerve sheath diameter in healthy dogs. **American Journal of Veterinary Research**, v. 76, n. 8, p. 724–731, ago. 2015.

INABA, S. et al. Combined effects of nitrous oxide and propofol on the dynamic cerebrovascular response to step changes in end-tidal PCO₂ in humans. **Anesthesiology**, v. 98, n. 3, p. 633–638, mar. 2003.

JIANG, Y. et al. Systematic review of decreased intracranial pressure with optimal head elevation in postcraniotomy patients: a meta-analysis. **Journal of Advanced Nursing**, v. 71, n. 10, p. 2237–2246, out. 2015.

KARUTA, S. C. V. et al. Observational study of intracranial compliance analysis in neurologically healthy pediatric patients using a non-invasive device. **Scientific Reports**, v. 14, n. 1, p. 19482, 22 ago. 2024.

KARWACKI, Z. et al. The influence of propofol on middle cerebral artery flow velocity (VMCA) in patients with unruptured intracranial aneurysms during induction of general anaesthesia. **Anaesthesiology Intensive Therapy**, v. 50, n. 5, p. 349–358, 2018.

KASPROWICZ, M. et al. Intracranial pressure, its components and cerebrospinal fluid pressure-volume compensation. **Acta Neurologica Scandinavica**, v. 134, n. 3, p. 168–180, set. 2016.

KENNING, J. A.; TOUTANT, S. M.; SAUNDERS, R. L. Upright patient positioning in the management of intracranial hypertension. **Surgical Neurology**, v. 15, n. 2, p. 148–152, fev. 1981.

KIM, E. J. et al. Ultrasonographic optic nerve sheath diameter for predicting elevated intracranial pressure during laparoscopic surgery: a systematic review and meta-analysis. **Surgical Endoscopy**, v. 32, n. 1, p. 175–182, jan. 2018.

KIRKNESS, C. J. et al. Intracranial pressure waveform analysis: clinical and research implications. **The Journal of Neuroscience Nursing: Journal of the American Association of Neuroscience Nurses**, v. 32, n. 5, p. 271–277, out. 2000.

KLARICA, M. et al. The influence of body position on cerebrospinal fluid pressure gradient and movement in cats with normal and impaired craniospinal communication. **PloS One**, v. 9, n. 4, p. e95229, 2014.

KOCHANIEK, P. M. et al. Guidelines for the Management of Pediatric Severe Traumatic Brain Injury, Third Edition: Update of the Brain Trauma Foundation Guidelines. **Pediatric Critical Care Medicine: A Journal of the Society of Critical Care Medicine and the World Federation of Pediatric Intensive and Critical Care Societies**, v. 20, n. 3S Suppl 1, p. S1–S82, mar. 2019.

KOLECKA, M. et al. Intraoperative measurement of intraventricular pressure in dogs with communicating internal hydrocephalus. **PloS One**, v. 14, n. 9, p. e0222725, 2019.

KOTANI, Y. et al. Propofol and survival: an updated meta-analysis of randomized clinical trials. **Critical Care**, v. 27, n. 1, p. 139, 12 abr. 2023.

KUO, K. W.; BACEK, L. M.; TAYLOR, A. R. Head Trauma. **The Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice**, v. 48, n. 1, p. 111–128, jan. 2018.

LALOU, D. A. et al. Influence of general anaesthesia on slow waves of intracranial pressure. **Neurological Research**, v. 38, n. 7, p. 587–592, jul. 2016.

LANG, S.-S. et al. Head of bed elevation in pediatric patients with severe traumatic brain injury. **Journal of Neurosurgery. Pediatrics**, v. 26, n. 5, p. 465–475, 1 nov. 2020.

MANGEZ, J. F.; MENGUY, E.; ROUX, P. [Sedation by constant-rate propofol in the head-injured patient. Preliminary results]. **Annales Francaises D'anesthesie Et De Reanimation**, v. 6, n. 4, p. 336–337, 1987.

MOKRI, B. The Monro-Kellie hypothesis: applications in CSF volume depletion. **Neurology**, v. 56, n. 12, p. 1746–1748, 26 jun. 2001.

MORAES, F. M. DE; SILVA, G. S. Noninvasive intracranial pressure monitoring methods: a critical review. **Arquivos De Neuro-Psiquiatria**, v. 79, n. 5, p. 437–446, maio 2021.

MORGALLA, M. H.; STUMM, F.; HESSE, G. A computer-based method for continuous single pulse analysis of intracranial pressure waves. **Journal of the Neurological Sciences**, v. 168, n. 2, p. 90–95, 15 out. 1999.

MÜLLER, S. J. et al. Non-Invasive Intracranial Pressure Monitoring. **Journal of Clinical Medicine**, v. 12, n. 6, p. 2209, 13 mar. 2023.

MURALIDHARAN, R. External ventricular drains: Management and complications. **Surgical Neurology International**, v. 6, n. Suppl 6, p. S271-274, 2015.

NAG, D. S. et al. Intracranial pressure monitoring: Gold standard and recent innovations. **World Journal of Clinical Cases**, v. 7, n. 13, p. 1535–1553, 6 jul. 2019.

NG, I.; LIM, J.; WONG, H. B. Effects of head posture on cerebral hemodynamics: its influences on intracranial pressure, cerebral perfusion pressure, and cerebral oxygenation. **Neurosurgery**, v. 54, n. 3, p. 593–597; discussion 598, mar. 2004.

PAULA, D. P. et al. Effects of propofol or etomidate intravenous infusion on intracranial variables in dogs. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, p. 302–308, abr. 2010.

PETERSEN, K. D. et al. Intracranial pressure and cerebral hemodynamic in patients with cerebral tumors: a randomized prospective study of patients subjected to craniotomy in propofol-fentanyl, isoflurane-fentanyl, or sevoflurane-fentanyl anesthesia. **Anesthesiology**, v. 98, n. 2, p. 329–336, fev. 2003.

PRICE, D. A. et al. Review of non-invasive intracranial pressure measurement techniques for ophthalmology applications. **The British Journal of Ophthalmology**, v. 104, n. 7, p. 887–892, jul. 2020.

RAISIS, A. L.; BREARLY, J. C. Anaesthesia, analgesia and supportive care. Em: **BSAVA manual of canine and feline neurology**. 4^a ed. Quedgeley, Gloucester: BSAVA, 2013.

RAMOS, M. B. et al. The Effects of Head Elevation on Intracranial Pressure, Cerebral Perfusion Pressure, and Cerebral Oxygenation Among Patients with Acute Brain Injury: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Neurocritical Care**, v. 41, n. 3, p. 950–962, dez. 2024.

RAVUSSIN, P. et al. Effect of propofol on cerebrospinal fluid pressure and cerebral perfusion pressure in patients undergoing craniotomy. **Anaesthesia**, v. 43 Suppl, p. 37–41, mar. 1988.

REED, R. A. et al. The effect of xylazine on intracranial pressure in anesthetized and standing horses. **Journal of Veterinary Emergency and Critical Care (San Antonio, Tex.: 2001)**, v. 31, n. 4, p. 476–482, jul. 2021.

ROBBA, C. et al. Multimodal non-invasive assessment of intracranial hypertension: an observational study. **Critical Care (London, England)**, v. 24, n. 1, p. 379, 26 jun. 2020.

ROCHA, N. L. F. C. et al. Non-invasive monitoring of intracranial pressure waveforms using Braincare® BCMM 2000 monitor in dogs with myelopathies undergoing myelography. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 43, p. e07132, 30 jun. 2023a.

ROCHA, N. L. F. C. et al. Non-invasive monitoring of intracranial pressure waveforms using Braincare® BCMM 2000 monitor in dogs with myelopathies undergoing myelography. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 43, p. e07132, 30 jun. 2023b.

RODRÍGUEZ-BOTO, G. et al. Basic concepts about brain pathophysiology and intracranial pressure monitoring. **Neurologia (Barcelona, Spain)**, v. 30, n. 1, p. 16–22, 2015.

SAKKA, L.; COLL, G.; CHAZAL, J. Anatomy and physiology of cerebrospinal fluid. **European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases**, v. 128, n. 6, p. 309–316, dez. 2011.

SASAOKA, K. et al. Transcranial Doppler Ultrasound Examination in Dogs with Suspected Intracranial Hypertension Caused by Neurologic Diseases. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 32, n. 1, p. 314–323, jan. 2018.

SCRIVANI, P. V. et al. T2-weighted magnetic resonance imaging measurements of optic nerve sheath diameter in dogs with and without presumed intracranial hypertension. **Veterinary Radiology & Ultrasound: The Official Journal of the American College of Veterinary Radiology and the International Veterinary Radiology Association**, v. 54, n. 3, p. 263–270, 2013.

SEKI, S. et al. Impact of intracranial hypertension on the short-term prognosis in dogs undergoing brain tumor surgery. **The Journal of Veterinary Medical Science**, v. 81, n. 8, p. 1205–1210, 24 ago. 2019.

SMAILI, I. S. **Comparação entre o monitor não invasivo de pressão intracraniana BrainCare e a ressonância magnética de alto campo para presumir hipertensão intracraniana em cães**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal)—Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2023.

SONIG, A. et al. The Historical Evolution of Intracranial Pressure Monitoring. **World Neurosurgery**, v. 138, p. 491–497, jun. 2020.

SPECTOR, R.; ROBERT SNODGRASS, S.; JOHANSON, C. E. A balanced view of the cerebrospinal fluid composition and functions: Focus on adult humans. **Experimental Neurology**, v. 273, p. 57–68, nov. 2015.

STREBEL, S. et al. Dynamic and static cerebral autoregulation during isoflurane, desflurane, and propofol anesthesia. **Anesthesiology**, v. 83, n. 1, p. 66–76, jul. 1995.

STURGES, B. K. et al. Intracranial pressure monitoring in normal dogs using subdural and intraparenchymal miniature strain-gauge transducers. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 33, n. 2, p. 708–716, mar. 2019.

