

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO  
DEPARTAMENTO DE CIRURGIA E ANATOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CLÍNICA CIRÚRGICA**

**ANDRÉ TOSTA RIBEIRO**

**Avaliação da pressão intracraniana de modo não invasivo em indivíduos submetidos à cirurgia endoscópica percutânea lombar**

**Ribeirão Preto**

**2021**

ANDRÉ TOSTA RIBEIRO

**Avaliação da pressão intracraniana de modo não invasivo em indivíduos submetidos à cirurgia endoscópica percutânea lombar**

**Versão Corrigida**

A versão original encontra-se disponível tanto na Biblioteca da Unidade que aloja o Programa, quanto na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP (BDTD).

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Clínica Cirúrgica da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: Clínica Cirúrgica

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Santos de Oliveira

**Ribeirão Preto**

**2021**

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte. A diagramação deste documento seguiu as normas ABNT vigentes, de acordo com as Diretrizes para Apresentação de Dissertações e Teses da USP (FUNARO et al., 2020).

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Catálogo na Publicação  
Serviço de Biblioteca e Documentação  
Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo

Ribeiro, André Tosta

Avaliação da pressão intracraniana de modo não invasivo em indivíduos submetidos à cirurgia endoscópica percutânea lombar. Ribeirão Preto, 2021.

110 p. : il. ; 30 cm

Dissertação de Mestrado, apresentada à Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. Programa de Pós-Graduação e, Clínica Cirúrgica. Área de concentração: Clínica Cirúrgica.

Orientador: Ricardo Santos de Oliveira.

1. Pressão intracraniana. 2. Cirurgia endoscópica percutânea lombar. 3. Cirurgia minimamente invasiva. 4. Coluna Vertebral. 5. Complacência cerebrospinal.

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: RIBEIRO, André Tosta

Título: **Avaliação da pressão intracraniana de modo não invasivo em indivíduos submetidos à cirurgia endoscópica percutânea lombar.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Clínica Cirúrgica da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências, Área de Concentração: Clínica Cirúrgica.

Aprovado em: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_.

### Banca Examinadora

Prof. Dr. \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_

## DEDICATÓRIA

*Aos meus pais, minha eterna fonte de inspiração na Medicina, pela dedicação ao trabalho, ao estudo e pela excelência no trato de seus pacientes.*

*À minha filha Sofia, que mesmo tão pequena me ensinou verdadeiramente a amar, incentivando-me sutil e contundentemente, a servir-me de exemplo e inspiração, como meus pais assim o fizeram comigo.*

## ***AGRADECIMENTOS***

Ao **Prof. Dr. Ricardo Santos de Oliveira**, meu orientador, pelo apoio e compreensão a respeito das intercorrências existentes no curso deste programa, sendo de grande exemplo em minha formação profissional.

Ao **Prof. Dr. Marcelo Campos Moraes Amato**, com quem tive a oportunidade de trabalhar em parceria, grande fiador deste projeto, um irmão mais velho que conheci em São Paulo.

À **Amato Instituto de Medicina Avançada**, pela oportunidade de realização do trabalho, sem qualquer empecilho.

À empresa **Brain 4 Care**, sob a coordenação do Dr. Gustavo Frigieri, pelo apoio sem o qual não seria possível a realização deste trabalho.

Às **pessoas queridas e próximas**, pela paciência nos meus períodos de reclusão necessários à elaboração desta dissertação.

## RESUMO

RIBEIRO, André Tosta. (2021). **Avaliação da pressão intracraniana de modo não invasivo em indivíduos submetidos à cirurgia endoscópica percutânea lombar.** 2021. 109f. Dissertação (Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Clínica Cirúrgica) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2021.

A lombalgia e a lombociatalgia normalmente são tratadas conservadoramente com sucesso em até 85 % dos indivíduos, porém cerca de 15 % necessitam de resolução cirúrgica e a cirurgia endoscópica da coluna lombar surge como uma alternativa à microdissectomia lombar tradicional. Entre as vantagens do método, destacam-se o menor tempo de internação e a redução do trauma cirúrgico. No entanto, entende-se que a irrigação contínua com solução salina no espaço epidural possa influenciar a pressão intracraniana (PIC), devido a eventos pós-operatórios descritos como cefaleia, cervicalgia, hipoacusia, parestesias, crises epiléticas e distúrbios visuais. Objetivou-se avaliar o comportamento da curva da PIC obtida de forma não invasiva em indivíduos submetidos às cirurgias endoscópicas lombares e o efeito do fluxo de irrigação de solução salina na curva da PIC. Para tanto, foram selecionados 31 indivíduos com indicação para cirurgia endoscópica (26 indivíduos pela via interlaminar, sob anestesia geral e 05 pela transforaminal, sob sedação), monitorados em cinco momentos distintos. A relação P2/P1 apresentou redução ao longo do tempo ( $p < 0,001$ ), passando de 1,15 no momento M0 para 0,93 no momento M1; 0,99 em M4 e 1,04 na última avaliação M5. Controlando o experimento também pelo tipo de acesso realizado (interlaminar ou transforaminal), idade (em anos) e o índice de massa corporal (IMC, em  $\text{kg}/\text{m}^2$ ), verificou-se que a variação da relação P2/P1 continua dependente do momento cirúrgico ( $p < 0,001$ ) e da idade ( $p = 0,007$ ), com a qual há correlação positiva. O tipo de cirurgia e o IMC não impactaram de forma significativa a relação P2/P1 ( $p = 0,622$  e  $p = 0,331$ ). Avaliando-se o *Time to Peak* (TTP) pelo tipo de cirurgia (interlaminar ou transforaminal), a idade (em anos) e o IMC (em  $\text{kg}/\text{m}^2$ ), foi verificada que sua variação foi dependente do momento cirúrgico ( $p = 0,004$ ) e do IMC ( $p = 0,044$ ). A variação do TTP não esteve atrelada à idade dos pacientes ( $p = 0,100$ ) ou ao tipo de cirurgia ( $p = 0,945$ ). Foi observada correlação linear significativa entre os parâmetros P2/P1 e TTP ( $r = 0,732$  e  $p < 0,001$ ). Obtiveram-se reduções da

pressão arterial média e da pressão arterial sistólica ( $p < 0,001$  para ambas) em todos os momentos cirúrgicos com relação ao basal. A pressão arterial diastólica diferiu do basal nos momentos M1 e M2, enquanto a frequência cardíaca teve redução nos momentos M2, M3 e M4. Não foi observada diferença significativa da pressão documentada ao longo dos momentos cirúrgicos ( $p = 0,103$ ) nem no fluxo de solução salina 0,9 % ( $p = 0,071$ ). Verificou-se aumento da área do canal vertebral, comparando-se os valores antes e após a cirurgia ( $p < 0,001$ , teste t pareado). Propôs-se a anestesia geral como um fator de neuroproteção, associada ao papel da complacência cerebrospinal na regulação da PIC. Concluiu-se que o fluxo de irrigação de solução salina não apresentou correlação com a variação da curva da PIC. A utilização de anestesia geral mostrou-se como um possível fator protetor ao aumento da PIC na série estudada.

**Palavras-chave:** Pressão intracraniana (PIC). Cirurgia endoscópica percutânea lombar. Discectomia endoscópica. Inovação tecnológica. Cirurgia minimamente invasiva. Coluna vertebral. Hérnia de disco lombar. Monitorização eletrofisiológica. Complacência cerebrospinal.



## ABSTRACT

RIBEIRO, André Tosta. (2021). **Non-invasive assessment of intracranial pressure in individuals undergoing percutaneous lumbar endoscopic spine surgery.** 2021. 109f. Dissertation (Master in Surgery Clinic) - Ribeirão Preto Medical School, University of São Paulo, 2021.

Low back pain and sciatica are usually treated conservatively with success in up to 85 % of individuals, however approximately 15 % require surgical resolution and endoscopic lumbar spine surgery has become a reliable alternative to traditional lumbar microdiscectomy. Among the advantages of the method, we highlight the shorter hospital stay and the reduction of surgical trauma. However, it is suspected that continuous irrigation with saline solution in the epidural space may influence intracranial pressure (ICP), due to postoperative events described as headache, neck pain, hearing loss, paraesthesia, epileptic seizures and visual disturbances. The objective was to evaluate the behavior of the ICP curve obtained in a non-invasive way in individuals undergoing lumbar endoscopic surgery and the effect of the saline irrigation flow on the ICP curve. For that, 31 individuals with indication for endoscopic surgery (26 individuals through interlaminar route, under general anesthesia and 05 through transforaminal route, under sedation) were selected, monitored at five different moments. The P2/P1 ratio decreased over time ( $p < 0.001$ ), going from 1.15 at the moment M0 to 0.93 at the moment M1; 0.99 in M4 and 1.04 in the last assessment (M5). Controlling the experiment also by the type of access performed (interlaminar or transforaminal), age (in years) and the body mass index (BMI, in  $\text{kg/m}^2$ ), it was found that the variation of the P2/P1 ratio remains dependent on the surgical moment ( $p < 0.001$ ) and age ( $p = 0.007$ ), with which there is a positive correlation. The type of surgical route and BMI did not impact the P2/P1 ratio ( $p = 0.622$  and  $p = 0.331$ ). Evaluating Time to Peak (TTP) by the type of surgical route (interlaminar or transforaminal), age (in years) and BMI (in  $\text{kg/m}^2$ ), it was found that its variation was dependent on the surgical moment ( $p = 0.004$ ) and BMI ( $p = 0.044$ ). The variation in TTP did not show a relationship with the age of the patients ( $p = 0.100$ ) or with the type of surgical route ( $p = 0.945$ ). A linear correlation was observed between parameters P2/P1 and TTP ( $r = 0.732$  and  $p < 0.001$ ). Decrease in mean arterial pressure and systolic blood pressure ( $p < 0.001$  for both) were obtained in all surgical moments compared to

baseline. Diastolic blood pressure decreased from baseline at moments M1 and M2, while heart rate decreased at moments M2, M3 and M4. There was no difference in the documented pressure over the surgical moments ( $p=0.103$ ) or in the 0.9 % saline flow ( $p=0.071$ ). An increase in the area of the vertebral canal was observed before and after surgery ( $p<0.001$ , paired t-test). General anesthesia has been suggested as a neuroprotection factor, associated with the role of cerebrospinal compliance in the regulation of ICP. It was concluded that the saline irrigation flow did not correlate with the variation of the ICP curve. General anesthesia proved to be a possible protective factor against the increase in ICP in the series studied.

**Keywords:** Intracranial pressure (ICP). Percutaneous endoscopic lumbar discectomy. Endoscopic discectomy. Technological innovation. Minimally invasive surgery. Spine. Lumbar disc herniation. Electrophysiologic monitoring. Cerebrospinal compliance.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fotografia de um endoscópio rígido (marca Richard Wolf®) utilizado para cirurgia na coluna vertebral e seus principais componentes.....	24
Figura 2: Triângulo de Kambin, destacado em vermelho.....	25
Figura 3: Principais métodos de acesso endoscópico da coluna vertebral na região lombar através de uma via posterior. ....	26
Figura 4: Sequência radiológica da técnica de acesso endoscópico transforaminal para coluna vertebral na região lombar.....	27
Figura 5: Sequência radiológica da técnica de acesso endoscópico interlaminar para coluna vertebral na região lombar.....	28
Figura 6: Curva pressão-volume. ....	36
Figura 7: Capacidade de autorregulação vascular cerebral.....	37
Figura 8: Figura representando diferentes conformações das curvas de PIC. ....	38
Figura 9: Fluxograma de recrutamento dos indivíduos.....	44
Figura 10: Componentes do hardware de monitoramento não invasivo da PIC (BrainCare®). ....	45
Figura 11: Equipamentos utilizados na cirurgia endoscópica da coluna vertebral....	46
Figura 12: Fluxograma ilustrando os momentos de captação de dados dos indivíduos, representados nos quadrados verdes.....	47
Figura 13: Fotografias demonstrando o posicionamento padrão para a realização da cirurgia endoscópica da coluna vertebral na região lombar.....	48
Figura 14: Fotografia demonstrando o sistema óptico utilizado para a via interlaminar, marca Elliquence®. ....	49
Figura 15: Ilustração da mensuração da área do canal vertebral em seu maior ponto de estreitamento.....	52
Figura 16: Gráficos gerados pelo sistema Brain4Care Analytics® para estudo da curva de PIC. ....	53

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais características dos sistemas utilizados para os acessos endoscópicos à coluna vertebral na região lombar.....	29
Tabela 2 – Prevalência de comorbidades nos indivíduos avaliados.....	57
Tabela 3 – Utilização de droga anestésica com interferência na PIC.....	58
Tabela 4 – Relação P2/P1, de acordo com o momento cirúrgico.....	58
Tabela 5 – Variação P2/P1 em relação ao momento cirúrgico.....	59
Tabela 6 – Relação entre idade, momento cirúrgico, tipo de cirurgia e IMC à variação P2/P1.....	60
Tabela 7 – Variação de P2/P1 em relação ao momento cirúrgico, tipo de cirurgia, idade e IMC dos indivíduos.....	60
Tabela 8 – TTP, de acordo com o momento cirúrgico.....	61
Tabela 9 – Variação de TTP em relação ao momento cirúrgico.....	62
Tabela 10 – Variação de TTP em relação ao momento cirúrgico, tipo de cirurgia, idade e IMC.....	63
Tabela 11 – Variação de TTP em relação ao momento cirúrgico, tipo de cirurgia, idade e IMC.....	63
Tabela 12 – PAS, de acordo com o momento cirúrgico.....	65
Tabela 13 – Variação da PAS em relação ao momento cirúrgico.....	66
Tabela 14 – PAD, de acordo com o momento cirúrgico.....	67
Tabela 15 – Variação da PAD em relação ao momento cirúrgico.....	67
Tabela 16 - PAM, de acordo com o momento cirúrgico.....	68
Tabela 17 - Variação da PAM em relação ao momento cirúrgico.....	68
Tabela 18 – FC, de acordo com o momento cirúrgico.....	69
Tabela 19 – Variação da FC em relação ao momento cirúrgico.....	70
Tabela 20 – Pressão de irrigação documentada, de acordo com o momento cirúrgico.....	71
Tabela 21 – Fluxo de Irrigação, de acordo com o momento cirúrgico.....	72
Tabela 22 - Estatística resumo da área do canal vertebral, antes e depois da cirurgia, em centímetros quadrados.....	73

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Variação da relação P2/P1 relacionado ao momento cirúrgico.....	59
Gráfico 2: Variação de P2/P1 em relação ao momento cirúrgico, tipo de cirurgia, idade e IMC.....	61
Gráfico 3: Variação de TTP em relação ao momento cirúrgico. ....	62
Gráfico 4: Variação de TTP em relação ao momento cirúrgico, tipo de cirurgia, idade e IMC.....	64
Gráfico 5. Correlação entre P2/P1 e TTP .....	65
Gráfico 6: Variação da PAS em relação ao momento cirúrgico.....	66
Gráfico 7: Variação da PAD em relação ao momento cirúrgico.....	67
Gráfico 8. Variação da PAM em relação ao momento cirúrgico. ....	69
Gráfico 9: Variação da FC em relação ao momento cirúrgico. ....	70
Gráfico 10: Pressão de irrigação documentada, de acordo com o momento cirúrgico. ....	71
Gráfico 11: Fluxo de Irrigação, de acordo com o momento cirúrgico.....	72