TABOADA, F. M.; MURISON, P. J. Induction of anaesthesia with alfaxalone or propofol before isoflurane maintenance in cats. **The Veterinary Record**, v. 167, n. 3, p. 85–89, 17 jul. 2010.

TOOLE, J. F. Effects of change of head, limb and body position on cephalic circulation. **The New England Journal of Medicine**, v. 279, n. 6, p. 307–311, 8 ago. 1968.

TRAXLER, L. et al. Metabolism navigates neural cell fate in development, aging and neurodegeneration. **Disease Models & Mechanisms**, v. 14, n. 8, p. dmm048993, 1 ago. 2021.

TRIMMEL, N. E. et al. The Sheep as a Comprehensive Animal Model to Investigate Interdependent Physiological Pressure Propagation and Multiparameter Influence on Cerebrospinal Fluid Dynamics. **Frontiers in Neuroscience**, v. 16, p. 868567, 2022.

VRETTOU, C. S.; MENTZELOPOULOS, S. D. Second- and Third-Tier Therapies for Severe Traumatic Brain Injury. **Journal of Clinical Medicine**, v. 11, n. 16, p. 4790, 16 ago. 2022.

WAELEBERS, T. et al. Brain perfusion part 2: Anesthesia and brain perfusion in small animals. **Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift**, v. 79, n. 3, 2010.

WART, M. et al. Traumatic brain injury in companion animals: Pathophysiology and treatment. **Topics in Companion Animal Medicine**, v. 63, p. 100927, 2024.

WEIZENMANN, T.; BAHR ARIAS, M. V. METHODOLOGY FOR NON-INVASIVE MONITORING OF INTRACRANIAL PRESSURE WAVES IN DOGS WITH TRAUMATIC BRAIN INJURY USING THE BRAIN4CARE® BCMM/2000 MONITOR. **Veterinária e Zootecnia**, v. 31, p. 1–8, 24 jun. 2024.

WOOTEN, T. L.; LOWRIE, C. T. Comparison of cerebrospinal fluid pressure in propofol- and thiopental-anesthetized eucapnic dogs. **Veterinary surgery: VS**, v. 22, n. 2, p. 148–150, 1993.

YUE, X.; WANG, L. Deformation of skull bone as intracranial pressure changing. **African Journal of Biotechnology**, v. 8, n. 5, p. 745–750, 2009.

ZANG, L.; ARAÚJO, A. C. P.; FERREIRA, M. P. Retrospective Study of Anesthesias in Dogs and Cats Underwent to Neurosurgery. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 44, n. 1, p. 6, 2018.

4 HIPÓTESE

A razão P2/P1, que é um indicador indireto da complacência intracraniana, não se altera em cães saudáveis, mantidos sob anestesia geral com propofol e submetidos à elevação da cabeceira do leito em diferentes graus.

5 OBJETIVO GERAL

Avaliar indiretamente a complacência cerebral, através da relação P2/P1, de cães saudáveis mantidos sob anestesia geral com propofol em diferentes graus de elevação da cabeceira do leito, por meio do monitoramento não invasivo das ondas da pressão intracraniana com o monitor Brain4care®.

6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Verificar se as ondas da PIC-Ni e a relação P2/P1 se mantêm estáveis e dentro do intervalo de referência, semelhante ao de pacientes humanos (entre 0,8 e 1,2) em três diferentes angulações da cabeceira do leito (0°, 15° e 30°), e assim obter os valores para cães saudáveis anestesiados pelo propofol.

Avaliar se o tempo anestésico pode influenciar a relação P2/P1 nos diferentes graus de elevação da cabeceira do leito;

Avaliar se variáveis como frequência cardíaca, frequência respiratória, pressão arterial sistólica, fração expirada de dióxido de carbono e a saturação periférica de oxigênio têm influência sobre a relação P2/P1 dos cães ao longo do tempo de anestesia;

Avaliar se variáveis como peso ou idade de cães saudáveis podem influenciar na relação P2/P1.

7 ARTIGO PARA PUBLICAÇÃO

* Artigo editado de acordo com as normas para publicação no periódico **Journal of Small Animal Practice (JSAP)**, disponível em <https://onlinelibrary.wiley.com/page/journal/17485827/homepage/forauthors.html>, exceto o idioma do texto, margens, número de páginas, referências, espaçamento entre linhas e posicionamento das tabelas e gráficos, que foram modificados para facilitar a leitura e correções.

MONITORAMENTO NÃO INVASIVO DAS ONDAS DA PRESSÃO INTRACRANIANA EM CÃES SAUDÁVEIS, SOB DIFERENTES ANGULAÇÕES DO LEITO

M. H. D. SILVA¹, G. L. BERNARDES¹, H. Z. C. SPRENGEL², J. R. GREGHI¹, G. S. CARDOSO³, M. V. BAHR ARIAS³.

¹ Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, Universidade Estadual de Londrina (UEL), Rodovia Celso Garcia Cid, Km 380, 86051-970, Londrina, PR, Brasil

² Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, Departamento de Medicina Veterinária, Universidade Federal do Paraná, Rua dos Funcionários, nº 1540, 80035-05, Curitiba, PR, Brasil

³ Departamento de Clínicas Veterinárias, Universidade Estadual de Londrina, Rodovia Celso Garcia Cid, Km 380, 86051-970, Londrina, PR, Brasil

Autor correspondente: Matheus Henrique Dário Silva, pós-graduando em Ciência Animal – Universidade Estadual de Londrina (UEL), Rodovia Celso Garcia Cid, Km 380, 86051-970, Londrina, PR, Brasil. *E-mail:* matheus.dario.silva@uel.br

ABSTRACT

Objectives: The aim of this study was to monitor non-invasive intracranial pressure (Ni-ICP) waveforms and analyze P2/P1 ratio values in healthy dogs under general anesthesia with propofol, positioned at different head elevation angles, and to determine whether these values are comparable to those observed in healthy humans or other healthy dogs.

Material and Methods: Sixteen healthy dogs were selected. Anesthesia induction and maintenance were performed using propofol continuous infusion. The animals were positioned in left lateral recumbency on a reclining board. The Ni-ICP waves were monitored using a "strain-gauge" type monitor placed on the skin of the skull, in the parietal region. Monitoring was performed with the head of the bed elevated (HOB) at 0°, 15°, 30°, and then again at 0° for an average period of six minutes in each position. Data collected were heart rate, respiratory rate, SpO₂, systolic blood pressure, and EtCO₂.

Results: The average age of the dogs was 1.7 years (1 to 3 years), with an average weight of 4.4 kg (2 to 7 kg). The average P2/P1 ratio in the dogs at 0° was 0.91±0.17, at 15° was 1.00±0.22, at 30° was 0.93±0.26, and upon returning to 0°, the average was 0.91±0.23. At the 30° angle, signal acquisition was more challenging, with increased artifacts in the Ni-ICP waveforms and greater variability in the P2/P1 ratio. This was due to the increased difficulty in maintaining proper positioning at this angle, as the dogs tended to slip. No statistical difference was found in the comparison of mean P2/P1 ratios relative to the degree of HOB elevation.

Clinical Significance: This is an important finding for future studies on the dynamics of Ni-ICP waves in patients with conditions that cause intracranial hypertension

INTRODUÇÃO

A elevação da cabeceira do leito é um procedimento de enfermagem que auxilia na redução da hipertensão intracraniana (HIC) de seres humanos, pois facilita a drenagem do líquido cerebrospinal (LCE) para o sistema venoso e para fora da caixa craniana (Kochanek *et al.* 2019; Ng *et al.* 2004). Para que ocorra este efeito, a angulação da cabeceira do leito deve ficar entre 30° e 45° (Altun Uğraş *et al.* 2018). Em crianças com trauma cranioencefálico (TCE), observou-se que a elevação ideal

da cabeceira do leito para reduzir a pressão intracraniana (PIC) e otimizar a pressão de perfusão cerebral (PPC) variou entre os pacientes e ao longo do tempo. A inclinação de 30°, comumente recomendada, não foi universalmente eficaz, e a angulação ótima mudou durante os dias de monitoramento (Lang *et al.* 2020).

A elevação da cabeceira entre 15 e 30° é preconizada em cães com aumento da PIC (Kuo *et al.* 2018), mas esta angulação foi extrapolada da medicina (Dewey 1993; Dewey *et al.* 1992). Estudos clínicos e experimentais relacionam a PIC e a posição da cabeça e corpo em equinos anestesiados (Brosnan *et al.* 2008, 2002), em bovinos anestesiados e submetidos a longos procedimentos cirúrgicos (Arai *et al.* 2006) e em modelos experimentais desenvolvidos com ovinos, que relacionaram a posição da cabeça à dinâmica do líquido cerebrospinal (LCE) (Trimmel *et al.* 2022). Há um estudo com gatos adultos anestesiados e mantidos sob diversas angulações (0°, 20°, 45°, 90°, 225° e 270°), no qual a PIC foi mensurada de forma invasiva no ventrículo lateral e no espaço subaracnóideo lombar, para avaliar a dinâmica da drenagem do LCE (Klarica *et al.* 2014). Contudo, não há estudos com cães sobre a angulação ideal da elevação do tronco e cabeça em casos de TCE, para promover a diminuição da PIC. Embora a pressão intracraniana (PIC) tenha sido monitorada em alguns estudos, como em cães saudáveis com cateter inserido no parênquima encefálico (Ilie *et al.* 2015), em cães com tumores cerebrais submetidos a craniotomia (Seki *et al.* 2019), em um gato com trauma cranioencefálico (TCE) (Wart *et al.* 2024) e em cães com hidrocefalia congênita (Farke *et al.*, 2024), a mensuração invasiva da PIC ainda não é uma prática rotineira na medicina veterinária.

Devido às complicações que podem ocorrer com a monitoração invasiva, tais como infecção e hemorragia entre outras (Evensen & Eide 2020; Müller *et al.* 2023), bem como o custo elevado dos sensores e de manutenção dos pacientes em unidades de terapia intensiva (Evensen & Eide 2020), foram desenvolvidos métodos de monitoramento não invasivo das ondas da PIC. Um deles, consiste em um medidor de tensão que é colocado sobre a superfície da pele da região parietal, e que detecta movimentações cranianas micrométricas resultantes das alterações da PIC. Os sinais captados são avaliados por um *software* que fornece o formato da onda da PIC (PIC-Ni), bem como a razão P2/P1. Este monitor vem sendo objeto de estudo em humanos e usado na rotina clínica UTIs e em pacientes com diversas afecções intracranianas (Brasil *et al.* 2023, 2021).

Este método vem sendo utilizado em estudos na medicina veterinária. Foi avaliada em 10 cães com problemas neurológicos e oito neurologicamente saudáveis (Bahr Arias *et al.* 2022), em cães com o aumento da PIC induzida pela realização de mielografia (Rocha *et al.* 2023) e em 11 cães com traumatismo cranioencefálico, nos quais limitações da técnica e a metodologia empregada estão descritas (Weizenmann & Bahr Arias 2024). Também há um estudo descrevendo os efeitos da anestesia inalatória e dissociativa na monitoração da PIC-Ni em gatos saudáveis submetidos à orquiectomia (Bernardes 2022). Nestes pacientes, a razão P2/P1 após a anestesia dos animais saudáveis variou de 1,14 a 1,36, enquanto nos pacientes com afecções neurológicas ou com aumento da PIC induzida pela injeção do meio de contraste, foi de 0,78 a 2,74 (Bahr Arias *et al.* 2022; Rocha *et al.* 2023). Em seres humanos saudáveis os valores considerados normais variam de 0,8 a 1,2 (Ballesteros *et al.* 2017; Brasil *et al.* 2021), em pacientes com afecções neurológicas, de 0,43 a 1,28 (Ballesteros *et al.* 2017; Brasil *et al.* 2023, 2021; Dhaese *et al.* 2021), enquanto em crianças neurologicamente saudáveis sob inclinação do leito a 0 e 45°, o valor médio da relação P2/P1 foi de 0,94 em 0° e 0,91 a 45° (Karuta *et al.* 2024). Assim, o objetivo deste estudo foi realizar o monitoramento não invasivo das ondas da pressão intracraniana (PIC-Ni) e a razão P2/P1 em cães saudáveis, anestesiados com propofol e com a cabeceira do leito angulada em 0°, 15° e 30°.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Estadual de Londrina (UEL), sob protocolo número 052.2023. Foi um estudo de caráter prospectivo e transversal que incluiu cães pertencentes a proprietários que levaram seus animais até o Hospital Veterinário da UEL entre março e dezembro de 2024 para serem submetidos à cirurgia eletiva de orquiectomia. Todos os proprietários assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido antes da inclusão dos cães no estudo.

Foram selecionados 23 cães machos, com peso inferior a 7kg, com idade entre um e três anos. Para serem incluídos, os cães não poderiam apresentar histórico de doenças neurológicas, cardiorrespiratórias ou infectocontagiosas, deveriam ter baixo risco anestésico (*American Society of Anesthesiology* classe I ou II). Também deveriam ter o exame físico e neurológico sem alterações. Todos os cães foram submetidos à colheita de 3 mL de sangue de uma veia periférica para realização de

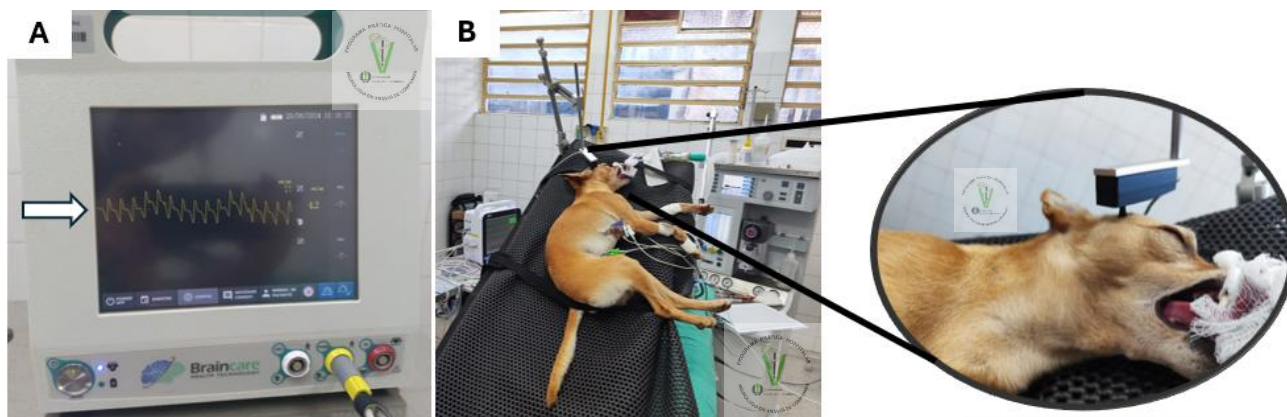
hemograma e avaliação de perfil bioquímico (atividade sérica de fosfatase alcalina e alanina aminotransferase, dosagem de proteína total, albumina, creatinina e glicose), para excluir sinais de doenças sistêmicas ou alto risco anestésico.

Os animais foram submetidos à restrição alimentar e hídrica prévia à anestesia. Ao serem admitidos, foi realizado o acesso da veia cefálica com catéter periférico. A indução anestésica foi realizada com propofol (Lipuro® 1%, B. Braun, São Gonçalo) em infusão contínua a uma taxa de 4 mg/kg/min, em um tempo de dois minutos, ou até a perda de reflexos palpebral (medial e lateral) e laringotraqueal. Após, foi realizada a intubação orotraqueal e os pacientes foram imediatamente submetidos à ventilação mecânica com oxigênio a 100% e fluxo de 50 mL/kg/min, por meio de um circuito valvular, com reinalação parcial de gases. A anestesia foi mantida com propofol, administrado por infusão contínua em taxa variável de 0,4 a 0,8 mg/kg/min (bomba de infusão SDAMED, SDA401), ajustada a fim de manter o paciente em plano adequado de anestesia e com permissão da ventilação controlada. A pressão de ventilação e frequência respiratórias foram ajustadas, a fim de manter a fração expirada final de dióxido de carbono (EtCO₂) entre 35 e 45 mmHg. O plano anestésico foi verificado por meio da monitoração dos parâmetros fisiológicos e clínicos, tais como presença ou ausência de reflexos protetores (palpebrais medial e lateral) e posicionamento do bulbo ocular.

Os parâmetros vitais de frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR), saturação periférica de oxigênio (SpO₂), EtCO₂ (Monitor Multiparamétrico K12, Creative Medical, com oxímetro MoveOXY e capnógrafo Respirationics) e pressão arterial sistólica (PAS), realizada com *Doppler* arterial (Parks® 811-B, Parks Medical, Aloha) posicionado em região palmar metacarpal, com largura do manguito ajustada em 40 a 50% da circunferência do antebraço do animal. O monitoramento destes parâmetros fisiológicos foi realizado antes do início do monitoramento das ondas da PIC-Ni em cada angulação (0°, 15°, 30° e 45°).

Os pacientes foram colocados em decúbito lateral esquerdo, sobre uma prancha reclinável antiderrapante, que pode ser ajustada em 0°, 15°, 30° e 45°. Em seguida, a dinâmica das ondas da PIC-Ni foi monitorada com o monitor Brain4care® BCMM/2000 (BrainCare, São Paulo, Brasil), através de um sensor fixado a um suporte estereotáxico posicionado sobre a pele do crânio na região parietal, sem necessidade de tricotomia (figura1).

Figura 1. Imagem fotográfica demonstrando o monitor BrainCare® durante o monitoramento das ondas da PIC-Ni. (A) Na tela do monitor (seta branca), observa-se o traçado amarelo obtido através do sensor, que será gravado em um cartão de memória, transferido a um computador e enviados para o sistema remoto e cego de análise da BrainCare®. Na imagem B o cão durante a anestesia, com a cabeceira elevada e com detalhe para o local de posicionamento do sensor, sobre a pele, na região parietal.



Fonte: O autor, 2025.

Cada cão foi monitorado por um período médio de cinco minutos em cada posição de cabeça e tronco. O monitoramento foi realizado com os cães nas angulações de 0°, 15° e 30°, ajustadas através da regulagem da prancha (figura 2). Na sequência, o animal era reposicionado a 0° e um novo monitoramento era realizado. A troca de posição levava em média de 5 a 10 minutos. Este tempo era necessário para ajuste dos sensores e da posição do animal na prancha reclinável. Os sinais obtidos captados pelo sensor eram transmitidos ao monitor, amplificados, filtrados e digitalizados. Em seguida, eram gravados em um cartão de memória e transferidos a um computador para análise. No computador, os dados eram enviados para o sistema remoto e cego de análise da BrainCare® (BrainCare Analytics System), que gerava um relatório de monitoramento.

A relação P2/P1 era obtida em cada minuto de monitoramento. Depois, uma média desses minutos era obtida em cada angulação avaliada (0°, 15°, 30° e, novamente 0°). Os parâmetros associados à morfologia das ondas da PIC foram obtidos baseado no esquema de classificação da onda de percussão (P1) e onda de maré (P2) ($P1 > P2$ ou $P2 > P1$) e a relação P2/P1 (Fan *et al.*, 2008). Após o monitoramento, os cães foram submetidos à orquiectomia eletiva e o protocolo anestésico foi realizado conforme a necessidade de cada cão, definido pelo médico veterinário anestesiologista.

Figura 2. Cão sob anestesia geral, posicionado em decúbito lateral esquerdo, durante monitoramento das ondas da PIC-Ni, em 0° de elevação da cabeça e tronco (imagem superior esquerda), 15° de elevação da cabeça e tronco (imagem superior direita) e 30° de elevação da cabeça e tronco (imagem inferior esquerda). Após o monitoramento nas três primeiras angulações, o cão é reposicionado em 0° e monitorado novamente nesta posição (imagem inferior direita).