## LISTA DE SIGLAS

<b>ANOVA</b>	<i>Analysis of Variance</i> (Análise de Variância)
<b>AP</b>	Anteroposterior
<b>ASA</b>	<i>American Society of Anesthesiologists</i> (Sociedade Americana de Anestesiologia)
<b>C</b>	Complacência
<b>CAM</b>	Concentração alveolar mínima
<b><math>\Delta V</math></b>	Varição de volume
<b><math>\Delta P</math></b>	Varição da pressão
<b>DesvPad</b>	Desvio padrão
<b>DM</b>	<i>Diabetes mellitus</i>
<b>E</b>	Elastância
<b>FC</b>	Frequência cardíaca
<b>HAS</b>	Hipertensão arterial sistêmica
<b>HBV</b>	Hepatite por vírus B
<b>HCFMRP</b>	Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto
<b>HipoT</b>	Hipotireoidismo
<b>HPB</b>	Hiperplasia prostática benigna
<b>HSA</b>	Hemorragia subaracnoide
<b>IC</b>	Intervalo de confiança
<b>IMC</b>	Índice de massa corporal
<b>M0</b>	Momento pré-operatório
<b>M1</b>	Primeiro momento cirúrgico (canal fechado)
<b>M2</b>	Segundo momento cirúrgico (pós-laminectomia)
<b>M3</b>	Terceiro momento cirúrgico (pós-flavectomia ou acesso transforaminal)
<b>M4</b>	Quarto momento cirúrgico (pós-discectomia)
<b>M5</b>	Momento pós-operatório
<b>MOCAIP</b>	<i>Morphological Clustering and Analysis of Intracranial Pressure</i> (Agrupamento Morfológico e Análise da Pressão Intracraniana)
<b>P1</b>	Onda de percussão
<b>P2</b>	Onda de maré
<b>P3</b>	Onda dicrónica
<b>PAD</b>	Pressão arterial diastólica

<b>PAM</b>	Pressão arterial média
<b>PAS</b>	Pressão arterial sistólica
<b>PIC</b>	Pressão intracraniana
<b>PPC</b>	Pressão de perfusão cerebral
<b>TCE</b>	Traumatismo cranioencefalico
<b>TTP</b>	<i>Time to peak</i> (Tempo para o pico)
<b>USP</b>	Universidade de São Paulo

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	18
2. REVISÃO DA LITERATURA .....	23
2.1. CIRURGIA ENDOSCÓPICA DA COLUNA VERTEBRAL .....	23
2.1.1. ACESSOS ENDOSCÓPICOS À COLUNA VERTEBRAL LOMBAR .....	25
2.1.2. IRRIGAÇÃO NAS CIRURGIAS ENDOSCÓPICAS .....	29
2.2. HIDRODINÂMICA CEREBRAL, PRESSÃO INTRACRANIANA E COMPLACÊNCIA CEREBRAL .....	32
2.3. MORFOLOGIA DA ONDA DA PIC .....	37
3. JUSTIFICATIVA .....	41
3.1. OBJETIVOS .....	41
4. CASUÍSTICA E MÉTODOS .....	43
4.1. CASUÍSTICA .....	43
4.2. MÉTODOS .....	44
4.2.1. EQUIPAMENTOS .....	44
4.2.2. MOMENTOS DE OBTENÇÃO DOS DADOS .....	46
4.2.2.1. CIRURGIA VIA INTERLAMINAR .....	48
4.2.2.2. CIRURGIA VIA TRANSFORAMINAL .....	50
4.3. ANÁLISE DOS DADOS E METODOLOGIA ESTATÍSTICA .....	51
5. RESULTADOS .....	56
5.1. NÚMERO DE INDIVÍDUOS .....	56
5.2. DADOS DEMOGRÁFICOS E BASAIS .....	56
5.3. DADOS RELACIONADOS À CIRURGIA .....	57
5.4. AVALIAÇÃO DOS DADOS LONGITUDINAIS .....	58
5.4.1. RELAÇÃO P2/P1 .....	58
5.4.2. VARIAÇÃO DE P2/P1 EM RELAÇÃO AO MOMENTO CIRÚRGICO .....	58



5.4.3. VARIAÇÃO DE P2/P1 EM RELAÇÃO AO MOMENTO CIRÚRGICO, TIPO DE CIRURGIA, IDADE E IMC DO INDIVÍDUO.....	59
5.5. TTP .....	61
5.5.1. VARIAÇÃO DE TTP EM RELAÇÃO AO MOMENTO CIRÚRGICO.....	62
5.5.2. VARIAÇÃO DE TTP EM RELAÇÃO AO MOMENTO CIRÚRGICO, TIPO DE CIRURGIA, IDADE E IMC DOS INDIVÍDUOS.....	63
5.6. CORRELAÇÃO ENTRE P2/P1 E TTP .....	64
5.7. OUTROS PARÂMETROS.....	65
5.7.1. PRESSÃO ARTERIAL SISTÓLICA (PAS) .....	65
5.7.2. PRESSÃO ARTERIAL DIASTÓLICA (PAD) .....	66
5.7.3. PRESSÃO ARTERIAL MÉDIA (PAM).....	68
5.7.4. FREQUÊNCIA CARDÍACA .....	69
5.7.5. PRESSÃO DE IRRIGAÇÃO DOCUMENTADA.....	70
5.7.6. FLUXO DE IRRIGAÇÃO .....	71
5.8. ÁREA DO CANAL VERTEBRAL .....	72
6. DISCUSSÃO.....	75
6.1. LIMITAÇÕES DO ESTUDO .....	82
7. CONCLUSÃO .....	85
REFERÊNCIAS.....	86
APÊNDICES .....	97
ANEXOS .....	102

# 1 INTRODUÇÃO

## 1. INTRODUÇÃO

A lombalgia ou lombociatalgia resultantes de afecções na coluna lombar tais como hérnias de disco ou estenoses de canal vertebral são frequentes em consultórios médicos e unidades de pronto atendimento. Cerca de 85 a 90 % desses indivíduos são conduzidos conservadoramente, entretanto 10 a 15 % podem necessitar de tratamento cirúrgico (JORDAN; KONSTANTINOU; O'DOWD, 2009).

Das diversas alternativas de tratamento cirúrgico, ainda figura como padrão ouro a microdissectomia lombar (MUTHU; RAMAKRISHNAN; CHELLAMUTHU, 2020; WU et al., 2021). Recentemente, com o aprimoramento de instrumentais adequados, técnica cirúrgica e a possibilidade de treinamento especializado, o procedimento endoscópico da coluna lombar passou a ter maior aceitação entre os cirurgiões de coluna. Ademais, fatores como redução de perdas sanguíneas, do tempo de internação e a paridade de complicações como infecções, reoperações e lesões de tecidos adjacentes quando comparada com a microdissectomia ajudam a reforçar o uso cada vez mais frequente desse método de tratamento (JOH et al., 2009; PHAN et al., 2017; MUTHU; RAMAKRISHNAN; CHELLAMUTHU, 2020; WU et al., 2021).

Apesar de possíveis vantagens da intervenção endoscópica, algumas complicações relacionadas à técnica ainda precisam de mais estudos para serem compreendidas e, conseqüentemente, evitadas. Relatos de cefaleia, cervicalgia, hipoacusia e parestesias, transitórias ou persistentes (FLAVIANO; BELLINI, 2018), assim como relatos de perdas visuais e hemorragias retinianas (GILL; HEAVNER, 2005; LEWANDROWSKI et al., 2005; MOSCHOS et al., 2008), e crises epiléticas (CHOI et al., 2011; LIN et al., 2020) poderiam estar relacionadas ao aumento da pressão intracraniana (PIC) secundária à infusão contínua de solução salina no espaço epidural.

Demais autores já demonstraram relação entre o aumento da PIC e o volume de fluido no espaço epidural (HILT; GRAMM; LINK, 1986), influenciado também pela taxa de infusão salina epidural (HAMADA; FUJIOKA; USHIO, 1993), havendo aumento secundário na pressão subaracnóidea e conseqüente bloqueio da absorção líquórica, porém com persistência de sua produção (HIGUCHI et al., 2005). Os controles adequados da pressão e do fluxo de irrigação são essenciais para adequada

visualização das estruturas sem que se resulte nas complicações citadas (BEYAZ, 2015).

Quando considerados somente procedimentos endoscópicos, um estudo avaliou a presença de dores cervicais durante as intervenções cirúrgicas lombares e fez uma correlação com a pressão epidural cervical por meio de um transdutor implantado na coluna cervical entre os níveis C6-C7. Dos 28 pacientes operados, 8 relataram cervicalgia. Pacientes com dor apresentaram medidas de pressão significativamente maior do que naqueles sem dor, todos acima de 37 mmHg. Infusões de 150ml/min ocasionaram dor em 4 de 23 pacientes, mas quando acima de 200ml/min, 4 de 5 pacientes relataram a dor (JOH et al., 2009).

Até o presente momento, não existem relatos científicos demonstrando valores absolutos da PIC concomitantemente à realização de um procedimento cirúrgico endoscópico lombar. Os métodos mais assertivos são os invasivos, especialmente os de monitoramento intraventricular (HARARY; DOLMANS; GORMLEY, 2018), mas inviáveis para pacientes eletivos sem quaisquer problemas intracranianos.

Os métodos não invasivos, por sua vez, demonstram medidas indiretas do ambiente intracraniano, divididos em cinco grandes categorias: dinâmica de fluidos, oftálmicos, óticos, eletrofisiológicos e outros, cuja acurácia apresenta diferença de até 2 mmHg para pressões 0-20 mmHg e de até 10 % para pressões acima de 20 mmHg, quando comparados aos métodos invasivos (ZHANG et al., 2017).

Um dispositivo de medida indireta da PIC capaz de captar a vibração da caixa craniana foi desenvolvido na Universidade de São Paulo em 2016. Os pesquisadores, utilizando programas computadorizados específicos, puderam eliminar as interferências provenientes dos vasos sanguíneos e do parênquima cerebral a partir de seu contato com a pele, sendo possível o acesso à curva de pressão intracraniana. (MASCARENHAS et al., 2012; VILELA et al., 2016).

Baseado nesses estudos, Ballester et al., em 2017, estudaram a morfologia da curva da PIC obtida pelo método MOCAIP (*Morphological Clustering and Analysis of Intracranial Pressure*) em quatro grupos de crianças: as com hidrocefalia compensada, as com hidrocefalia tratadas (acompanhamento ambulatorial), hidrocefalia aguda e em crianças normais. Houve ainda a verificação da curva nas crianças antes e após a cirurgia para hidrocefalia. Seus resultados demonstraram sensibilidade de 80 % e especificidade de 100 % entre crianças com e sem hidrocefalia aguda quando estudadas as variáveis  $P2 > P1$  e a “classificação  $P1$  e  $P2$ ”

para hipertensão intracraniana, além de efetiva variação da curva P2/P1 antes e depois da cirurgia ( $p=0,022$ ) (BALLESTERO et al., 2017).

Esse mesmo dispositivo também foi utilizado em paciente com criptococose e importante aumento da pressão intracraniana, verificado à manometria nas punções lombares. A relação P2/P1 foi avaliada antes e depois das punções, e obteve-se a mesma relação P2/P1 descrita anteriormente, concluindo-se de que este seria um bom método não invasivo para monitorização de hipertensão intracraniana por ser seguro, reprodutível em seus resultados e de baixo custo (BOLLELA et al., 2017).

Em relação ao procedimento endoscópico da coluna vertebral, a influência da irrigação com solução salina sobre o espaço epidural lombar não está totalmente esclarecida se poderia exercer alguma influência no aparecimento de alguns sintomas inespecíficos no pós-operatório, especialmente se esses sintomas seriam de fato relacionados ao aumento da pressão intracraniana.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

---

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1. Cirurgia endoscópica da coluna vertebral

Os procedimentos cirúrgicos realizados na coluna vertebral voltados para tratamento de hérnia de disco iniciaram-se em 1909 com Oppenheim e Krause, mas somente após 1934, num trabalho pioneiro realizado por Mixter e Barr para compreensão da dor de origem ciática e daquela originária de uma hérnia de disco, é que a intervenção cirúrgica na coluna vertebral pôde ser feita com maior assertividade (SONNTAG; VOLLMER; SHAFFREY, 2011; TRUUMEEES, 2015).

Exames de imagem mais precisos como a tomografia computadorizada e a ressonância magnética, nas décadas de 1970-1980, propiciaram a compreensão das diversas doenças que afetam a coluna lombar, possibilitando a criação de novas formas de tratamento cirúrgico, com novos materiais (como os parafusos pediculares) (CHEDID; CHEDID, 2004) e o desenvolvimento de novas técnicas, como a utilização de instrumental óptico endoscópico na década de 1970, por trabalhos inicialmente desenvolvidos por Hijikata (HIJIKATA, 1989), Kambin e Sampson (KAMBIN; SAMPSON, 1986).

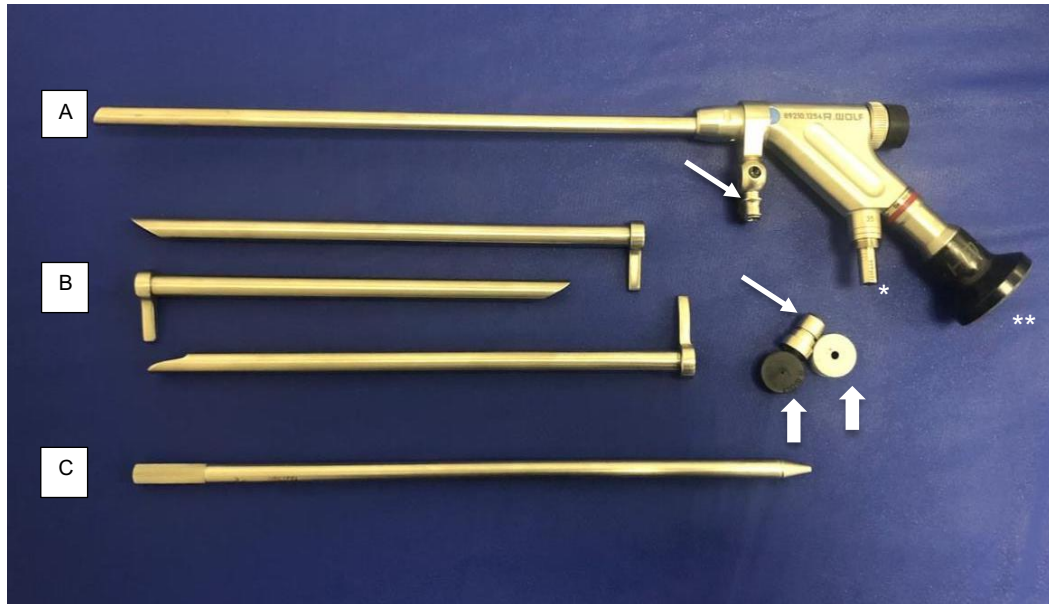
A endoscopia da coluna vertebral surgiu como um equipamento para auxílio diagnóstico (SINGH; DERBY, 2006). Como instrumental cirúrgico, ganhou seu espaço devido às possíveis vantagens de redução do trauma cirúrgico, do tempo de permanência hospitalar, das perdas sanguíneas e de dor pós-operatória, propiciando retorno mais rápido ao trabalho e maior satisfação cosmiética da incisão (KIM et al., 2019; MUTHU; RAMAKRISHNAN; CHELLAMUTHU, 2020).

O equipamento utilizado é rígido, com lentes especiais, conectadas a uma câmara de vídeo, a qual envia imagens captadas para um monitor (Figura 1) (ESPOSITO; CAPPABIANCA, 2013). Seu manuseio se faz por uma porta de entrada e uma cavidade para trabalho, as quais precisam ser amplas o suficiente para garantir a liberdade de trabalho com os instrumentais e ótima visualização das estruturas pretendidas (CHOI et al., 2017).

Como grande vantagem em relação às técnicas microscópicas, apresenta melhor luminosidade, imagens mais nítidas e maior angulação de visão, permitindo ao cirurgião explorar melhor e mais amplamente o sítio cirúrgico. Tais aspectos suplantam o trabalho com visão bidimensional das estruturas e, por esse motivo,

requer curva de aprendizado mais prolongada, podendo impactar no tempo total da cirurgia (AHN, 2019; KIM et al., 2019).

Figura 1: Fotografia de um endoscópio rígido (marca Richard Wolf®) utilizado para cirurgia na coluna vertebral e seus principais componentes.

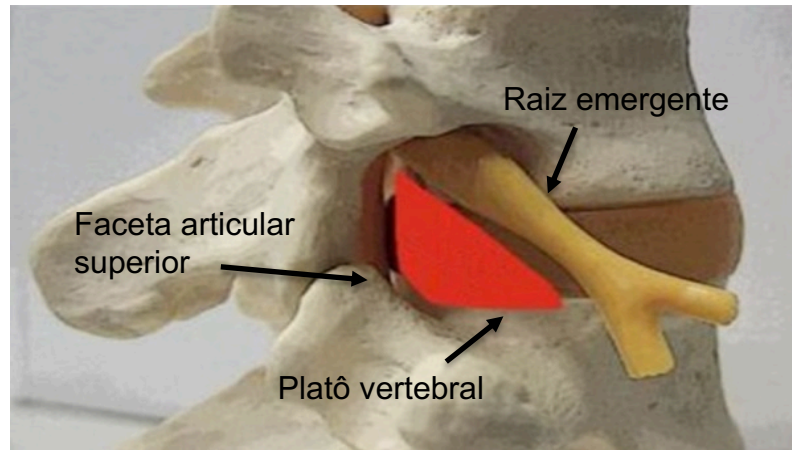


(A) Canal de trabalho de 3,7mm. (B) Cânulas. (C) Dilatador. Setas grossas: borrachas para redução de saída de soro. Setas finas: adaptadores de irrigação. \*: conexão da fibra óptica. \*\*: Conexão da câmera de vídeo. Fonte: arquivos do autor.

Uma grande contribuição ao acesso percutâneo deve-se a Kambin, que definiu o que seria o “triângulo de Kambin”, uma área anatômica tridimensional acima da porção dorsolateral do disco intervertebral, ao longo das décadas de 1980-1990 (KAMBIN; SAMPSON, 1986; KAMBIN; BRAGER, 1987). Bidimensionalmente, delimitamos a estrutura com uma base, representada pelo platô vertebral da vértebra inferior, a lateral sendo a faceta articular superior e a hipotenusa formada pela raiz emergente, cuja finalidade é o acesso ao disco com maior segurança (Figura 2) (KAMBIN; SAMPSON, 1986; KAMBIN; BRAGER, 1987; HOSHIDE; FELDMAN; TAYLOR, 2016).



Figura 2: Triângulo de Kambin, destacado em vermelho.



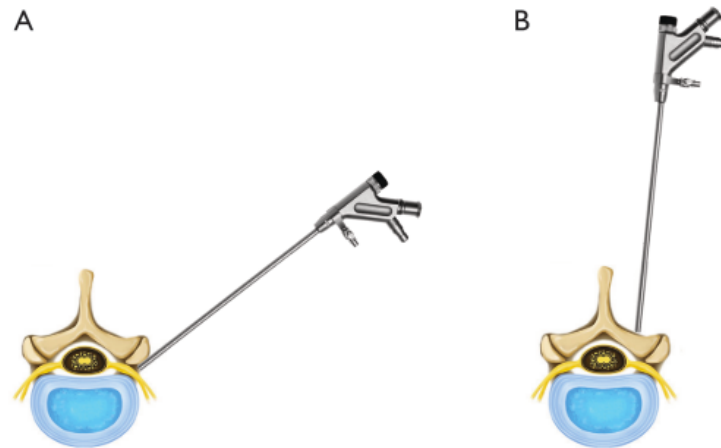
Fotografia de um segmento lombar, destacando em vermelho o triângulo de Kambin, formado pelo platô da vértebra inferior (base), a faceta articular superior (lateral) e a raiz emergente (hipotenusa).  
Fonte: figura adaptada de Hoshide, Feldman e Taylor (2016).

Kambin também contribuiu para a descrição do acesso puramente endoscópico por via extraforaminal, além do desenvolvimento de cânulas para acessos interlaminares e transforaminais, fundamentos que permanecem presentes nos modernos tratamentos endoscópicos (CHOI et al., 2017).

### 2.1.1. Acessos endoscópicos à coluna vertebral lombar

Considerando o procedimento endoscópico percutâneo total, são dois os métodos de acesso mais utilizados: o transforaminal e o interlaminar (Figura 3) (AHN, 2019).

Figura 3: Principais métodos de acesso endoscópico da coluna vertebral na região lombar através de uma via posterior.



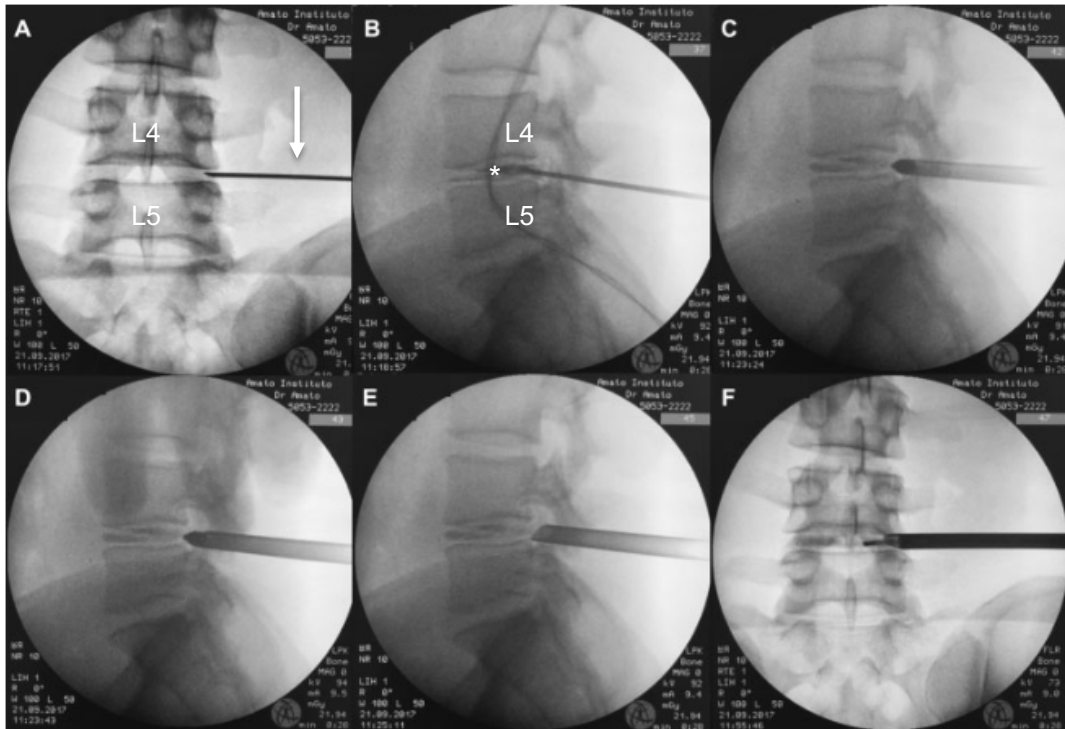
(A) Acesso transforaminal. (B) Acesso interlaminar. Fonte: Ilustração adaptada de Ahn (2019).

No acesso transforaminal, faz-se necessária a punção do disco inicialmente pelo triângulo de segurança de Kambin, tendo em mente as estruturas presentes dentro do forame vertebral: raiz emergente, artéria segmentar, ramos do nervo sinuvertebral, plexo venoso e panículo adiposo. Sua técnica de entrada consiste em verificar a distância da linha média ao ponto onde uma agulha alcança o topo do fragmento discal, pela ressonância magnética, tangenciando a faceta. A punção é feita com orientação fluoroscópica até sua ponta ultrapassar, na incidência anteroposterior (AP), o ponto médio do pedículo vertebral ou o terço medial (MIRKOVIC; SCHWARTZ; GLAZIER, 1995).

A agulha então adentra o disco e, sequencialmente, injeta-se contraste com corante, quando uma discografia é feita simultaneamente. É esperado que o paciente esteja em plano anestésico leve, quando se evoca uma dor concordante com a sua clínica relatada. Logo após, colocam-se o canal de trabalho e a lente (Figura 4) (CHOI et al., 2017; AMATO; APRILE; DE OLIVEIRA, 2019).

Eventualmente, foraminoplastias utilizando motores de alta rotação (brocas) são necessárias para melhor visualização das estruturas e menor risco de lesão neural com os instrumentais (SAIRYO; CHIKAWA; NAGAMACHI, 2018).

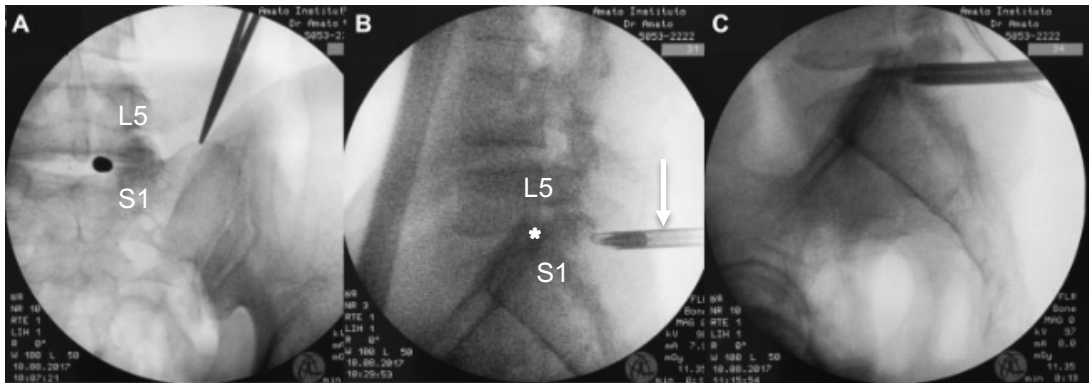
Figura 4: Sequência radiológica da técnica de acesso endoscópico transforaminal para coluna vertebral na região lombar.



A figura ilustra os principais momentos capturados pelo aparelho de raios-X intraoperatório do acesso endoscópico transforaminal. (A) Punção do disco L4-L5 – incidência AP; a seta aponta para a agulha. (B) Punção do disco L4-L5 – incidência em perfil; injeção de contraste dentro do disco (\*). (C) Entrada do dilatador – incidência em perfil. (D) Entrada do canal de trabalho – incidência em perfil. (E) Retirada do dilatador, permanência do canal de trabalho; repare que não há mais a ponta cônica comparando com as figuras anteriores – incidência em perfil. (F) Instrumental dentro do espaço discal – incidência AP. Fonte: figura adaptada de Amato; Aprile; de Oliveira (2019).

Para o acesso interlaminar, o ponto de entrada é medial à uma linha que tangencia a borda medial do pedículo (na incidência AP), com encontro da linha entre a lâmina e o ligamento amarelo. O canal de trabalho é posto, assim como o equipamento de vídeo, podendo-se proceder à laminotomia, quando convier, ou mesmo já iniciar pela retirada do ligamento amarelo e proceder à exploração do espaço discal (Figura 5) (CHOI et al., 2017; AMATO; APRILE; DE OLIVEIRA, 2019).

Figura 5: Sequência radiológica da técnica de acesso endoscópico interlaminar para coluna vertebral na região lombar.



A figura ilustra os principais momentos capturados pelo aparelho de raios-X intraoperatório do acesso endoscópico interlaminar. (A) Ponto preto representa o dilatador no espaço discal L5-S1, por estar paralelo aos raios-X – incidência AP. (B) Introdução da cânula de trabalho, representada na seta branca – visão perfil; O asterisco marca o espaço discal L5-S1. (C) Instrumental dentro do espaço discal, como fino prolongamento após o canal de trabalho – incidência em perfil. Fonte: figura adaptada de Amato; Aprile; de Oliveira (2019).




Para ambos, o posicionamento do paciente é fundamental, devendo ser mantido em decúbito ventral, com apoios nos quadris para que haja total alinhamento vertebral. A anestesia empregada diverge entre os cirurgiões, sendo mais frequente o uso de sedação para pacientes submetidos à intervenção por via transforaminal e anestesia geral quando interlaminar (SAIRYO; CHIKAWA; NAGAMACHI, 2018).

Outro ponto em comum é a constante infusão de solução fisiológica, cujo controle de seu fluxo pode ser manual, isto é, a fluidez é ajustada diretamente no equipo de soro, ou o controle pode ser feito por bomba de infusão, através da qual se tem acesso a parâmetros como pressão de irrigação e velocidade de fluxo.

Existem outros acessos endoscópicos cuja técnica de trabalho não é endoscópica total, isto é, cujo canal de trabalho e a óptica compartilham o mesmo sistema tubular, num acesso monoportal sob constante irrigação (AHN, 2019).

A tabela abaixo mostra os acessos endoscópicos e suas características (Tabela 1).

Tabela 1 – Principais características dos sistemas utilizados para os acessos endoscópicos à coluna vertebral na região lombar.

	A	B	C
			
Sistema de acesso	Endoscópio percutâneo total	Microendoscópio	Biportal endoscópico
Características	Canal de trabalho e óptica pertencentes ao mesmo sistema tubular de acesso. Cirurgia sob irrigação contínua.	Usa sistema tubular de retração muscular, não usa irrigação. Endoscópio assiste a cirurgia.	Uso de 02 portais de trabalho: 01 para endoscópio e 01 para instrumentais. Cirurgia sob irrigação contínua.

Fonte: figuras adaptadas de Ahn (2019).

Alguns riscos são inerentes às técnicas endoscópicas, a saber:

- Relacionadas ao equipamento: quebra do sistema de vídeo e desgaste do material (ESPOSITO; CAPPABIANCA, 2013), bomba de irrigação não calibrada (ROSS et al., 2018), exposição à radiação (AMATO; APRILE; DE OLIVEIRA, 2019);
- Pela irrigação: cefaleia (LEWANDROWSKI et al., 2005), cervicalgia (JOH et al., 2009; CHOI et al., 2011), crises epilépticas (CHOI et al., 2011; BEYAZ, 2015; LIN et al., 2020), hemorragias retinianas (MOSCHOS et al., 2008), infiltração de solução salina em subcutâneo (LEWANDROWSKI et al., 2005) ou em cavidades abdominal (HILBERT et al., 2014) ou torácica (CHOI et al., 2017).

### 2.1.2. Irrigação nas cirurgias endoscópicas

A irrigação em procedimentos endoscópicos é necessária para garantir visibilidade na cavidade de trabalho e foi a partir da segunda metade do século XX que as soluções salinas passaram a ser usadas rotineiramente. Sistemas que

garantem fluxo de irrigação por gravidade foram os primeiros a serem utilizados e ainda têm espaço nos dias atuais (DOLK; AUGUSTINI, 1989; HSIAO et al., 2016).