Fonte: O autor, 2025.

O teste de Shapiro-Wilk foi usado para avaliar a normalidade dos dados obtidos nas quatro angulações avaliadas. A ANOVA foi realizada para comparar os valores da relação P2/P1, a FC, FR, SpO₂, EtCO₂ e PAS nas angulações de 0°, 15°, 30° e 0°. Os dados estão apresentados como média e desvio padrão em cada momento. O teste de correlação de Pearson foi realizado entre variáveis basais (idade e peso), trans anestésicas (FC, FR, PAS, SpO₂, EtCO₂ e tempo anestésico) e a variável de interesse (média da relação P2/P1). Valores de $p < 0,05$ foram considerados para indicar significância estatística. Os dados foram tabulados no Excel (Microsoft Corporation, 2018) e analisados pelo programa estatístico SigmaPlot 13.0 para Windows (Systat Software Inc., San Jose, CA, USA).

RESULTADOS

Foram incluídos 23 cães no estudo. Em sete deles, houve falha na captação ou na interpretação do sinal durante o monitoramento, e, por isso, os dados foram excluídos. Em seis desses sete cães, não foi possível captar as ondas da PIC-Ni na angulação de 30°, ou a quantidade de artefatos impossibilitou o cálculo da razão P2/P1 pelo equipamento BrainCare®. Em um cão, o monitoramento na angulação de 15° também foi prejudicado pelos mesmos motivos.

Sendo assim, foram incluídos os dados de 16 cães machos no estudo. Sete cães eram da raça Shih-tzu, três Spitz Alemão, três sem raça definida (SRD), dois Pinscher e um Yorkshire terrier. A idade média foi de 1,7 ano (1 a 3 anos) e o peso médio foi de 4,4 kg (2,5 a 7 kg). Cada cão foi monitorado durante um tempo médio de 5 minutos ($\pm 1,5$ minutos) em cada posição (0°, 15°, 30° e, novamente, em 0°). O tempo médio de anestesia do início, em 0°, até o último monitoramento, ao retornar novamente para 0°, foi de 70 minutos. A relação P2/P1 média em 0° foi de $0,91 \pm 0,17$. Com o animal elevado a 15°, a relação P2/P2 média foi de $1,00 \pm 0,26$. Em 30° de elevação, a média da relação P2/P1 foi de $0,93 \pm 0,26$ e, ao retornar para a posição neutra, em 0°, a relação P2/P1 média foi de $0,91 \pm 0,23$.

Não houve diferença estatística na comparação entre média dos cães nas diferentes angulações avaliadas ($p = 0,465$). A análise de correlação de Pearson demonstrou que a relação P2/P1 não se correlacionou, em nenhuma das angulações estudadas, com a idade ($r = 0,077$; $p = 0,774$) e o peso ($r = -0,117$; $p = 0,666$) dos cães do estudo (figura 5). Para avaliar a influência do tempo anestésico, foi realizado o teste de correlação de Pearson, não demonstrando correlação entre o tempo anestésico e a relação P2/P1 ($r = 0,085$; $p = 0,754$). O teste de correlação de Pearson também foi usado para verificar se os parâmetros fisiológicos (FC, FR, PAS, SpO₂ e EtCO₂) durante a anestesia poderiam influenciar a relação P2/P1 e não houve correlação, exceto pela correlação negativa fraca entre a relação P2/P1 e a frequência cardíaca ($r = -0,256$; $p = 0,0408$) (figura 6). Além disso, não houve diferença estatística pela análise de variância entre os parâmetros fisiológicos e o grau de elevação da cabeça do leito (tabela 1).

Tabela 1. Efeito da elevação da cabeceira do leito na relação P2/P1 e em parâmetros fisiológicos transtênicos (ECL = grau de elevação da cabeceira do leito. SpO2 = Saturação periférica de oxigênio. EtCO2 = Fração expirada final de dióxido de carbono. PAS = Pressão arterial sistólica).

Parâmetro	Elevação da cabeceira do leito				P valor
	0°	15°	30°	0°	
Relação P2/P1					
Média±DP	0,91±0,17	1,00±0,22	0,93±0,26	0,91±0,23	0,465
Mediana	0,88	0,97	0,92	0,89	
Amplitude	0,73 a 1,28	0,64 a 1,39	0,37 a 1,48	0,5 a 1,33	
Pressão arterial sistólica					
Média±DP	128±13	122±10	123±13	124±14	0,205
Mediana	127	122	123	125	
Amplitude	104 a 160	102 a 142	98 a 138	73 a 130	
EtCO2					
Média±DP	38,6±2,9	38,2±1,8	39,2±2,4	37,6±2,0	0,312
Mediana	37,9	38,0	38,3	38,0	
Amplitude	35,0 a 44,1	35,8 a 42,1	36,0 a 44,1	33,4 a 40,1	
SpO2					
Média±DP	98,8±1,3	98,5±0,8	98,6±0,8	98,3±1,3	0,442
Mediana	99,0	98,0	98,5	98,5	
Amplitude	97 a 100	97 a 100	97 a 100	97 a 100	
Frequência cardíaca					
Média±DP	97±16	98±15	99±16	95±18	0,401
Mediana	92	94	96	91	
Amplitude	72 a 128	77 a 124	70 a 128	73 a 130	
Frequência respiratória					
Média±DP	10±2	11±2	10±2	10±2	0,528
Mediana	10	12	10	10	
Amplitude	8 a 13	8 a 12	8 a 12	8 a 12	

Em relação à morfologia das ondas da PIC-Ni, quando avaliadas em 30°, foi observado uma maior quantidade de artefatos em relação às demais posições (figura 3). Além disso, em 30° houve a maior amplitude da relação P2/P1 (figura 4).

Figura 3. Morfologia das ondas da PIC-Ni e relação P2/P1 ao longo das angulações avaliadas, em um dos cães do estudo, durante um período de monitoramento de quatro minutos em cada angulação. A = 0° (posição neutra). B = 15°. C = 30°. D = após retornar à 0° (posição neutra).

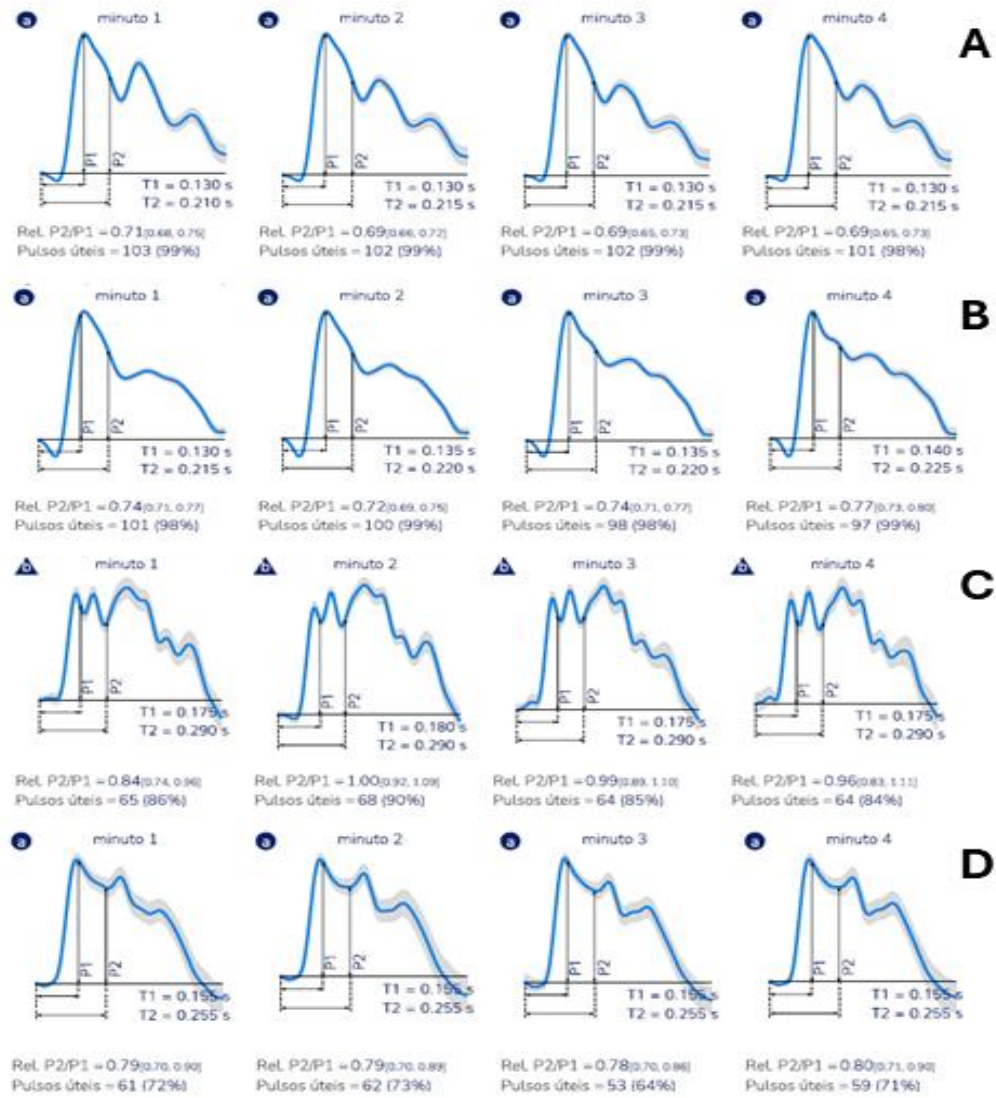


Figura 4. Gráfico de barras representando a relação P2/P1 e o grau de elevação da cabeceira do leito, com base nas médias da relação P2/P1 em cada posição avaliada (0°, 15°, 30° e, novamente, em 0°) dos cães avaliados no estudo.