Nestas, as bolsas de irrigação são apoiadas em suportes que podem ser elevados quando se deseja aumento na velocidade de fluxo. As vantagens desse sistema são o baixo custo, o fácil ajuste e a baixa taxa de complicações, uma vez que as pressões finais raramente atingem níveis críticos (DOLK; AUGUSTINI, 1989). A grande desvantagem é justamente o fato de não haver controle do fluxo e da pressão da solução salina infundida, o que pode se tornar um problema em casos mais complexos (HSIAO et al., 2016).

A visualização adequada das estruturas é fundamental para a eficácia e a segurança do procedimento endoscópico (OGILVIE-HARRIS; WEISLEDER, 1995). O desenvolvimento de bombas de irrigação resultou em dois sistemas diferentes: bombas por pressão, nas quais o controle da pressão da cavidade é mantida a partir do fluxo de líquido, e bombas pressão-volume (ou duais), nas quais a pressão é controlada por meio de controle de fluxo de entrada e saída de líquido de forma independente (HSIAO et al., 2016).

A qualidade da bomba é definida pela qualidade da imagem obtida pela câmera, considerando instrumentais e cavidade de trabalho em perfeitas condições (TUIJTHOF et al., 2008), além de estabelecer pressão em níveis seguros, mas acima dos níveis pressóricos de enchimento capilar (EWING et al., 1986).

Os sistemas de irrigação atuais contam com cinco componentes básicos: bolsas de solução salina, equipos de irrigação, gradiente de pressão determinado por gravidade ou por bombas automáticas, cavidade de trabalho e via de saída dos fluidos com ou sem *feedback* à bomba de irrigação. Os equipos utilizados nas bombas automáticas ligam as bolsas de fluidos ao canal de trabalho, passando necessariamente por um sistema propulsor regulado de forma eletrônica. Esses equipos possuem uma câmara de pressão a qual se acopla a transdutores de pressão da bomba, capazes de determinar a velocidade de propulsão de líquido (fluxo) que resulte na pressão estática estabelecida (HSIAO et al., 2016).

Os sistemas duais funcionam da mesma forma, com a diferença de haver um sistema de sucção que retorna o fluido para a bomba para mensuração da pressão de saída e assim regular o fluxo e manter a pressão constante na cavidade (HSIAO et al., 2016).

Estudos comparando os diferentes tipos de irrigação foram feitos para estabelecimento de parâmetros e escalonamento dos melhores sistemas. Um estudo canadense da década de 1990 conduzido por Ogilvie-Harris e Weisleder comparou de forma prospectiva os sistemas de pressão controlada e pressão e fluxo controlados para diversos procedimentos endoscópicos ortopédicos. Eles documentaram a opinião dos cirurgiões quanto à visibilidade na cirurgia e à facilidade da operação, além do tempo cirúrgico. Os dados foram favoráveis ao sistema com controle de pressão e fluxo (OGILVIE-HARRIS; WEISLEDER, 1995).

Contemporaneamente, Ampat, Bruguera e Copeland compararam dois sistemas diferentes de irrigação, um com pressão controlada e outro com pressão e fluxo controlados em 20 procedimentos artroscópicos para ombro. Eles avaliaram três critérios: a perda sanguínea pela multiplicação do volume de solução utilizada na cirurgia com a contagem de glóbulos vermelhos presentes no efluente; a presença de vasos sangrantes e a clareza na visualização das estruturas. A subjetividade da opinião do cirurgião para os dois últimos critérios foi enquadrada numa escala nominal de três opções. A conclusão foi a equivalência dos dois sistemas (AMPAT; BRUGUERA; COPELAND, 1997).

Tuijthof, Sierevelt e Van Dijk estudaram de forma objetiva a diferença entre o sistema de gravidade e a bomba de pressão. Houve análise das imagens de vídeo das operações feitas no período de um mês, aleatoriamente divididas entre os dois sistemas de irrigação. Os parâmetros avaliados foram: sangramento, turbidez, bolhas de ar, tecido fibroso solto e tecido fibroso preso, tecido muito próximo e instrumental muito próximo. Para cada um, havia um tempo documentado e uma área de imagem considerada. Houve a verificação de diminuição do tempo cirúrgico quando utilizada a bomba, por constatarem perda de 6 % do tempo cirúrgico com as interferências (TUIJTHOF; SIEREVELT; VAN DIJK, 2007).

Tuijthof et al., em 2008, compararam o sistema de gravidade com a bomba dual em 20 artroscopias de joelho. As cirurgias com o sistema de gravidade foram feitas com uso de torniquete. Após analisar as imagens dos procedimentos divididos em quatro períodos distintos e com 4 variáveis: sangramento, turbidez, bolhas de ar e tecido fibroso solto, os autores chegaram à conclusão de que os sistemas são comparáveis, exceto pela redução de 50 % da turbidez quando utilizada a bomba dual (TUIJTHOF et al., 2008).

De uma forma geral, os sistemas de irrigação automatizados são seguros por monitorarem a pressão dentro da cavidade e manterem-na constante a partir do controle do bombeamento de fluidos (HSIAO et al., 2016). Se, por algum motivo, o sensor de pressão deixa de funcionar, a pressão dentro da cavidade pode atingir níveis indesejados (BOMBERG et al., 1992; KIM et al., 2002).

Mesmo com aparelhos mais modernos, regulados por pressão e fluxo, existem diferenças significativas quando são programados para atuarem de forma calibrada ao ambiente ou de forma a simularem o sistema gravitacional, conforme verificado por Ross et al. Eles compararam cinco marcas diferentes de bombas de irrigação, comparando-se ainda as pressões da cavidade de trabalho apresentadas pela bomba de irrigação e por um sensor independente (controle). Seus resultados mostraram que as bombas programadas para simularem o sistema gravitacional apresentaram diferenças de até 59 mmHg em comparação ao verificado pelo sensor, ao passo que naquelas em que havia a calibragem para a cavidade de trabalho (articulação), a diferença não ultrapassou 11 mmHg (ROSS et al., 2018).

## **2.2. Hidrodinâmica cerebral, pressão intracraniana e complacência cerebral**

Para melhor compreensão da complacência cerebral, faz-se necessária a recordação dos preceitos da hidrodinâmica cerebral. Cerca de 90 % da produção líquórica ocorre nos plexos coroides (tecido conjuntivo ricamente vascularizado) localizados nos ventrículos cerebrais. A taxa de produção de líquido, seja por secreção ativa ou difusão, é de 0,20-0,35 ml/min ou 360-500 ml/dia, havendo uma redução nessa taxa somente em níveis pressóricos muito elevados. O volume total no sistema é cerca de 150 ml nos adultos e de 50 ml em neonatos (FILIS; AGHAYEV; VRIONIS, 2017; TELANO; BAKER, 2019).

As vilosidades aracnoides são as principais responsáveis pela reabsorção do líquido, localizadas nos seios venosos, especialmente por diferença no gradiente de pressão existente entre espaço subaracnoideo e sistema venoso. Uma pequena parte é absorvida por outras estruturas como o epêndima (epitélio de revestimento ventricular), o plexo coroide, no espaço subaracnoideo medular e os espaços perineurais (SAKKA; COLL; CHAZAL, 2011).

Outras teorias e modelos para explicar a fisiologia líquórica surgiram nos últimos anos, passando a considerar o espaço extracelular e concentrações osmóticas



nos diferentes compartimentos, isto é, ventrículos, espaços perivasculares, cisternas, parênquima cerebral, os mais importantes atores para secreção e reabsorção de água, perfazendo o líquido (BUISHAS; GOULD; LINNINGER, 2014; OREŠKOVIĆ; RADOŠ; KLARICA, 2017).

A PIC é definida como a pressão obtida em posição prona, resultante do equilíbrio dinâmico entre secreção, absorção e resistência ao fluxo de líquido e nessas três etapas, também se dá a regulação de sua pressão (SAKKA; COLL; CHAZAL, 2011). O aumento de sua secreção promove *feedback* negativo nos plexos coróides seja por diminuir o gradiente de pressão entre sangue e líquido, seja por diminuir a pressão de perfusão cerebral, incluindo participação de neuropeptídeos na regulação da produção líquórica (SAKKA; COLL; CHAZAL, 2011).

Os valores fisiológicos da pressão intracraniana variam entre 7 a 15 mmHg em adultos, 3 a 7 mmHg em crianças e 1,5 a 6 mmHg na primeira infância (HARARY; DOLMANS; GORMLEY, 2018). Esses valores variam com a pressão de pulso sistólica, ritmo ventilatório, pressão abdominal, pressão venosa jugular, estado de alerta, atividade física e postura (SAKKA; COLL; CHAZAL, 2011).

Berdahl et al., verificaram a relação entre índice de massa corporal (IMC) e pressão líquórica às punções lombares (pressão de abertura). Após análise de 4235 pacientes, eles obtiveram aumento linear entre IMC e pressão de abertura, com 0,24 mmHg a cada ponto a mais do IMC ( $p < 0,001$ ) (BERDAHL et al., 2012). Com uma casuística de 12118 pacientes, Fleischman et al. também concluíram que o IMC é uma variável independente e positivamente relacionada ao aumento da pressão líquórica em todos os grupos etários estudados (FLEISCHMAN et al., 2012).

O IMC elevado está relacionado ao aumento da pressão intratorácica e intra-abdominal (SAHAY et al., 2018), com repercussão fisiológica da drenagem sanguínea jugular e/ou plexo venoso epidural, passando a ficar mais lenta e resultando em aumento da pressão intracraniana (BLOOMFIELD et al., 1997; FLEISCHMAN et al., 2012; METZGER et al., 2018). Além disso, a avaliação dos fluxos líquórico e sanguíneo por meio de imagens de ressonância magnética do canal vertebral mostrou redução volumétrica global do canal vertebral devido ao avanço das estruturas foraminais para dentro de seu ambiente, resultante do aumento da pressão abdominal (TAIN et al., 2011).

A variação do volume líquórico também fora demonstrada por Lee et al. em 04 situações distintas: ao repouso, com hiperventilação, com compressão abdominal e

com hiperventilação e compressão abdominal. Para os três últimos parâmetros, eles constataram redução de 10 %, 28 % e 41 % do volume liquórico, diretamente devido à compressão do saco dural promovida pelo ingurgitamento do plexo venoso epidural (LEE; ABRAHAM; QUINN, 2001).

Contribuem ainda para redução do diâmetro do canal vertebral doenças como hérnia de disco lombar (KORSE et al., 2017) e estenose de canal vertebral lombar (ABBAS et al., 2010), sendo esta última possivelmente mais relacionada a fatores genéticos que pelo envelhecimento (KIM et al., 2013a).

A Teoria de Monro-Kellie diz que o espaço intracraniano é constante e que existe uma variação entre os volumes do tecido cerebral, do líquido e da circulação sanguínea para manutenção do equilíbrio pressórico do compartimento (LYONS; MEYER, 1990). É sabido que a infusão de volumes superiores a 8ml em neonatos, 20 ml em crianças de 2 anos e 26 ml em adultos no espaço epidural induzem a um aumento de dez vezes da pressão intracraniana (SAKKA; COLL; CHAZAL, 2011).

A capacidade de os diferentes componentes de uma cavidade se adaptarem a variações de volume ( $\Delta V$ ) com a correspondente variação da pressão ( $\Delta P$ ) é o conceito da complacência cerebral ( $C$ ), representada na relação  $C = \Delta V / \Delta P$  (LYONS; MEYER, 1990; BURMAN et al., 2018). O conceito de elastância cerebral ( $E$ ) é a variação da pressão como resultado das variações no volume, representada na relação  $E = \Delta P / \Delta V$  (GRIFFITH et al., 2018).

O fluxo sanguíneo cerebral tem íntima relação com a pressão de perfusão cerebral (PPC). Esta, por sua vez, é a resultante da diferença entre a pressão arterial média (PAM) e a PIC (HARARY; DOLMANS; GORMLEY, 2018).

Considerando o sistema crânio-canal espinal como sendo único, contido em seu arcabouço ósseo, preenchido por líquido e envolvido pela membrana relativamente espessa chamada dura-máter, trabalha-se com o conceito de complacência crânioespinal como sendo a somatória dos subcompartimentos craniano e espinal, responsável por balancear as variações entre PIC e volume liquórico (BURMAN et al., 2018).

Não há consenso na literatura acerca de qual subcompartimento exerceria a maior influência na complacência total, muito devido a diferença dos métodos existentes para cálculo da estimativa de contribuição de cada subcompartimento (TAIN et al., 2011; BURMAN et al., 2018, 2019).

Do ponto de vista anatômico, espera-se que a contribuição do subcompartimento espinal seja maior que o craniano na posição supina, pois a dura mater está mais livre, especialmente na região lombar (TAIN et al., 2011), e análises a partir de um modelo matemático para fluxo líquórico e sanguíneo via ressonância magnética, capaz de identificar pequenas variações de cada subcompartimento, suportam a contribuição de 62 % (BURMAN et al., 2019) a 69 % (TAIN et al., 2011) do subcompartimento espinal para a complacência total.

Alperin conduziu diversos estudos de ressonância magnética avaliando o comportamento da drenagem venosa e dos fluxos líquórico e sanguíneo cerebrais entre as posições sentada e supina (ALPERIN et al., 2005a, 2005b; ALPERIN; LEE; BAGCI, 2015).

Seus parâmetros hidrodinâmicos mostraram redução de 2,4 vezes ( $p < 0,002$ ) do volume que entra e sai do crânio da posição supina para a sentada, com aumento de 2,8 vezes ( $p < 0,002$ ) da complacência cerebral, representada também pela maior diferença entre as amplitudes de pulso do fluxo sanguíneo cerebral e líquórico. A drenagem sanguínea na posição sentada se faz em grande parte pelo plexo venoso vertebral, enquanto que, na posição supina, é majoritariamente pelo sistema jugular interno (ALPERIN et al., 2005a, 2005b).

Para demonstração da influência da gravidade sobre a hidrodinâmica intracraniana e cerebrovascular, Ishida et al. utilizaram a ressonância magnética em inclinações de  $0^\circ$ ,  $-6^\circ$  e  $-12^\circ$ . Não obtiveram diferença significativa para gradiente de pressão líquórica, drenagem venosa cerebral (pelo estudo da drenagem das veias jugulares internas) e velocidade de fluxo sanguíneo cerebral à inclinação de  $-6^\circ$ , mas à inclinação de  $-12^\circ$ , em que todos os parâmetros estavam significativamente alterados, sugerindo estado de hipertensão intracraniana. Não foi verificada alteração morfológica cerebral (ISHIDA et al., 2018). Eles apontam sua pequena amostra de 7 indivíduos para  $-6^\circ$  e 15 para  $-12^\circ$  e o curto período de exposição às inclinações como fatores a serem melhorados (ISHIDA et al., 2018).

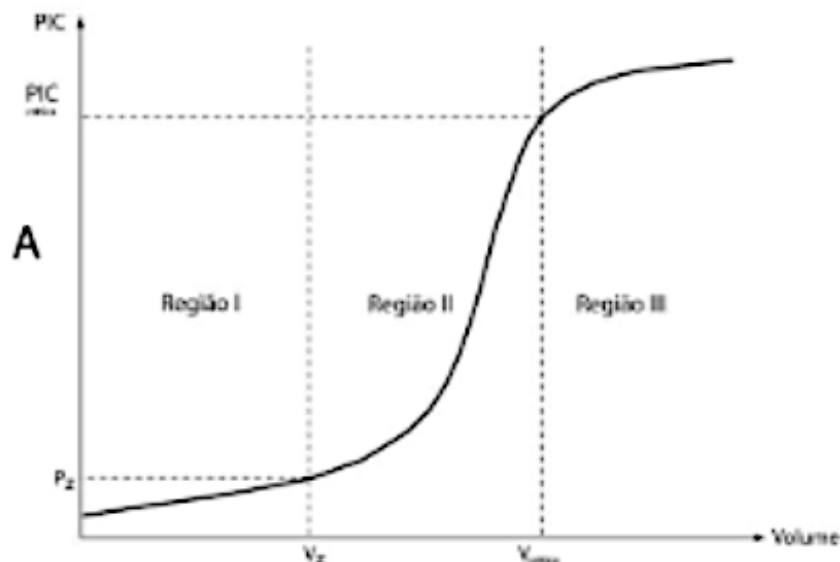
Quando indivíduos são expostos a  $-6^\circ$  de angulação por 4,5 h, há sinais de congestão venosa cerebral e diminuição do fluxo sanguíneo cerebral (MARSHALL-GOEBEL et al., 2016), incluindo alterações na bainha óptica, sem repercussões clínicas evidenciáveis (GERLACH et al., 2017). Com inclinações de  $-12^\circ$ , o mesmo pode ser observado (MARSHALL-GOEBEL et al., 2016), com aumento de volume ventricular demonstrado após 26,5h de inclinação, indicativo de transposição de líquido para o

compartimento craniano e consequente redução de sua complacência (KRAMER et al., 2017).

A correlação entre pressão intracraniana e alteração do volume do líquido é classicamente representada pela curva pressão-volume, dividida em três regiões distintas conforme apresentado por Marmarou em 1978 (Figura 6) (MARMAROU; SHULMAN; ROSENDE, 1978):

- Região I corresponde ao aumento linear entre pressão e volume, representando boa reserva compensatória, isto é, com complacência cerebral preservada, quando existem alterações na capacitância venosa e na circulação liquórica;
- Região II representa perda da complacência cerebral devido à insuficiência dos mecanismos compensatórios, representada pelo aumento exponencial da PIC em pequenas variações do volume;
- Região III significa a falência do sistema de autorregulação cerebrovascular, demonstrada pela diminuição da inclinação da curva pressão-volume (CZOSNYKA et al., 2002).

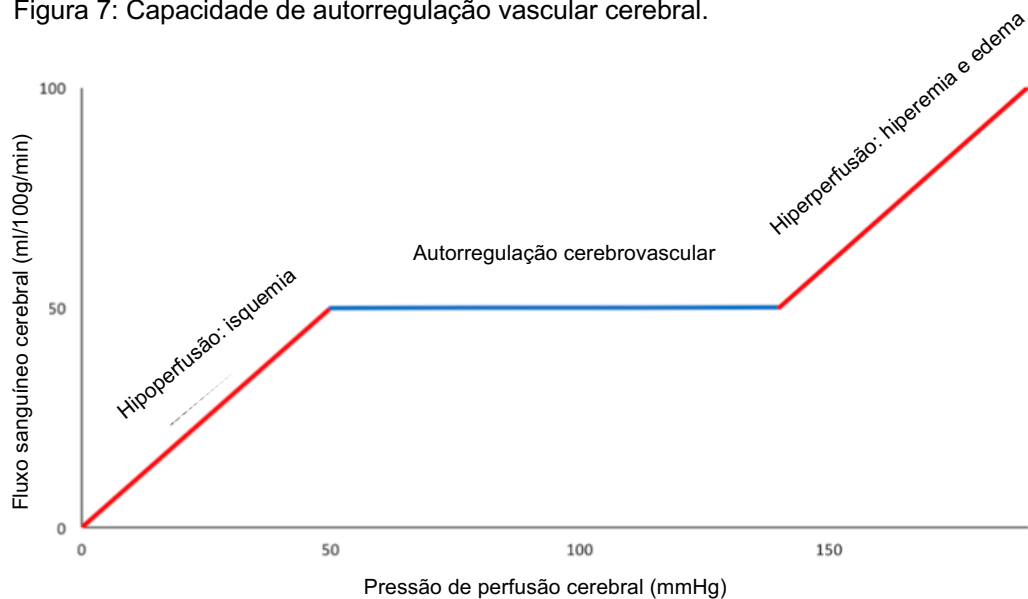
Figura 6: Curva pressão-volume.



A figura representa o comportamento de aumento exponencial da pressão intracraniana (eixo vertical) com o aumento do volume (eixo horizontal). Região I – boa complacência cerebral; Região II – complacência diminuída; Região III – perda da regulação cerebrovascular. Fonte: figura adaptada de Kim et. al., 2009.

A autorregulação cerebral é efetiva entre valores de 50 a 150 mmHg da pressão de perfusão cerebral (PPC). Quando fora desses parâmetros, resulta-se em isquemia ou edema. Efeitos semelhantes são vistos quando se alteram os parâmetros da pressão arterial de gás carbônico, sendo a hipercapnia a responsável pelo edema e a hipocapnia pela vasoconstrição e isquemia (Figura 7) (HARARY; DOLMANS; GORMLEY, 2018).

Figura 7: Capacidade de autorregulação vascular cerebral.



A figura representa a capacidade de autorregulação vascular cerebral, por considerar o fluxo sanguíneo cerebral (eixo vertical) e a PPC (eixo horizontal). Quando baixos a PPC e o fluxo, há consequente isquemia cerebral por hipoperfusão tecidual, conforme mostra extremidade esquerda da figura. Na outra ponta, há excesso de pressão e fluxo, resultando em hiperperfusão cerebral e consequente edema/hiperemia. Fonte: figura adaptada de Harary et. al., 2018.

### 2.3. Morfologia da onda da PIC

Importantes informações sobre complacência e elastância cerebrais podem ser obtidas com o estudo da morfologia da onda da PIC. Esta onda pode apresentar até cinco picos diferentes, sendo três deles os mais importantes: P1, associado à pressão sistólica refletida ao líquido pelo plexo coroide (onda de percussão); P2, relacionado à reflexão sistólica no parênquima cerebral (onda de “maré”, corresponde à elastância do tecido cerebral); e P3, relacionado ao fechamento da valva aórtica (onda dicróica) (Figura 8 - B) (MARMAROU; BEAUMONT, 2011; UNNERBÄCK; OTTESEN; REINSTRUP, 2018).

Uma outra forma de se avaliar a onda da PIC é por meio de decomposições e análise do domínio de frequência entre respiração, frequência cardíaca e ondas lentas, especialmente útil para exclusão de interferências na qualidade do sinal e amplitude das ondas (Figura 8 - A) (CZOSNYKA et al., 2007).

Figura 8: Figura representando diferentes conformações das curvas de PIC.

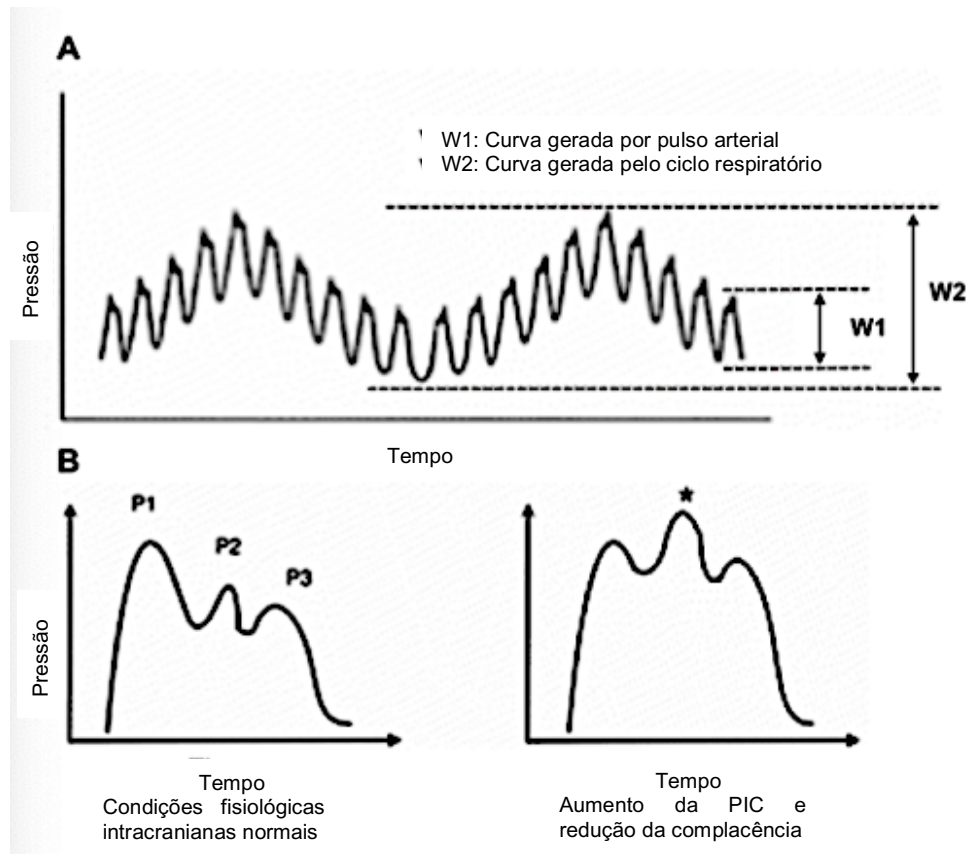


Figura representando as diferentes formas de apresentação da curva da PIC. (A) Variação da PIC com pressão arterial (W1) e ciclo respiratório (W2); (B) Curva PIC – a figura da esquerda mostra o padrão normal da curva da PIC, composta por 03 ondas; P1: perfusão, pulso arterial; P2: “maré”, complacência intracraniana; P3: dicroica, fechamento da valva aórtica; a figura da direita mostra um padrão de hipertensão intracraniana, em que P2 eleva-se sobre P1, conforme indica o asterisco. Figura adaptada de Harary et al., 2018.

A importância de se estudar a morfologia da onda da PIC é a sua capacidade de indicar o momento de transição da curva pressão-volume entre as regiões I e II, por meio de análises do comportamento dos picos P1, P2 e P3. A partir de estudos com monitorização invasiva da PIC, ficou evidente a relação  $P1 > P2 > P3$  em valores baixos, enquanto que, em valores mais elevados P2 aumenta a ponto de superar P1, acompanhado por P3 (CARDOSO; ROWAN; GALBRAITH, 1983), assim como também aumenta a amplitude de pulso de P2 (CONTANT et al., 1995).

A relação P2/P1 aumentada também foi verificada em indivíduos com hipertensão intracraniana (KIRKNESS et al., 2000). Define-se amplitude de pulso como sendo a diferença entre PIC máxima e mínima durante um ciclo cardíaco ou uma onda de PIC (FAN et al., 2008).

O estudo morfológico pelo método MOCAIP é um pouco mais complexo e completo, por acrescentar a inferência da diminuição do fluxo sanguíneo cerebral à análise da relação P2/P1. Um estudo com 63 pacientes (31 pacientes com HSA por ruptura aneurismática e 26 pacientes com TCE) submetidos a monitoramento invasivo concomitante da PIC e com estudo do fluxo sanguíneo cerebral por meio de Doppler transcraniano, demonstrou uma sensibilidade de  $92,5 \pm 0,7$  % e especificidade de  $84,8 \pm 0,8$  % do estudo morfológico em prever baixa perfusão cerebral através da onda de PIC (HU et al., 2010).

Como conhecimento já difundido, a doutrina de Monro-Kellie estabelece o cérebro pouco deformável dentro de uma caixa craniana rígida, com volume sanguíneo relativamente constante. Dessa forma, quando um dos componentes intracranianos aumenta de volume, os outros devem diminuir seus volumes ou haverá aumento da PIC (LYONS; MEYER, 1990). Quando em valores mantidos acima de 15 mmHg é considerada condição de hipertensão intracraniana, implicando aumento de morbimortalidade (KIM et al., 2012).

Mascarenhas et al, de certa forma contrariando os preceitos da doutrina, demonstraram que, após a pulsação arterial, o crânio sofre mínimas variações em seu volume e a deformação resultante pode ser aferida através de um sensor elétrico conhecido como extensômetro, o qual também é capaz de gerar uma curva deformação-volume muito semelhante à curva pressão-volume (MASCARENHAS et al., 2012).

### **3 JUSTIFICATIVA**

---



### **3. JUSTIFICATIVA**

Os procedimentos endoscópicos da coluna vertebral vêm aumentando progressivamente nos últimos anos devido às vantagens em relação às cirurgias convencionais. Contudo, existem poucos estudos acerca das possíveis complicações do método, sobretudo quando se trata dos efeitos na pressão intracraniana.

A literatura científica é escassa em relação aos possíveis mecanismos fisiopatológicos da hipertensão intracraniana e inclusive sua real ocorrência nos procedimentos endoscópicos da coluna vertebral. A compreensão da correlação do fluxo de infusão de solução salina nos procedimentos endoscópicos da coluna com o aumento da PIC e de suas eventuais complicações podem modificar a forma como se avalia e se interpreta a irrigação de solução salina no local, propiciando maior segurança para a realização desta moderna técnica cirúrgica.

#### **3.1. Objetivos**

- Avaliação da relação P2/P1 na curva de registro de pressão intracraniana em indivíduos submetidos às cirurgias endoscópicas lombares;
- Avaliação do efeito do fluxo de irrigação de solução salina e sua correlação com a PIC.

## **4 CASUÍSTICA E MÉTODOS**

---

## 4. CASUÍSTICA E MÉTODOS

### 4.1. Casuística

Cirurgiões de coluna com formação especializada e capacitação nas técnicas de cirurgia endoscópica da coluna vertebral selecionaram para o estudo 34 indivíduos que cumpriram os critérios de inclusão.

Os indivíduos do estudo foram selecionados no Instituto Amato e no ambulatório de coluna da neurocirurgia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da USP – HCFMRP-USP, durante o período de janeiro de 2019 a novembro de 2020.

Como critérios de inclusão, consideraram-se: pacientes acima de 18 anos, portadores de hérnia de disco lombar, estenose de canal ou estenose foraminal lombar. Não houve restrição para casos de reoperação ou distinção quanto à via de acesso.

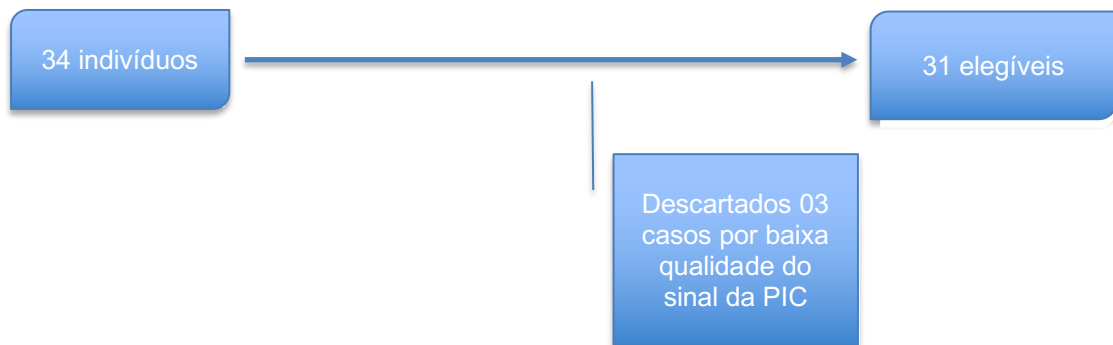
Foram considerados os seguintes critérios de exclusão: menores de 18 anos, presença de quaisquer enfermidades em sistema nervoso central, cirurgia craniana prévia e baixa qualidade na captação de sinal da onda da PIC, impossibilitando a sua leitura pelo *software*.