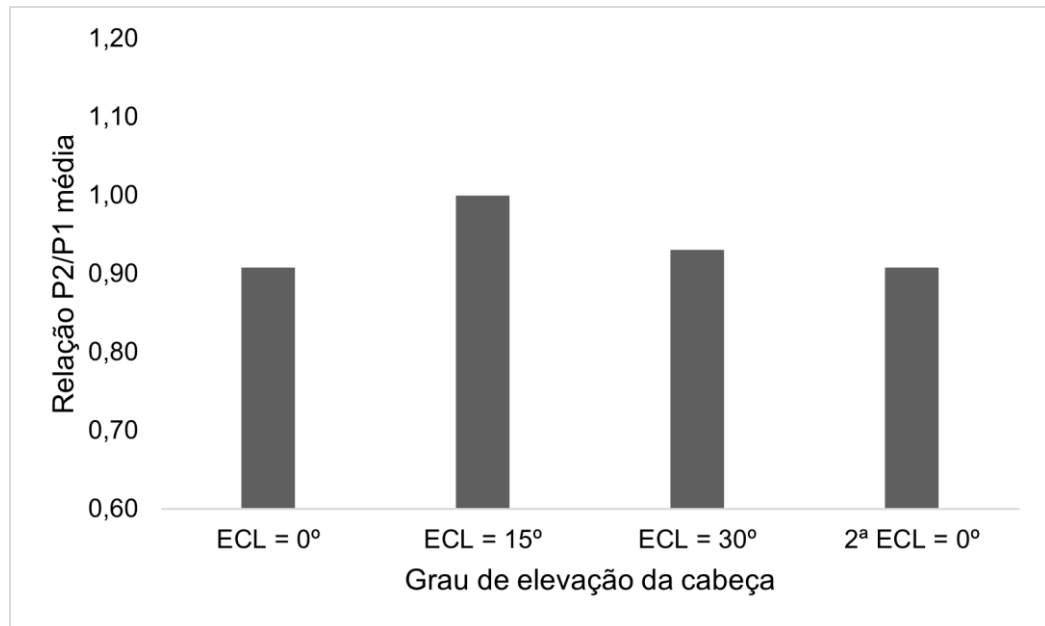


Figura 5. Gráfico de dispersão, demonstrando a ausência de correlação entre os valores da relação P2/P1 e variáveis idade ($r = 0,0778$, $p = 0,774$) e peso ($r = -0,117$, $p = 0,666$) dos cães do estudo.

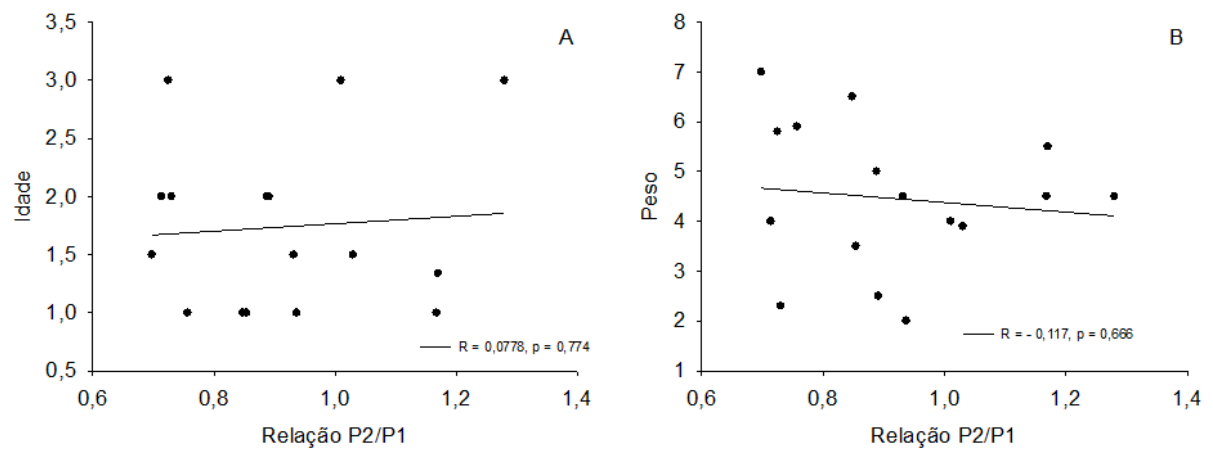
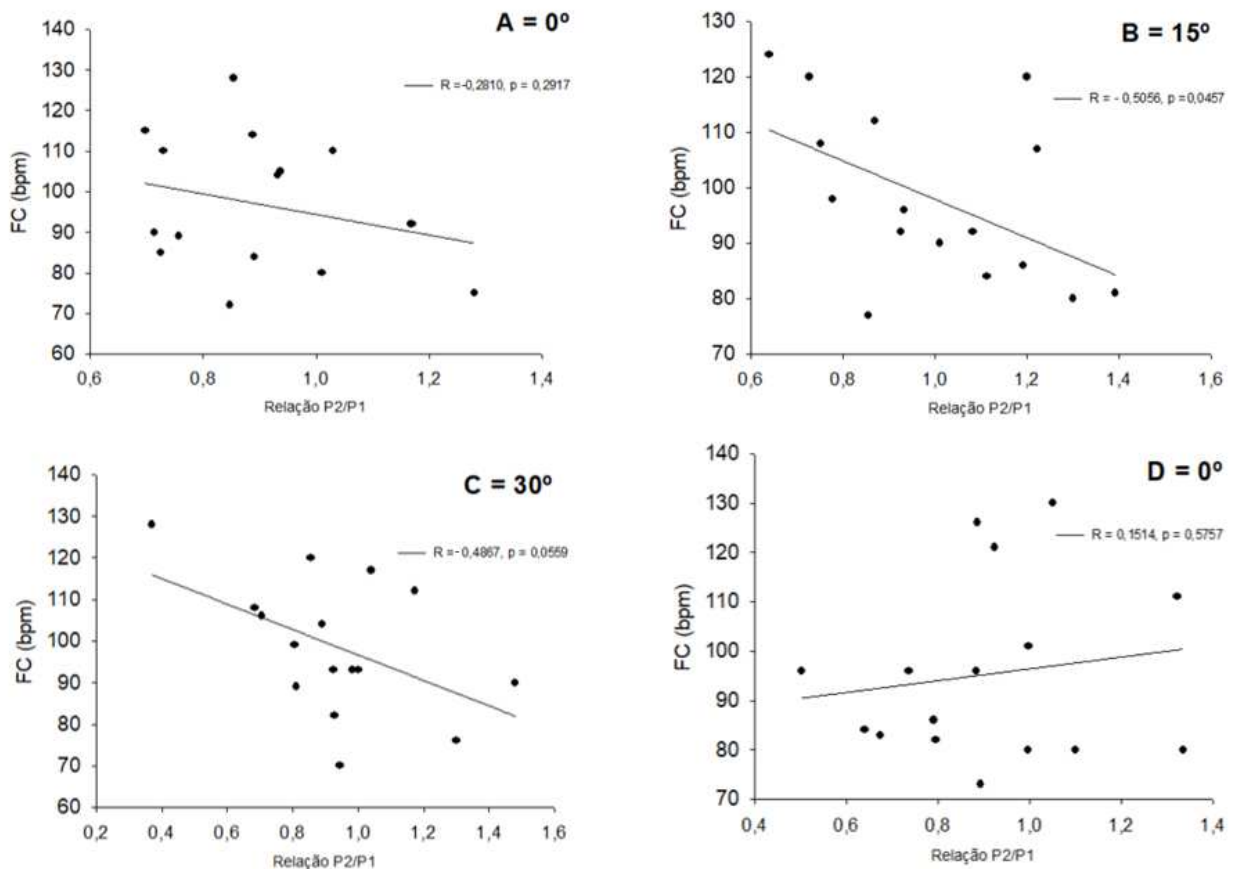


Figura 6. Gráfico de dispersão correlacionando a relação P2/P1 e a frequência cardíaca (FC), ao longo das diferentes posições avaliadas durante o monitoramento das ondas da PIC-Ni dos cães do estudo. Em 15° de elevação da cabeceira (gráfico B), houve uma correlação negativa moderada ($R = -0,5056$, $p = 0,0457$) entre a relação P2/P1 e a FC.



DISCUSSÃO

Neste estudo, foram obtidos valores da relação P2/P1 em cães neurologicamente saudáveis, sob anestesia geral, posicionados em diferentes angulações do leito (0, 15 e 30°). Não houve diferença estatística da relação P2/P1 entre as três angulações. Em pacientes humanos, com TCE e em que foram obtidos os valores da PIC invasiva, os efeitos da elevação da cabeceira variaram entre os pacientes e entre os dias após a lesão, e nem sempre a elevação foi benéfica. A posição considerada ótima não foi a mesma para todos os pacientes. Em alguns pacientes, nenhuma posição avaliada apresentou benefício claro sobre PIC ou PPC (Lang *et al.* 2020). Não foram encontrados na literatura relatos sobre o uso deste monitor não invasivo para avaliar a influência de diferentes graus de elevação da cabeceira do leito sobre a relação P2/P1 em cães neurologicamente saudáveis.

A morfologia das ondas da PIC tem sido utilizada para avaliação da complacência intracraniana, associada ou não à mensuração do valor absoluto da PIC em mmHg (Moraes & Silva 2021; Morgalla *et al.* 1999). A forma de onda da PIC é pulsátil, correlaciona-se com os ciclos respiratórios e cardíacos, representa a repercussão do pulso arterial no encéfalo. Seu formato tem três componentes principais. A onda P1 está associada à onda da pressão arterial sistólica transferida pelo plexo coroide para o LCE; P2 reflete a onda sistólica para o parênquima; e P3 está relacionado ao fechamento da válvula aórtica. Em condições fisiológicas, a onda P1 é maior que P2, mas quando a complacência intracraniana está comprometida, há elevação progressiva da P2, resultando em uma relação P2/P1 maior que 0,8 a 1,2 (Fan *et al.* 2008). Nos estudos anteriores, apenas a posição neutra (0°) foi avaliada. A P2/P1 de cães saudáveis nesta posição variou de 0,27 a 0,78 e, em cães com TCE, a P2/P1 variou de 1,01 a 2,54 (Bahr Arias *et al.* 2022). Em cães nos quais a P2/P1 foi avaliada antes, durante e após a injeção de contraste no espaço subaracnóide lombar, houve aumento da P2/P1 para valores maiores que 1,01 quando o contraste injetado induziu aumento da PIC, e retorno a valores normais após 4 a 5 minutos (Rocha *et al.* 2023).