Determinou-se a via de acesso para cada indivíduo após avaliação clínica e radiológica pela equipe cirúrgica. A técnica anestésica utilizada dependeu da via escolhida, sendo anestesia geral com sevoflurano (concentração 1,5 % ou 0,7 CAM) ou propofol (dose de manutenção de 3,5 mg/kg/h) na via interlaminar e sedação cloridrato de dexmedetomidina (Precedex®, dose de manutenção de 0,3 a 0,5 mcg/kg/min) ou propofol na via transforaminal.

Considerando-se confiança de 95 % e poder de 0,8, para comparação de médias entre amostras relacionadas, o tamanho calculado da amostra foi de 27 casos para um grupo único, com medições pareadas duas a duas. Ao todo, 31 indivíduos preencheram os critérios de inclusão do estudo (Figura 9).

A coleta dos dados foi submetida à prévia aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do HCFMRP-USP, sob o número 4.029.811. Todos os indivíduos foram informados no dia do procedimento sobre o estudo pelo pesquisador, com leitura conjunta do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice A).

Figura 9: Fluxograma de recrutamento dos indivíduos.



## 4.2. Métodos

Trata-se de um estudo descritivo analítico, prospectivo e não experimental.

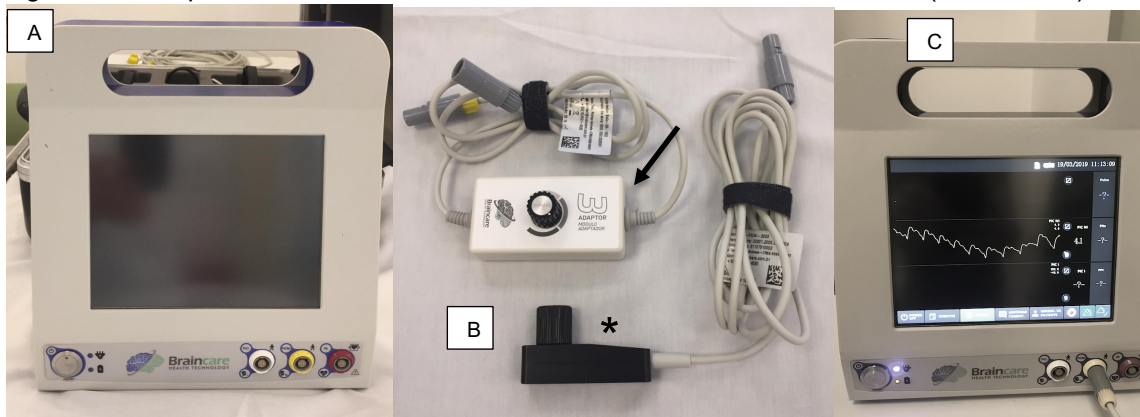
### 4.2.1. Equipamentos

Para o monitoramento da PIC não invasiva, utilizou-se um sensor extracraniano de deformação, capaz de detectar pequenas variações do crânio, desenvolvido pelo Instituto de Física de São Carlos – USP sob coordenação do professor doutor Sérgio Mascarenhas (*in memoriam*), patenteado no Brasil com as codificações PI 0802279-8 A2 e BR 11 2014 006364 8, nos Estados Unidos da América (US 9,826,934 e US 9,993,170 B1) e na Europa (EP2757939 B1) constituído por um extensômetro conectado por fios a um computador capaz de gerar uma curva em tempo real da PIC.

O aparelho teve seu acoplamento sobre o couro cabeludo por meio de uma cinta de acrílico flexível, ajustável por catraca de pressão. O sensor ficou sobre a região frontotemporal direita ou esquerda, sem a necessidade de qualquer preparo ou tricotomia, num ponto no crânio de ótima captação de curva da PIC a aproximadamente 5 cm acima do tragus.

A curva da PIC foi exibida pelo *hardware* que acompanha o sistema, com simultâneo registro em cartão de memória. O *hardware* utilizado foi o Braincare® 2.0 com *software* próprio (Braincare® 2014.02), capaz de criptografar os dados (Figura 10). Posteriormente, as informações foram transferidas para uma plataforma *online* da empresa Brain4Care®, o sistema Brain4Care Analytics 1.0®, no qual os dados foram descriptografados e os registros trabalhados.

Figura 10: Componentes do hardware de monitoramento não invasivo da PIC (BrainCare®).



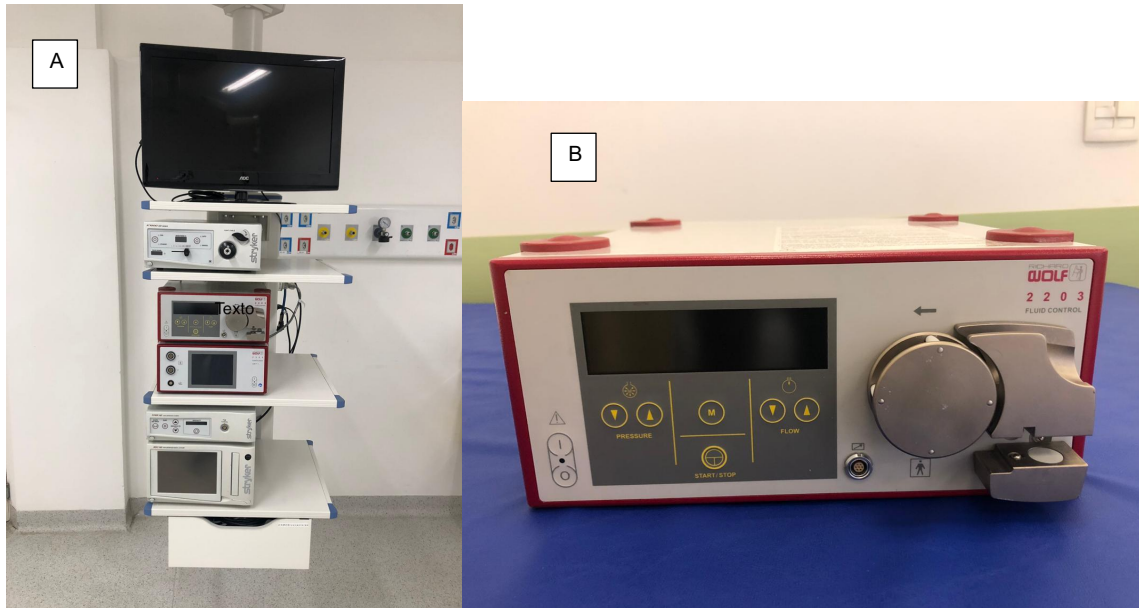
Fotografia dos componentes utilizados para captação não invasiva da curva de pressão intracraniana. (A) Monitor. (B) Seta fina - controlador da amplitude de sinal; asterisco – extensômetro (sensor) utilizado para aferição da PIC em contato com o couro cabeludo do indivíduo. (C) Painel digital demonstrando o momento da captação e registro da onda da PIC do indivíduo número 05 da casuística (perfil da onda de PIC). Fonte: arquivos do autor.

O aparelho foi cedido ao pesquisador pela empresa mediante termo de comprometimento com assunção de custos, tendo sido a instalação realizada nos indivíduos pelo pesquisador ou por uma outra pessoa treinada pela empresa.

Durante o procedimento cirúrgico, todos os indivíduos foram monitorizados continuamente para pressão arterial, frequências cardíaca e ventilatória, capnografia e oximetria.

A irrigação do campo cirúrgico foi feita por meio de bomba automática modelo *Fluid Control 2203*, marca Richard Wolf® (Figura 11). A pressão e o fluxo ideais foram determinados pelo cirurgião no momento da operação, sofrendo alterações a fim de se determinar a melhor visão para a realização da intervenção cirúrgica.

Figura 11: Equipamentos utilizados na cirurgia endoscópica da coluna vertebral.



Fotografias dos equipamentos rotineiramente utilizados para os procedimentos endoscópicos da coluna vertebral. (A) De cima para baixo: monitor, fonte de luz, bomba de irrigação, motor da broca, controle de câmera e gravador. (B) Bomba de irrigação automática marca Richard Wolf®, regulada à pressão, utilizada em todos os procedimentos endoscópicos da coluna lombar. Fonte: arquivos do autor.

O registro e a tabulação dos dados foram feitos em planilha da Microsoft Excel 2014® (Apêndice B), e analisados através do *software* estatístico Minitab, versão 18.1.

Significância estatística foi considerada para valores de  $p < 0,05$ .

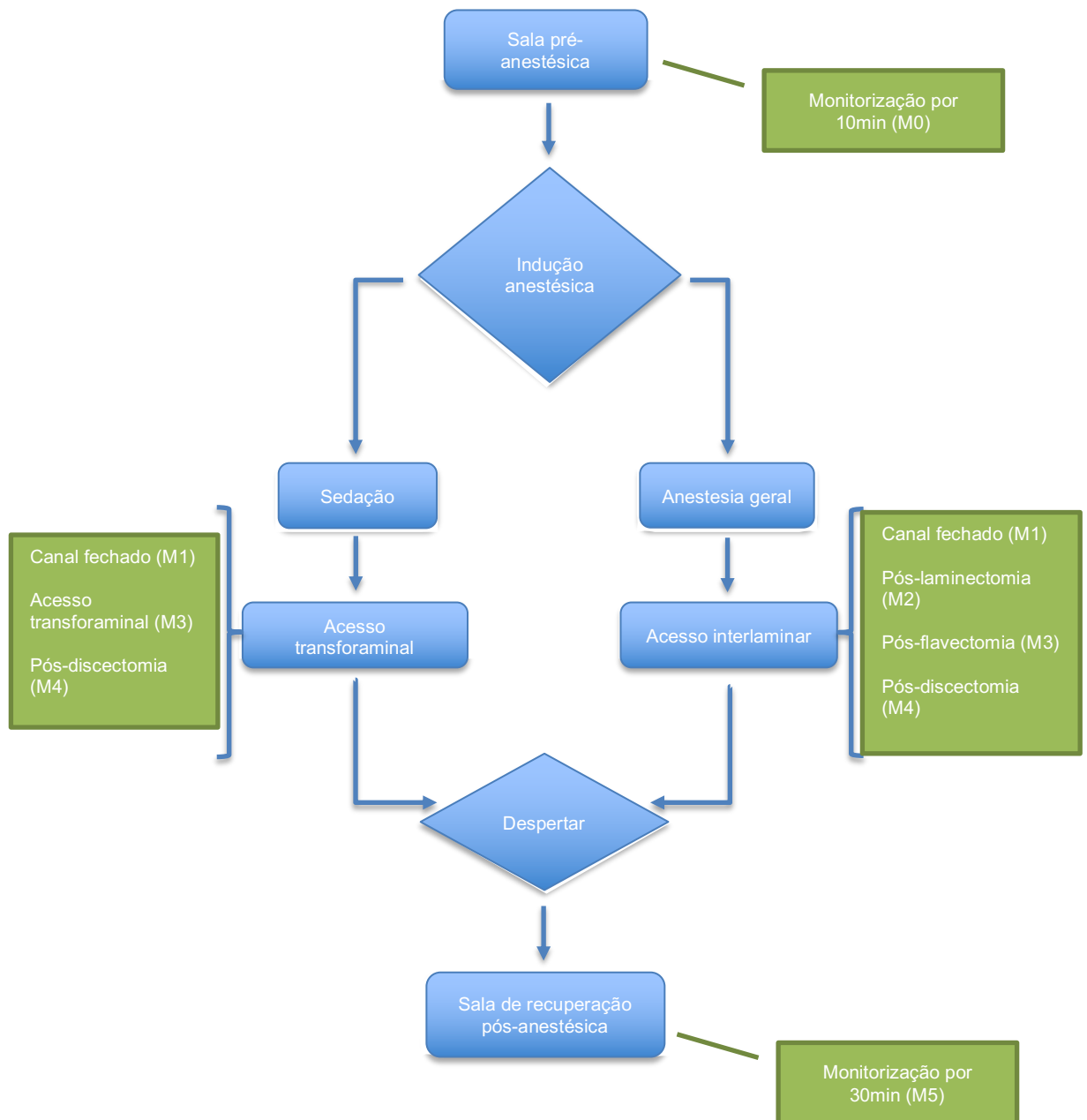
#### 4.2.2. Momentos de obtenção dos dados

Antes de o indivíduo adentrar a sala de operação, ainda na sala pré-anestésica, realizou-se a primeira captação da curva de pressão intracraniana, com duração de aproximadamente 10 minutos (momento “pré-operatório” ou M0). Para o *software*, cada minuto de gravação foi condensado em uma única curva de PIC, da qual os valores foram extraídos.

Nenhum dos indivíduos recebeu qualquer medicamento pré-anestésico. Todos apresentavam riscos cirúrgicos ASA 1 ou 2.

Os momentos de captação dos dados no intraoperatório seguiram os passos das cirurgias, conforme descrição a seguir e ilustrados no fluxograma da figura 12.

Figura 12: Fluxograma ilustrando os momentos de captação de dados dos indivíduos, representados nos quadrados verdes.



#### 4.2.2.1. Cirurgia via interlaminar

Todos os indivíduos cuja via de acesso foi a interlaminar foram submetidos à anestesia geral. Para cada um, a acomodação foi em decúbito ventral, com coxins de apoio nas cristas ilíacas e clavículas e suporte de silicone para a cabeça, a fim de se manter o alinhamento entre coluna e cabeça (Figura 13).

Figura 13: Fotografias demonstrando o posicionamento padrão para a realização da cirurgia endoscópica da coluna vertebral na região lombar.



As cristas ilíacas e clavículas devem estar apoiadas em coxins de silicone. (A) Fotografia do posicionamento cirúrgico, em que a região lombar permanece paralela ao solo por meio de uso de coxins e angulação da mesa cirúrgica. (B) Nota-se a cinta com sensor ajustado na cabeça do indivíduo (seta). Fonte: arquivos do autor.

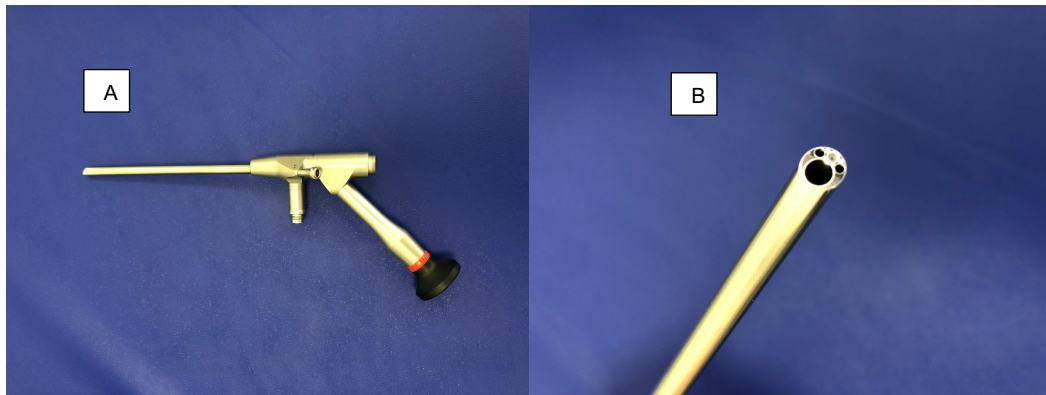
Logo após, procedeu-se ao monitoramento pressórico não invasivo, eletrocardiográfico e ventilatório. Por fim, houve a instalação do sensor de PIC e averiguação da qualidade do sinal em tempo real pelo monitor. Tendo sido boa a captação, prosseguiu-se com a colocação dos campos estéreis e início do procedimento.

O ponto de entrada de cada paciente foi determinado com auxílio da fluoroscopia, medial à uma linha que tangencia a borda medial do pedículo (em visão AP), com encontro da linha entre a lâmina e o ligamento amarelo.

Uma incisão de aproximadamente 0,8 cm a 1,5 cm foi feita longitudinalmente, com dissecção romba até o plano ósseo pelo dilatador, prosseguindo-se com a instalação do canal de trabalho bem como do equipamento de vídeo (Figura 14). Sequencialmente, iniciou-se a irrigação por meio da bomba de irrigação e simultânea gravação dos dados da PIC (momento “canal fechado” ou M1).



Figura 14: Fotografia demonstrando o sistema óptico utilizado para a via interlaminar, marca Elliquence®.



(A) Fotografia demonstrando o sistema óptico utilizado para a via interlaminar. (B) Detalhe do canal de trabalho do endoscópio mostrando canal de trabalho de 4,3mm (orifício maior), a óptica e os dois canais de irrigação (orifícios menores). Fonte: arquivos do autor.

Após dissecação dos tecidos com equipamento de radiofrequência e pinças, realizou-se laminectomia com auxílio de pinça de Kerrison e broca, verificando-se ampla exposição do ligamento amarelo (momento “pós-laminectomia” ou M2).

O ligamento foi então aberto com uso de pinça tipo *scissor-punch* e Kerrison o suficiente para mobilização livre da raiz subjacente e entrada do canal de trabalho (momento “pós-flavectomia” ou M3).

Com o canal de trabalho sobre o disco, a discectomia foi feita até que a raiz não estivesse mais pressionada e que não houvesse mais fragmentos de disco soltos ou frouxos no espaço discal (momento “pós-discectomia” ou M4).

Confirmada a discectomia, a irrigação foi cessada, o equipamento de vídeo e o canal de trabalho foram retirados e a gravação dos dados da PIC foi interrompida. Os indivíduos então foram reposicionados para decúbito dorsal, despertados da anestesia e seguiram para a sala de recuperação pós-anestésica. Tão logo houvesse o despertar, a curva de pressão da PIC foi novamente monitorada por mais 30 minutos (momento “pós-operatório” ou M5).

Para cada momento descrito, houve o registro dos seguintes dados: horário, pressão registrada na bomba (limite determinado e detectada em tempo real), fluxo de solução fisiológica, frequência cardíaca, pressão arterial e sintomas porventura expressados pelo indivíduo.

Os dados foram coletados a cada variação da pressão de irrigação determinada ou do fluxo de infusão de solução fisiológica.

Para a descompressão do canal vertebral estreito, sem discectomia, os dados captados foram interrompidos no momento “pós-flavectomia”, depois foram novamente coletados no pós-operatório, já na sala de recuperação anestésica.

#### 4.2.2.2. Cirurgia via transforaminal

Nesta via, inicialmente os indivíduos foram posicionados em decúbito ventral, com coxins de apoio nas cristas ilíacas e clavículas. Suas cabeças foram apoiadas em suporte de silicone a fim de se manter o alinhamento entre coluna e cabeça e procedeu-se então à sedação pela equipe de anesthesiologia.

Logo após, fez-se o monitoramento pressórico não invasivo, eletrocardiográfico e ventilatório. Por fim, houve a instalação do sensor de PIC e averiguação da qualidade do sinal em tempo real pelo monitor. Sendo boa a captação, prosseguiu-se com a colocação dos campos estéreis e início do procedimento.

O ponto de entrada de cada indivíduo foi determinado com auxílio da fluoroscopia e prévio estudo das imagens de ressonância magnética; verificou-se a distância da linha média ao ponto onde uma agulha alcança o topo do fragmento discal, tangenciando a faceta, o que compreendia de 8 a 12 cm da linha média.

As punções foram feitas com orientação fluoroscópica até a ponta da agulha ultrapassar, em visão AP, o ponto médio do pedículo vertebral ou o terço medial, passando pelo triângulo de segurança de Kambin.

Após introdução da agulha no disco, injetou-se contraste com corante para a simultânea discografia. Era esperado que os pacientes expressassem uma dor concordante com aquela previamente relatada. Em seguida, colocaram-se o fio guia e o dilatador, seguido do canal de trabalho e da lente. Logo, iniciou-se a irrigação e a gravação dos dados da PIC (momento “pré-foraminotomia” ou M1).

Nesta fase, houve a exposição do forame por meio de coagulação com equipamento de radiofrequência dos vasos sanguíneos, retração do panículo adiposo e identificação das estruturas que compõem o forame vertebral, além da identificação da raiz e do saco dural (momento “acesso transforaminal” ou M3). Eventualmente, foraminoplastias com broca foram necessárias para melhor visualização das estruturas e menor risco de lesão neural.

Com o canal de trabalho em visão direta do disco, deu-se início à discectomia e à liberação da raiz comprimida até que não houvesse fragmentos de disco soltos ou frouxos no espaço peridural ou intradiscal (momento “pós-discectomia” ou M4).

Com a confirmação da discectomia, a irrigação foi cessada, o equipamento de vídeo e o canal de trabalho foram retirados e a gravação dos dados da PIC foi interrompida. Cada indivíduo então foi reposicionado para decúbito dorsal e encaminhado para a sala de recuperação pós-anestésica, onde foi novamente monitorada a curva da PIC por mais 30 minutos (momento “pós-operatório” ou M5).

Para cada momento descrito, houve o registro dos dados: horário, pressão registrada na bomba (limite determinado e detectada em tempo real), fluxo de solução fisiológica, frequência cardíaca, pressão arterial, sintomas expressos pelo indivíduo. Houve nova coleta dos dados a cada variação da pressão de irrigação determinada pelo cirurgião ou do fluxo de infusão de solução fisiológica ou ainda se o indivíduo referisse sintomas como cefaleia, cervicalgia, distúrbios visuais ou auditivos durante o ato cirúrgico.

#### 4.3. Análise dos dados e metodologia estatística

A área livre no canal vertebral foi medida com uso do software Horos™ utilizando-se os cortes axiais da ressonância magnética de maior estreitamento do canal e estimou-se a expansão da área após a remoção da hérnia ou da estenose de canal vertebral (Figura 15).

Figura 15: Ilustração da mensuração da área do canal vertebral em seu maior ponto de estreitamento.

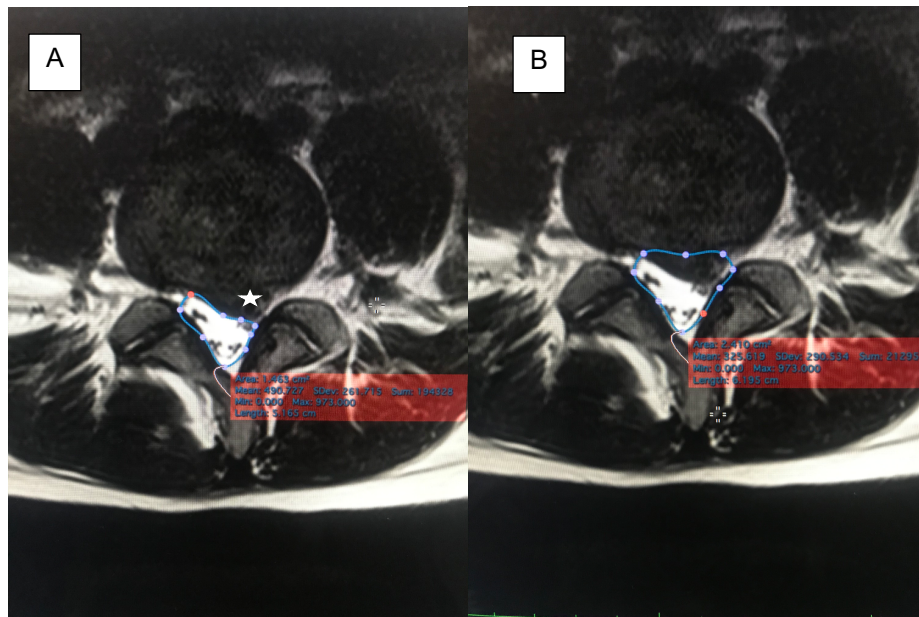
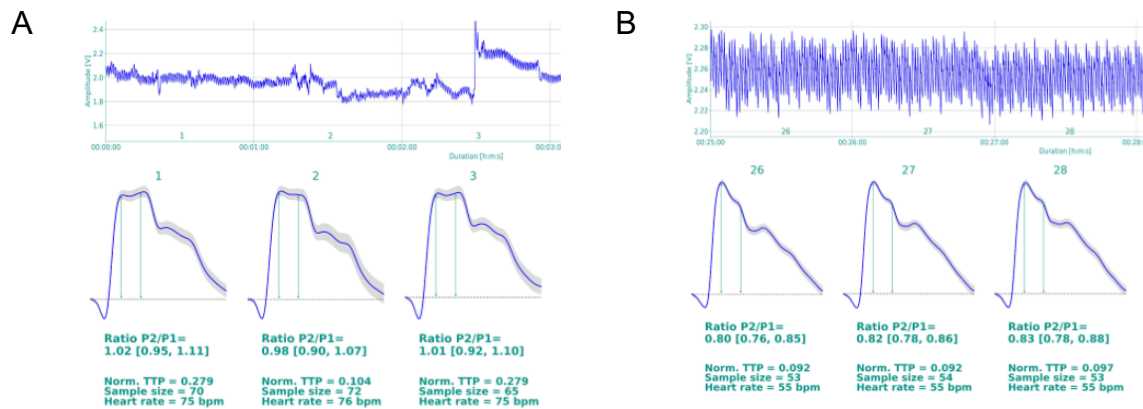


Imagem obtida a partir da ressonância magnética da coluna lombo-sacra na sequência ponderada em T2, na topografia do disco intervertebral L4-L5 do indivíduo número 26 em duas medições distintas. (A) Evidencia-se a hérnia de disco (estrela). A tênue linha azul circunscreve a área livre do canal vertebral neste segmento, aqui deformado devido ao espaço ocupado pela extrusão do disco intervertebral. (B) A tênue linha azul demarca a área do canal vertebral estimada sem a hérnia de disco.

A curva da PIC foi obtida em milivolts (mV), passando por filtragem matemática com frequência de corte de 5 Hz (Filtro de Fourier do tipo passa baixa de 5 Hz), que possibilitou a geração da imagem gráfica adequada. As curvas e medidas selecionadas foram analisadas pelo sistema Brain4Care Analytics® (Figura 16).

Figura 16: Gráficos gerados pelo sistema *Brain4Care Analytics*® para estudo da curva de PIC.



Representação gráfica demonstrando parcialmente os relatórios gerados pelo sistema *Brain4Care Analytics*® em 02 momentos distintos da curva de PIC do indivíduo número 17. (A) Relatório gerado no momento pré-operatório. A linha contínua na parte de cima, em azul, é o registro contínuo da pulsação da caixa craniana detectada pelo sensor, com amplitude (eixo vertical) medida em Volts. A cada 1 minuto de gravação, as informações são condensadas na curva que se vê abaixo. São 03 curvas, representando os primeiros 03 minutos de monitoramento. (B) Relatório gerado do momento “canal fechado” do mesmo indivíduo, do 26º ao 28º minuto de gravação. Observe a mudança do padrão da curva nos dois momentos.

As variáveis da curva da PIC estudadas neste trabalho foram: P2/P1, classificação P1 e P2, *Time to Peak* (TTP). O TTP é uma variável medida em milissegundos, resultante do início da curva até seu ponto mais elevado, seja o pico em P1 ou em P2. Portanto, uma onda que demonstre  $P2 > P1$  apresenta TTP mais elevado que uma que demonstre  $P1 > P2$ .

A documentação ocorreu a cada variação fluxo e/ou pressão de soro fisiológico durante o ato cirúrgico e a cada momento específico descrito das intervenções.

Esses dados foram comparados com o valor pré-operatório de cada indivíduo, a fim de se determinar a ocorrência de perda da complacência cerebral.

O tempo de irrigação e a quantidade total de solução fisiológica também foram documentados para posterior correlação com os achados em caso de hipertensão intracraniana.

Os dados foram resumidos através das frequências absoluta (n) e relativa (%) de casos para as variáveis qualitativas, e através de estatísticas resumo (média, desvio-padrão, valor mínimo, mediana e máximo) para as variáveis quantitativas.

A análise dos dados longitudinais foi realizada através de um modelo misto de análise de variância (ANOVA), considerando o *momento cirúrgico* como fator fixo de medidas repetidas e o *indivíduo* como fator aleatório.

No caso específico da análise dos parâmetros P2/P1 e TTP, também foi utilizado o modelo misto de ANOVA para verificar o impacto dos parâmetros *tipo de cirurgia e idade*, além do *momento cirúrgico*.

No caso de significância estatística do fator de medidas repetidas, foi aplicado o teste de comparações múltiplas de Bonferroni para determinar quais avaliações apresentaram diferença significativa quando comparado com a avaliação basal.

Gráficos com as médias ajustadas foram apresentados para melhor visualização dos resultados.

No presente estudo, convencionou-se a denominação dos momentos cirúrgicos descritos como “pré-operatório”, “canal fechado”, “pós-laminectomia”, “pós-flavectomia”, “pós-discectomia” e “pós-operatório” como M0, M1, M2, M3, M4 e M5, respectivamente.

## **5 RESULTADOS**

---

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Número de indivíduos

Foram avaliados um total de 31 indivíduos, submetidos a procedimentos endoscópicos para a coluna vertebral, sendo 26 (83,9 %) pela via de acesso endoscópica interlaminar e 5 (16,1 %) pela via de acesso transforaminal.

### 5.2. Dados demográficos e basais

Os indivíduos tinham idade média de 44,5 anos (desvio-padrão: 15,4), variando de 22 até 93 anos. O IMC foi de 26,8 kg/m<sup>2</sup> (desvio-padrão: 4,5), variando de 19,8 até 35,8 kg/m<sup>2</sup>.

A distribuição entre gêneros foi de 16 do sexo masculino e 15 do sexo feminino. Os dados gerais de toda a casuística foram compilados no Apêndice C.

Durante a anamnese, foi questionada se havia alguma doença crônica em tratamento. Um total de 12 (38,7 %) indivíduos apresentavam alguma doença associada, conforme citado na tabela 2, sendo a hipertensão arterial sistêmica (HAS) a mais frequente (8 em 12 indivíduos):



Tabela 2 – Prevalência de comorbidades nos indivíduos avaliados.

Comorbidades	Contagem	Percentual
Asma	1	8,33
Dor crônica	1	8,33
HAS	5	41,67
HAS + DM + HipoT	1	8,33
HAS + DM	1	8,33
HAS + HBV	1	8,33
HipoT, Ansiedade	1	8,33
HPB	1	8,33
N=	12	

Obs: percentual calculado em função do total de pacientes com alguma comorbidade. HAS – Hipertensão arterial sistêmica; DM – Diabetes melitus; HipoT – Hipotireoidismo; HBV – Hepatite por vírus B; HPB – Hiperplasia prostática benigna.