A relação entre volume e pressão no compartimento cranioespinhal é exponencial e à medida em que a PIC se eleva, pequenas variações de volume, como as causadas pelo aumento transitório do volume sanguíneo cerebral durante o ciclo cardíaco, produzem aumentos da PIC. Assim, a forma da onda de PIC, principalmente a relação P2/P1 tem sido considerada uma forma mais precoce de identificar alterações na complacência, ao invés do valor médio da PIC mensurada isoladamente em mmHg (de Moraes *et al.* 2024). A manutenção da relação P2/P1 encontradas neste estudo estão dentro dos valores considerados fisiológicos para humanos e sugere manutenção da complacência intracraniana e da drenagem adequada do LCE ao elevar a cabeça em diferentes graus, condizente com a ausência de afecções neurológicas nos animais avaliados. De forma semelhante, estes valores foram observados em 61 crianças neurologicamente saudáveis, nas quais o mesmo método de monitoração foi usado (Karuta *et al.* 2024), o que pode estar relacionado a mecanismos eficientes de autorregulação do volume intracraniano para manter a pressão intracraniana dentro de limites fisiológicos.

O propofol foi o único agente anestésico utilizado neste estudo, por ser um anestésico geral injetável com propriedades sedativas e hipnóticas, amplamente

empregado na prática clínica veterinária para indução e manutenção da anestesia, em razão de seu fácil acesso e conhecimento disponível sobre seu perfil farmacocinético e farmacodinâmico (Griffenhagen *et al.* 2015). Em indivíduos neurologicamente saudáveis, o propofol não interfere na autorregulação nem na reatividade vascular encefálica diante de variações na pressão arterial de CO₂ (Lalou *et al.* 2016). Por outro lado, em pacientes HIC, este fármaco pode exercer efeito redutor sobre a PIC (Karwacki *et al.* 2018). Na medicina veterinária, a sedação ou anestesia geral é indispensável para a monitoração não invasiva das ondas de PIC (PIC-Ni) (Bahr Arias *et al.* 2022; Rocha *et al.* 2023; Weizenmann & Bahr Arias 2024) uma vez que o sensor utilizado é sensível a movimentos mínimos, como o ato de piscar, abrir a boca ou movimentar as orelhas, o que pode interferir na qualidade do traçado (Karuta *et al.* 2024).

Em um estudo com cães neurologicamente saudáveis, utilizando o mesmo monitor, foi utilizada pré-medicação com acepromazina + morfina ou midazolam ou metadona, acepromazina + fentanil por via intravenosa, seguido por indução com propofol (Bahr Arias *et al.* 2022), porém os efeitos do protocolo anestésico na relação P2/P1 não foram avaliados. Já no estudo no qual o monitor foi utilizado para avaliar o efeito da injeção de contraste no espaço subaracnóideo nas ondas da PIC-Ni, foi incluído a anestesia inalatória com isoflurano, aparentemente sem efeito deletério sobre a relação P2/P1 (Rocha *et al.* 2023), embora os anestésicos voláteis possam impedir os mecanismos fisiológicos de preservação da PPC e levar a aumento da PIC por meio de vasodilatação cerebral (Caines *et al.* 2014; Zang *et al.* 2018). No presente estudo, o propofol, utilizado como único agente anestésico, não alterou os parâmetros transanestésicos e não pareceu influenciar a relação P2/P1, embora não tenha sido comparado com um grupo controle.

Também não houve correlação entre o tempo anestésico e a relação P2/P1, indicando que a infusão de propofol provavelmente não causou alteração na complacência intracraniana. Em pacientes humanos com TCE, a sedação com propofol durante 8h, na taxa de 3mg/kg/h, não apresentou efeito negativo na PPC (Mangez *et al.* 1987), sendo considerado um agente anestésico seguro para uso em neurocirurgias desde a década de 80 (Ravussin *et al.* 1988). Em cães saudáveis eucapneicos, o propofol não alterou a pressão do LCE (Wooten & Lowrie 1993), manteve a autorregulação e a perfusão cerebral (Paula *et al.* 2010), sendo considerados melhores para manter a PAS em níveis normais, ocorrendo melhor

recuperação dos pacientes quando comparado com outros agentes anestésicos (Caines *et al.* 2014).

Como a anestesia se manteve estável e não houve correlação entre as variáveis fisiológicas monitoradas durante a anestesia e a relação P2/P1, provavelmente estes fatores não interferiram na complacência intracraniana. Por se tratar de animais saudáveis, a autorregulação cerebral e a integridade dos mecanismos compensatórios foram capazes de manter a complacência intracraniana inalterada, independente da variável avaliada e do tempo anestésico (Balakrishnan & Tong 2020). Observou-se um discreto aumento da FC média nas angulações mais elevadas da cabeceira, embora dentro do valor de referência. Este comportamento pode ser explicado por mecanismos compensatórios fisiológicos à redistribuição postural do volume sanguíneo. A elevação da cabeça, mesmo sob anestesia, pode reduzir o retorno venoso central em razão do efeito gravitacional, resultando em diminuição do volume sistólico. Como consequência, ocorre um ajuste compensatório reflexo com leve aumento da FC, visando à manutenção do débito cardíaco. A estabilidade da razão P2/P1 indica que o volume intracraniano permaneceu sob controle fisiológico, e que a variação da FC, dentro de limites normais, não foi capaz de alterar a transmissão do pulso arterial ao parênquima cerebral, nem comprometer a complacência.

Foi possível realizar o monitoramento da PIC-Ni nas angulações de 0°, 15° e 30° com o aparelho Brain4Care. Houve maior dificuldade para posicionar o sensor corretamente na angulação de 30°. Nessa posição, observou-se uma quantidade mais elevada de artefatos e erros de leitura, o que impossibilitou a obtenção da razão P2/P1 em comparação às demais angulações. A prancha reclinável utilizada era adaptada com um tapete antiderrapante, com o objetivo de evitar que os cães deslizassem quando posicionados a 30°. No entanto, quando os animais escorregavam, isso causava alterações na captação das ondas pelo sensor, gerando artefatos. Além disso, cães com peso superior a 7 kg não permaneciam adequadamente posicionados, mesmo com o tapete antiderrapante, o que levou à adoção do peso acima de 7 kg como critério de exclusão do estudo.

Na angulação de 30° também foi observada uma maior amplitude da razão P2/P1, possivelmente associada à dificuldade de manter os cães corretamente posicionados nessa inclinação. Diversos estudos na medicina veterinária extrapolam dados da literatura humana e sugerem que a inclinação ideal da cabeceira do leito em

cães com suspeita de HIC deve ser de aproximadamente 30° (Dewey 2000; Farke *et al.* 2024; Kuo *et al.* 2018; Wart *et al.* 2024). No entanto, observa-se que a maioria desses estudos não descreve de forma precisa a inclinação utilizada (Dos Santos *et al.* 2018; Kuo *et al.* 2018), sendo frequentemente apenas estimado que o animal esteja na posição correta. Na verdade, nenhum estudo de fato sabe qual é a angulação adequada para cães. Novas pesquisas que avaliem as ondas da PIC-Ni em cães com possível aumento da PIC são necessárias, com o objetivo de encontrar posições que sejam aplicáveis na prática clínica e que proporcionem a manutenção da relação P2/P1 dentro de valores fisiológicos. Os valores obtidos neste estudo podem servir como referência para investigações futuras com esse objetivo.

As principais limitações foram as mesmas encontradas em outros estudos com humanos, cães e gatos, relacionadas à sensibilidade do sensor do monitor, necessidade de anestesia geral e impossibilidade de obter os dados em tempo real (Bahr Arias *et al.* 2022; Bernardes 2022; Karuta *et al.* 2024; Rocha *et al.* 2023). Contudo, a principal limitação foi a impossibilidade de comparar os resultados obtidos com métodos invasivos de mensuração da PIC e PAM para obter a PPC. Por outro lado, os resultados obtidos por meio da avaliação da razão P2/P1 em cães neurologicamente normais podem ser úteis como referência para estudos futuros. O número de animais avaliados foi superior ao utilizado nos estudos preliminares e os valores observados poderão ser utilizados como parâmetro para investigações futuras envolvendo cães com suspeita de elevação da PIC alterações.

Através deste estudo, conclui-se que não há diferenças estatísticas entre a relação P2/P1 e a angulação da cabeceira do leito em 0°, 15° e 30° e seus valores permaneceram similares aos de outros estudos com cães saudáveis e aos valores considerados fisiológicos para humanos.

Além disso, o tempo de anestesia não causou alterações significativas nos parâmetros avaliados e nem na relação P2/P1 e o propofol demonstrou-se um fármaco seguro para anestesia de cães saudáveis, nas condições deste estudo.

REFERÊNCIAS

Altun Uğraş, G., Yüksel, S., Temiz, Z., *et al.* (2018) Effects of Different Head-of-Bed Elevations and Body Positions on Intracranial Pressure and Cerebral Perfusion Pressure in Neurosurgical Patients. *The Journal of Neuroscience Nursing: Journal of the American Association of Neuroscience Nurses* **50**, 247–251

Arai, S., Yoshioka, K., Suzuki, C., *et al.* (2006) Development of a neurosurgical operating table for adult cattle and changes in intracranial pressure and blood pressure in adult cattle undergoing long-time isoflurane anesthesia. *The Journal of Veterinary Medical Science* **68**, 337–343

Bahr Arias, M.V., Conceição, R.T., Guimarães, F.C., *et al.* (2022) Preliminary evaluation of a non-invasive device for monitoring intracranial pressure waveforms in dogs. *The Journal of Small Animal Practice* **63**, 624–631

Balakrishnan, A. & Tong, C.W. (2020) Clinical Application of Pulmonary Function Testing in Small Animals. *The Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice* **50**, 273–294

Ballesterio, M.F.M., Frigieri, G., Cabella, B.C.T., *et al.* (2017) Prediction of intracranial hypertension through noninvasive intracranial pressure waveform analysis in pediatric hydrocephalus. *Child's Nervous System: ChNS: Official Journal of the International Society for Pediatric Neurosurgery* **33**, 1517–1524

Bernardes, G.L. (2022) Monitoração não invasiva das ondas da pressão intracraniana em gatos submetidos a dois protocolos anestésicos (Dissertação (Mestrado em Ciência Animal)). Universidade Estadual de Londrina.

Brasil, S., Frigieri, G., Taccone, F.S., *et al.* (2023) Noninvasive intracranial pressure waveforms for estimation of intracranial hypertension and outcome prediction in acute brain-injured patients. *Journal of Clinical Monitoring and Computing* **37**, 753–760

Brasil, S., Taccone, F.S., Wayhs, S.Y., *et al.* (2021) Cerebral Hemodynamics and Intracranial Compliance Impairment in Critically Ill COVID-19 Patients: A Pilot Study. *Brain Sciences* **11**, 874

Brosnan, R.J., Esteller-Vico, A., Steffey, E.P., *et al.* (2008) Effects of head-down positioning on regional central nervous system perfusion in isoflurane-anesthetized horses. *American Journal of Veterinary Research* **69**, 737–743

Brosnan, R.J., Steffey, E.P., LeCouteur, R.A., *et al.* (2002) Effects of body position on intracranial and cerebral perfusion pressures in isoflurane-anesthetized horses. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)* **92**, 2542–2546

Caines, D., Sinclair, M., Valverde, A., *et al.* (2014) Comparison of isoflurane and propofol for maintenance of anesthesia in dogs with intracranial disease undergoing magnetic resonance imaging. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia* **41**, 468–479

de Moraes, F.M., Brasil, S., Frigieri, G., *et al.* (2024) ICP wave morphology as a screening test to exclude intracranial hypertension in brain-injured patients: a non-invasive perspective. *Journal of Clinical Monitoring and Computing* **38**, 773–782

Dewey, C.W. (2000) Emergency Management of the Head Trauma Patient: Principles and Practice. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice* **30**, 207–225

Dewey, C.W. (1993) Principles of head trauma management in dogs and cats-part II. *Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian* **15**, 177–193

Dewey, C.W., Budsberg, J. E. & Oliver, J. (1992) Principles of head trauma management in dogs and cats-part I. *Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian* **14**, 199–207

Dhaese, T.M., Welling, L.C., Koscianski, A.M., *et al.* (2021) Non-invasive intracranial pressure monitoring in idiopathic intracranial hypertension and lumbar puncture in pediatric patient: Case report. *Surgical Neurology International* **12**, 493

Dos Santos, L.O., Caldas, G.G., Santos, C.R.O., *et al.* (2018) Traumatic brain injury in dogs and cats: a systematic review. *Veterinární medicína* **63**, 345–357

Evensen, K.B. & Eide, P.K. (2020) Measuring intracranial pressure by invasive, less invasive or non-invasive means: limitations and avenues for improvement. *Fluids and barriers of the CNS* **17**, 34

Fan, J.-Y., Kirkness, C., Vicini, P., *et al.* (2008) Intracranial pressure waveform morphology and intracranial adaptive capacity. *American Journal of Critical Care: An Official Publication, American Association of Critical-Care Nurses* **17**, 545–554

Farke, D., Olszewska, A., Büttner, K., *et al.* (2024) Association among raised intraventricular pressure, clinical signs, and magnetic resonance imaging findings in dogs with congenital internal hydrocephalus. *Journal of Veterinary Internal Medicine* **38**, 3119–3128

Griffenhagen, G.M., Rezende, M.L., Gustafson, D.L., *et al.* (2015) Pharmacokinetics and pharmacodynamics of propofol with or without 2% benzyl alcohol following a single induction dose administered intravenously in cats. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia* **42**, 472–483

Ilie, L.A., Thomovsky, E.J., Johnson, P.A., *et al.* (2015) Relationship between intracranial pressure as measured by an epidural intracranial pressure monitoring system and optic nerve sheath diameter in healthy dogs. *American Journal of Veterinary Research* **76**, 724–731

Karuta, S.C.V., Folchini, C.M., Fachi, M.M., *et al.* (2024) Observational study of intracranial compliance analysis in neurologically healthy pediatric patients using a non-invasive device. *Scientific Reports* **14**, 19482

Karwacki, Z., Niewiadomski, S., Witkowska, M., *et al.* (2018) The influence of propofol on middle cerebral artery flow velocity (VMCA) in patients with unruptured intracranial aneurysms during induction of general anaesthesia. *Anaesthesiology Intensive Therapy* **50**, 349–358

Klarica, M., Radoš, M., Erceg, G., *et al.* (2014) The influence of body position on cerebrospinal fluid pressure gradient and movement in cats with normal and impaired craniospinal communication. *PloS One* **9**, e95229

Kochanek, P.M., Tasker, R.C., Carney, N., *et al.* (2019) Guidelines for the Management of Pediatric Severe Traumatic Brain Injury, Third Edition: Update of the

- Brain Trauma Foundation Guidelines. *Pediatric Critical Care Medicine: A Journal of the Society of Critical Care Medicine and the World Federation of Pediatric Intensive and Critical Care Societies* **20**, S1–S82
- Kuo, K.W., Bacek, L.M. & Taylor, A.R. (2018) Head Trauma. *The Veterinary Clinics of North America. Small Animal Practice* **48**, 111–128
- Lalou, D.A., Czosnyka, M., Donnelly, J., *et al.* (2016) Influence of general anaesthesia on slow waves of intracranial pressure. *Neurological Research* **38**, 587–592
- Lang, S.-S., Valeri, A., Zhang, B., *et al.* (2020) Head of bed elevation in pediatric patients with severe traumatic brain injury. *Journal of Neurosurgery. Pediatrics* **26**, 465–475
- Mangez, J.F., Menguy, E. & Roux, P. (1987) [Sedation by constant-rate propofol in the head-injured patient. Preliminary results]. *Annales Francaises D'anesthesie Et De Reanimation* **6**, 336–337
- Moraes, F.M. de & Silva, G.S. (2021) Noninvasive intracranial pressure monitoring methods: a critical review. *Arquivos De Neuro-Psiquiatria* **79**, 437–446
- Morgalla, M.H., Stumm, F. & Hesse, G. (1999) A computer-based method for continuous single pulse analysis of intracranial pressure waves. *Journal of the Neurological Sciences* **168**, 90–95
- Müller, S.J., Henkes, E., Gounis, M.J., *et al.* (2023) Non-Invasive Intracranial Pressure Monitoring. *Journal of Clinical Medicine* **12**, 2209
- Ng, I., Lim, J. & Wong, H.B. (2004) Effects of head posture on cerebral hemodynamics: its influences on intracranial pressure, cerebral perfusion pressure, and cerebral oxygenation. *Neurosurgery* **54**, 593–597; discussion 598
- Paula, D.P., Nunes, N., Nishimori, C.T.D., *et al.* (2010) Effects of propofol or etomidate intravenous infusion on intracranial variables in dogs. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* **62**, 302–308
- Ravussin, P., Guinard, J.P., Ralley, F., *et al.* (1988) Effect of propofol on cerebrospinal fluid pressure and cerebral perfusion pressure in patients undergoing craniotomy. *Anaesthesia* **43 Suppl**, 37–41
- Rocha, N.L.F.C., Cardoso, G.S., Nogueira, J.F., *et al.* (2023) Non-invasive monitoring of intracranial pressure waveforms using Braincare® BCMM 2000 monitor in dogs with myelopathies undergoing myelography. *Pesquisa Veterinária Brasileira* **43**, e07132
- Seki, S., Teshima, K., Ito, D., *et al.* (2019) Impact of intracranial hypertension on the short-term prognosis in dogs undergoing brain tumor surgery. *The Journal of Veterinary Medical Science* **81**, 1205–1210
- Trimmel, N.E., Podgoršak, A., Oertel, M.F., *et al.* (2022) The Sheep as a Comprehensive Animal Model to Investigate Interdependent Physiological Pressure

Propagation and Multiparameter Influence on Cerebrospinal Fluid Dynamics. *Frontiers in Neuroscience* **16**, 868567

Wart, M., Edwards, T.H., Rizzo, J.A., *et al.* (2024) Traumatic brain injury in companion animals: Pathophysiology and treatment. *Topics in Companion Animal Medicine* **63**, 100927

Weizenmann, T. & Bahr Arias, M.V. (2024) Methodology for non-invasive monitoring of intracranial pressure waves in dogs with traumatic brain injury using the Brain4Care® BCMM/2000 Monitor. *Veterinária e Zootecnia* **31**, 1–8

Wooten, T.L. & Lowrie, C.T. (1993) Comparison of cerebrospinal fluid pressure in propofol- and thiopental-anesthetized eucapnic dogs. *Veterinary surgery: VS* **22**, 148–150

Zang, L., Araújo, A.C.P. & Ferreira, M.P. (2018) Retrospective Study of Anesthesias in Dogs and Cats Underwent to Neurosurgery. *Acta Scientiae Veterinariae* **44**, 6

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) for the scholarship granted and financial support. This work was completed at the Universidade Estadual de Londrina, Brazil, School of Veterinary Medicine. The authors express their special thanks to PhD Professor Luis Guilherme Trautwein and PhD Professor Júlio Augusto Naylor Lisbôa for their statistical contribution to the article and to the veterinary medicine students Ariadne Rocha, Yasmin Marlier, and Beatriz Campos for their help with the organization of the study animals.

CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

Authors declare no conflict of interest.

8 CONCLUSÃO

A relação P2/P1 das ondas da PIC-Ni manteve-se estável e dentro dos valores considerados de referência para humanos (entre 0,8 e 1,2) nas diferentes angulações testadas (0, 15 e 30 graus), indicando manutenção da complacência intracraniana em cães saudáveis anestesiados com propofol.

A administração de propofol e o tempo sob anestesia geral não promoveram alterações significativas na relação P2/P1 ao longo das diferentes posições avaliadas, sugerindo que o agente anestésico utilizado não interferiu negativamente na complacência cerebral em pacientes neurologicamente saudáveis.

As variáveis fisiológicas monitoradas (frequência cardíaca, frequência respiratória, pressão arterial sistólica, dióxido de carbono expirado e saturação periférica de oxigênio) não apresentaram correlação significativa com a relação P2/P1, indicando que essas variáveis não influenciaram a morfologia das ondas da PIC e indiretamente a complacência cerebral, exceto pela moderada correlação negativa entre frequência cardíaca e a relação P2/P1 quando os cães estavam elevados a 15°, porém que não apresentaram valores fora do intervalo de referência para cães.

Do mesmo modo, o peso ou a idade dos cães não interferiram na relação P2/P1, o que sugere que esses fatores, não alteram a complacência intracraniana monitorada de forma não invasiva.

APÊNDICES

APÊNDICE A



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

FICHA DE DADOS

**MONITORAMENTO NÃO INVASIVO DAS ONDAS
DA PRESSÃO INTRACRANIANA EM CÃES
SAUDÁVEIS ANESTESIADOS COM PROPOFOL,
SOB DIFERENTES ANGULAÇÕES DO LEITO**

Identificação:

Data: ____/____/____		Tutor:		Telefone:	
Nome	RG	Raça	Sexo	Idade	Peso

Exame físico:

FC	FR	TR	PAS	Mucosas	Hidratação	Pulso	TPC

Exames complementares:

Hemograma	Hematócrito: ____ Leucócitos: ____ Plaquetas: ____ PPT: ____
Bioquímicos	Ureia: ____ Creatinina: ____ Albumina: ____ FA: ____ ALT: ____ Glicose: ____

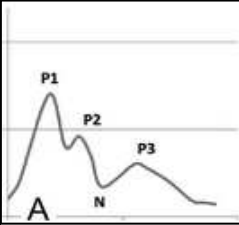
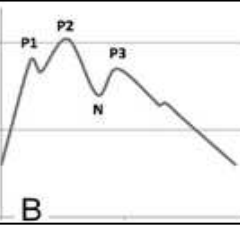
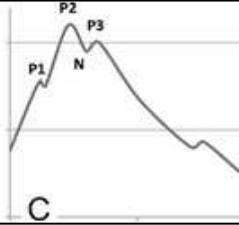
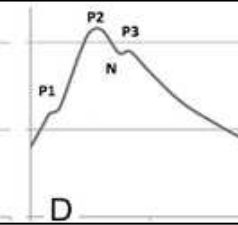
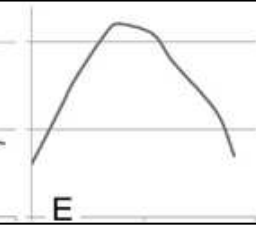
Monitoramento não-invasiva da PIC (PIC-Ni):

GRUPO	RELAÇÃO P2/P1		
	ECL = 0°	ECL = 15°	ECL = 30°
EXPERIMENTAL			

Parâmetros anestésicos:

Parâmetros (média)	ELEVação DA CABECEIRA DO LEITO			
	ECL = 0°	ECL = 15°	ECL = 30°	ECL = 0° ²
SpO ₂				
EtCO ₂				
PAS (mmHg)				
FC (bpm)				
FR (mpm)				

Morfologia da onda:

				
() – I normal	() – II potencialmente patológica	() – III provavelmente patológica	() – IV patológica () – V patológica	

Início:

Fim:

APENDICE B
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu _____, RG: _____, responsável pelo paciente _____, espécie _____, idade _____, sexo _____, registrado no HV/Uel sob número _____ autorizo sua participação no projeto de pesquisa intitulada “Monitoração não invasiva das ondas de pressão intracraniana em cães com e sem doenças neurológicas e submetidos à elevação da cabeceira do leito em diferentes graus”, sob coordenação do pesquisador da Universidade Estadual de Londrina que assina abaixo. Fui esclarecido(a) sobre os objetivos do projeto, que são: monitorar a pressão intracraniana de forma não invasiva em diferentes posicionamentos por meio do monitor da marca Brain4care, em pacientes saudáveis que precisem ser submetidos a anestesia para realizar cirurgias eletivas ou troca de curativos anestesiados.

Confirmo que fui claramente orientado(a) quanto ao que se segue:

1. O procedimento que meu animal irá realizar (castração, troca de curativo, troca de tala) já era um procedimento que estava planejado e estou ciente que esta anestesia não estará sendo realizada apenas com a finalidade da mensuração não invasiva das ondas da PIC. Para a anestesia será necessária a tricotomia do membro torácico e/ou pélvico para colocação de acesso venoso.
2. A aplicação de sedativos e anestésicos necessários para a realização do procedimento podem apresentar complicações mesmo quando aplicados com perícia e prudência.
3. Fui informado que a monitoração da pressão intracraniana será por um método não invasivo e por isso não causa riscos ou prejuízos à saúde do meu animal. Também fui informado que, por conta desta monitoração, o tempo anestésico será prolongado por aproximadamente 40 a 60 minutos. Tive a oportunidade de fazer perguntas, que foram respondidas satisfatoriamente.

4. Caso ocorram complicações anestésicas ou cirúrgicas, serão utilizados todos os recursos, medicamentos e equipamentos disponíveis no Hospital Veterinário da UEL para tentar reverter as mesmas.

Tenho conhecimento de que os resultados obtidos serão divulgados exclusiva e anonimamente em publicações científicas; e de que tenho o direito e a liberdade de suspender essa autorização a qualquer momento que julgue necessário.

Caso necessite de maiores esclarecimentos, poderei entrar em contato com o pesquisador responsável, conforme contato abaixo, ou com a Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Estadual de Londrina, situada junto ao prédio do Laboratório Escola de Pós-graduação - LABESC, sala 13, no Campus Universitário, telefone 3371-5454, e-mail: ceua@uel.br.

Londrina, ____ de _____ de _____.

Assinatura do responsável pelo animal

Profa. Dra. Mônica Vicky Bahr Arias
Coordenadora do projeto e orientadora
Profa. Associada - Departamento de Clínicas Veterinárias
Universidade Estadual de Londrina - UEL
Telefone: (43)3371-4269
E-mail: vicky@uel.br

ANEXOS

ANEXO 1



Universidade
Estadual de Londrina

COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

OF. CIRC. CEUA Nº 118/2023

Londrina, 02 de outubro de 2023.

Prezado(a) professor(a),

Certificamos que o projeto intitulado: **"Monitoração não invasiva das ondas de pressão intracraniana em cães com e sem doenças neurológicas e submetidos à elevação da cabeça do leito em diferentes graus"** protocolo CEUA nº **052.2023** sob a responsabilidade de **Mônica Vicky Bahr Arias** que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem) para fins de pesquisa científica (ou ensino), encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Estadual de Londrina (CEUA/UEL) no dia **02/10/2023**.

Este projeto tem por objetivo analisar se graus diferentes de elevação da cabeça do leito de cães com e sem problemas neurológicos sob anestesia geral, alteram as ondas da PIC-Ni e a relação P2/P1; verificar, nos pacientes saudáveis, se as ondas da PIC-Ni e a relação P2/P1 se mantêm estáveis e compatíveis com PIC dentro da normalidade nas diferentes angulações, e obter um índice de normalidade em cada angulação, e verificar, nos pacientes com afecções neurológicas, se as ondas da PIC estão alteradas e compatíveis com HIC na posição 0° e se, com a elevação da cabeça a 30° ou 45°, estas ondas retornam para o índice de normalidade observado nos pacientes sem doenças neurológicas.

Grau de invasividade: **GI2**.

Finalidade	() Ensino (X) Pesquisa científica
Vigência da autorização	01/11/2023 a 28/02/2025
Espécie/ linhagem/ raça	Cães
Nº de animais	30
Peso/ Idade	Adulto / 4 a 25 kg
Sexo	Machos e fêmeas
Origem	Pacientes atendidos na rotina do Hospital Veterinário da UEL
Amostras a serem coletadas	sangue

Cumpra-se orientar que caso pretendam-se quaisquer alterações no protocolo experimental aprovado, deve-se submeter o novo protocolo à apreciação da CEUA/UEL anteriormente à execução das modificações.

Em cumprimento às exigências do CONCEA, em até 30 dias da finalização do projeto de pesquisa ou extensão envolvendo o uso de animais (verificar período de vigência expresso neste ofício), é necessário encaminhar relatório da descrição de uso de animais para ceua@uel.br, conforme modelo disponível no site da CEUA: <http://www.uel.br/comites/ceua/pages/relatorio-de-projetos.php>.

Coloco-me à disposição para quaisquer esclarecimentos que se fizerem necessários. Sem mais para o momento, subscrevo-me, cordialmente,



Prof.ª Dr.ª Patrícia Chittin Perandini
Coordenadora da CEUA/UEL

Hmo.(a) Sr.(a) Prof.(a) Dr.(a) Mônica Vicky Bahr Arias
Coordenador do Projeto

C/C para a Chefia do Departamento de Clínicas Veterinárias/CCA

C/C para a Direção de Centro de Ciências Agrárias/CCA

C/C para a Direção do Hospital Veterinário/ CCA