### 5.3. Dados relacionados à cirurgia

A média do total de solução salina (0,9 %) infundida foi de 13,3 litros (desvio-padrão: 5,3), variando de 04 até 29 litros por procedimento. Foi utilizada somente solução salina a 0,9 % em todos os casos.

O tempo médio do ato cirúrgico foi de 110 minutos (desvio-padrão: 40,97), com variação de 55 até 240 minutos.

Tempo de irrigação médio foi de 100 minutos (desvio-padrão: 35,8), variando de 42 até 182 minutos. Considerando somente os momentos M3 e M4, após a abertura do ligamento amarelo, o tempo de irrigação médio foi de 36,65 minutos (desvio-padrão: 20,59), com variação de 05 a 88 minutos.

Os 26 indivíduos submetidos à técnica interlaminar receberam anestesia geral sendo 02 deles com anestesia com sevoflurano e os demais com propofol. Para a via transforaminal, foram 05 casos sob sedação, sendo 04 com cloridrato de dexmedetomidina e 01 com propofol.

Em todos os participantes foi utilizada droga com interferência na PIC, conforme apresentado na tabela 3.

Tabela 3 – Utilização de droga anestésica com interferência na PIC.

Drogas com interferência na PIC	Contagem	Percentual
Dexmedetomidina	4	12,90
Propofol	25	80,65
Sevoflurano	2	6,45
N=	31	

#### 5.4. Avaliação dos dados longitudinais

##### 5.4.1. Relação P2/P1

Para cada indivíduo, a relação P2/P1 foi extraída minuto a minuto e foi verificada a média desses valores dentro dos respectivos momentos cirúrgicos.

Após agrupamento dos indivíduos por momento cirúrgico, verificou-se a média geral da relação P2/P1 por momento, conforme estabelecido na tabela 4.

Tabela 4 – Relação P2/P1, de acordo com o momento cirúrgico.

Variável	Momento	N	Média	DesvPad	Mínimo	Mediana	Máximo
P2/P1	M0	29	1,1462	0,2391	0,7500	1,1300	1,6200
	M1	30	0,9310	0,1872	0,6900	0,8550	1,5300
	M2	26	1,0442	0,2249	0,7500	0,9450	1,5900
	M3	30	1,0503	0,2190	0,7200	1,0100	1,6300
	M4	25	0,9700	0,2367	0,5300	0,9500	1,3800
	M5	29	1,0293	0,2334	0,6700	0,9600	1,5200

##### 5.4.2. Variação de P2/P1 em relação ao momento cirúrgico

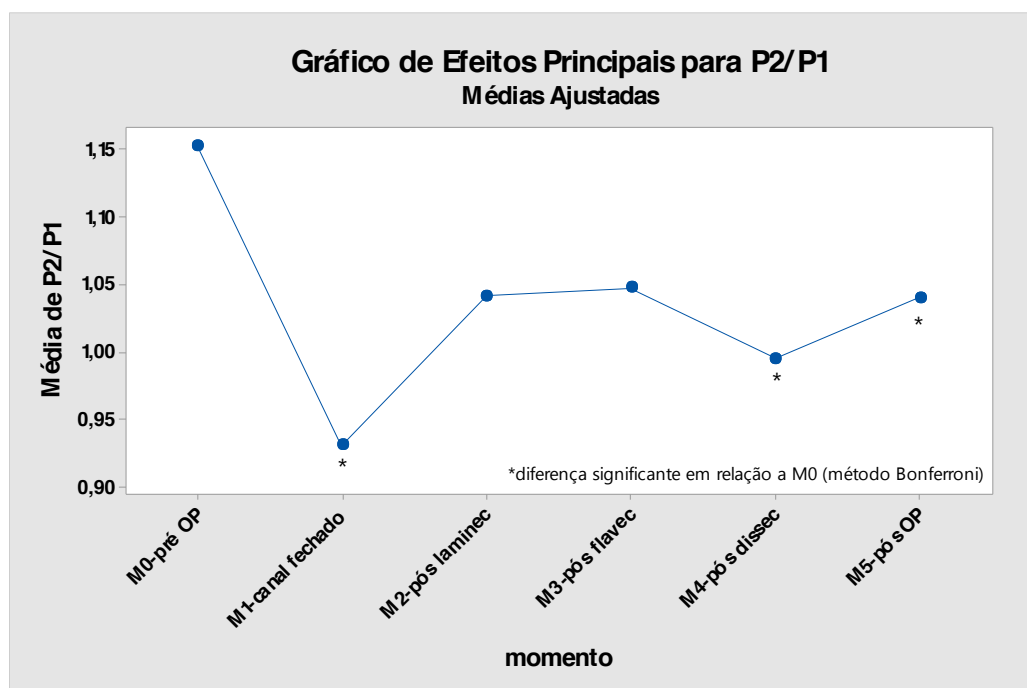
A relação P2/P1 mostrou variação estatística significativa ao longo do tempo ( $p < 0,001$ ), passando de 1,15 no momento M0 para 0,93 no momento M1; 0,99 em M4 e 1,04 na última avaliação M5. Não houve diferença significativa da avaliação basal pré-operatória para os momentos M2 e M3, média de 1,04 e 1,05 respectivamente (Tabela 5). O comportamento da variação da relação P2/P1 foi ilustrado no gráfico 1.

Tabela 5 – Variação P2/P1 em relação ao momento cirúrgico.

Momento	N	Média	Agrupamento
M0 (Controle)	29	1,15289	A
M3	30	1,04797	A
M2	26	1,04191	A
M5	29	1,04039	
M4	25	0,99534	
M1	30	0,93118	

Informações de agrupamento usando Método de Bonferroni e confiança de 95 %. As médias não rotuladas com a letra A são significativamente diferentes da média do nível de controle.

Gráfico 1: Variação da relação P2/P1 relacionado ao momento cirúrgico. Os momentos M1, M4 e M5 tiveram redução significativa da relação P2/P1 em relação ao momento M0.



#### 5.4.3. Variação de P2/P1 em relação ao momento cirúrgico, tipo de cirurgia, idade e IMC do indivíduo

Controlando o experimento também pelo tipo de cirurgia realizada (interlaminar ou transforaminal), a idade dos indivíduos (em anos) e o IMC (em  $\text{kg}/\text{m}^2$ ), verificou-se que a variação da relação P2/P1 continua dependente do momento cirúrgico ( $p < 0,001$ ) e da idade ( $p = 0,007$ ). Houve correlação linear entre a relação P2/P1 e o

aumento das idades dos indivíduos, na proporção de 0,00531 na relação P2/P1 para cada ano acrescentado.

O tipo de cirurgia realizada e o IMC não impactaram de forma significativa na relação P2/P1 ( $p=0,622$  e  $p=0,331$ , respectivamente), conforme apresentado nas tabelas 6 e 7.

Tabela 6 – Relação entre idade, momento cirúrgico, tipo de cirurgia e IMC à variação P2/P1.

<b>Termo</b>	<b>Valor-P</b>
Idade	0,007
Momento	0,000
Tipo cirurgia	0,662
IMC	0,331

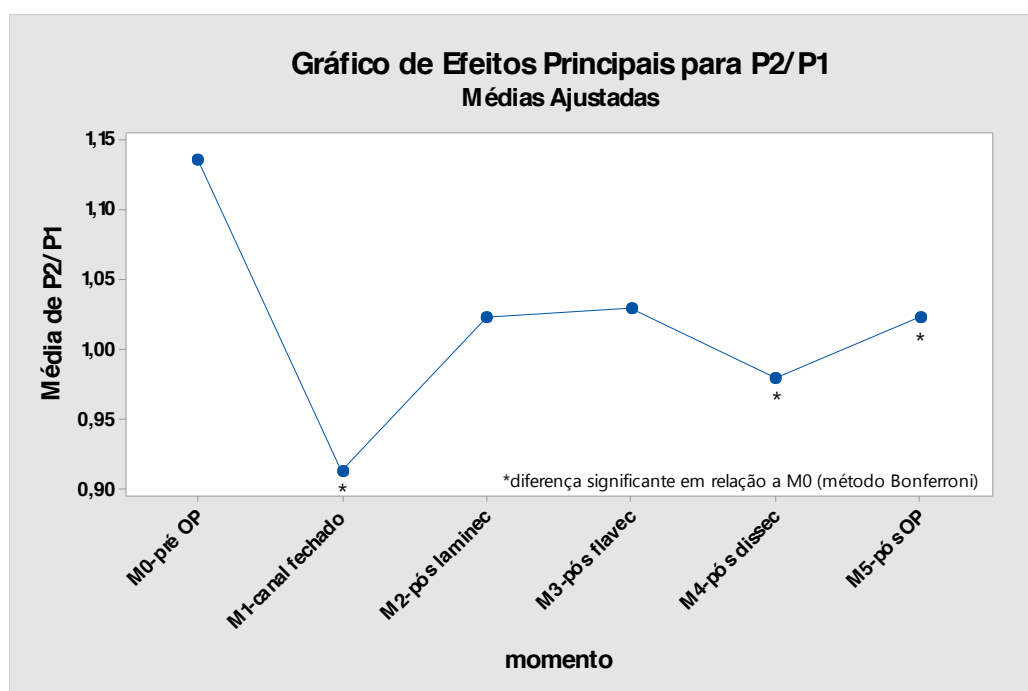
Tabela 7 – Variação de P2/P1 em relação ao momento cirúrgico, tipo de cirurgia, idade e IMC dos indivíduos.

<b>Momento</b>	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>Agrupamento</b>
M0 (Controle)	29	1,13688	A
M3	30	1,03003	A
M2	26	1,02396	A
M5	29	1,02377	
M4	25	0,98076	
M1	30	0,91391	

Informações de agrupamento usando Método de Bonferroni e confiança de 95 %. As médias não rotuladas com a letra A são significativamente diferentes da média do nível de controle.

O gráfico 2 ilustra o comportamento da média da relação P2/P1 controlando-se pelo tipo de cirurgia realizada, a idade e o IMC.

Gráfico 2: Variação de P2/P1 em relação ao momento cirúrgico, tipo de cirurgia, idade e IMC. Os momentos M1, M4 e M5 tiveram redução significativa da relação P2/P1 em relação ao momento M0. As variáveis “tipo de cirurgia” e “IMC” não impactaram de forma significativa a variação P2/P1.



## 5.5. TTP

Para cada indivíduo, o TTP foi extraído minuto a minuto e foi verificada a média desses valores dentro dos respectivos momentos cirúrgicos.

Após agrupamento dos indivíduos por momento cirúrgico, verificou-se a média geral do TTP por momento, conforme estabelecido na tabela 8.

Tabela 8 – TTP, de acordo com o momento cirúrgico.

Variável	Momento	N	Média	DesvPad	Mínimo	Mediana	Máximo
TTP	M0	28	0,2386	0,0756	0,1000	0,2500	0,3400
	M1	29	0,1717	0,0556	0,0800	0,1600	0,3100
	M2	25	0,2084	0,0805	0,0800	0,2200	0,3500
	M3	29	0,2014	0,0706	0,0800	0,2100	0,3300
	M4	24	0,1771	0,0922	0,0600	0,1500	0,3700
	M5	28	0,2139	0,0867	0,0600	0,2250	0,4000

### 5.5.1. Variação de TTP em relação ao momento cirúrgico

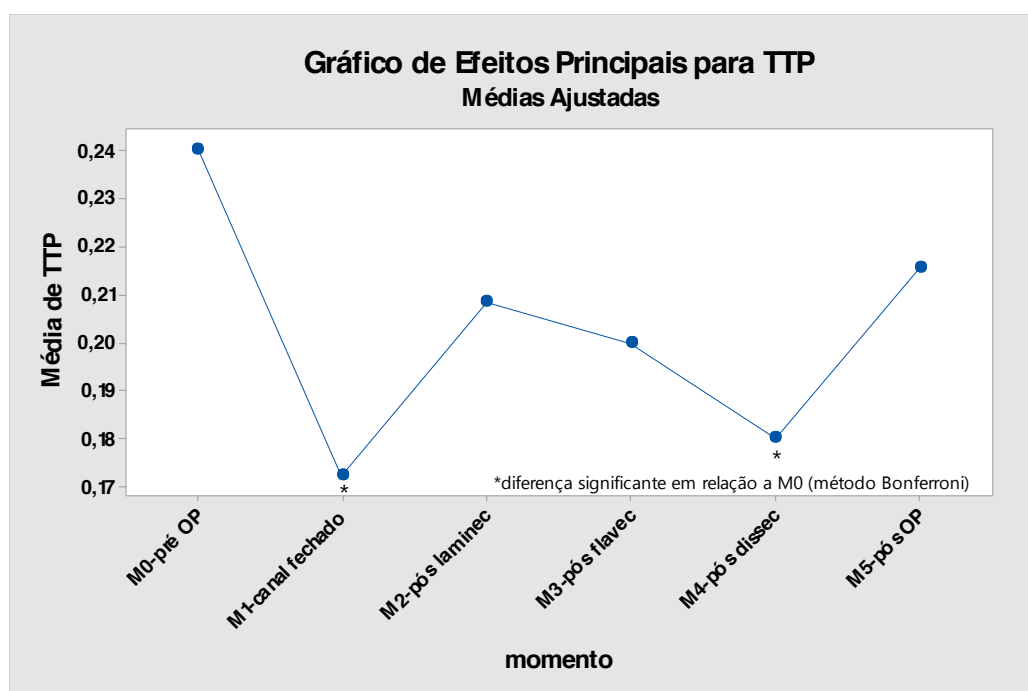
A variação de TTP foi estatisticamente significativa ao longo do tempo ( $p=0,004$ ), passando de 0,24 no momento M0 para 0,17 no momento M1 e 0,18 no momento M4. Não houve diferença significativa da avaliação basal pré-operatória para os momentos M2, M3 e M5, com médias de 0,21, 0,20 e 0,22 respectivamente (Tabela 9). O comportamento da variação do TTP foi ilustrado no gráfico 3.

Tabela 9 – Variação de TTP em relação ao momento cirúrgico.

Momento	N	Média	Agrupamento
M0 (Controle)	28	0,240345	A
M5	28	0,215647	A
M2	25	0,208616	A
M3	29	0,199965	A
M4	24	0,180244	
M1	29	0,172419	

Informações de agrupamento usando Método de Bonferroni e confiança de 95 %. As médias não rotuladas com a letra A são significativamente diferentes da média do nível de controle.

Gráfico 3: Variação de TTP em relação ao momento cirúrgico. Os momentos M1 e M4 tiveram redução significativa da relação P2/P1 em relação ao momento M0.



### 5.5.2. Variação de TTP em relação ao momento cirúrgico, tipo de cirurgia, idade e IMC dos indivíduos

Controlando o experimento também pelo tipo de cirurgia realizada (interlaminar ou transforaminal), idade (em anos) e IMC dos indivíduos (em kg/m<sup>2</sup>), verificou-se que a variação do TTP foi dependente do momento cirúrgico ( $p=0,004$ ) e do IMC ( $p=0,044$ ). Foi identificada correlação negativa entre TTP e IMC, ou seja, uma redução de 0,00394 do TTP para cada décimo de IMC acrescentado.

A variação do TTP não demonstrou relação estatística significativa com a idade ( $p=0,179$ ), nem com o tipo de cirurgia ( $p=0,954$ ) (Tabelas 10 e 11).

Tabela 10 – Variação de TTP em relação ao momento cirúrgico, tipo de cirurgia, idade e IMC.

<b>Termo</b>	<b>Valor-P</b>
Idade	0,100
Tipo cirurgia	0,954
Momento	0,004
IMC	0,044

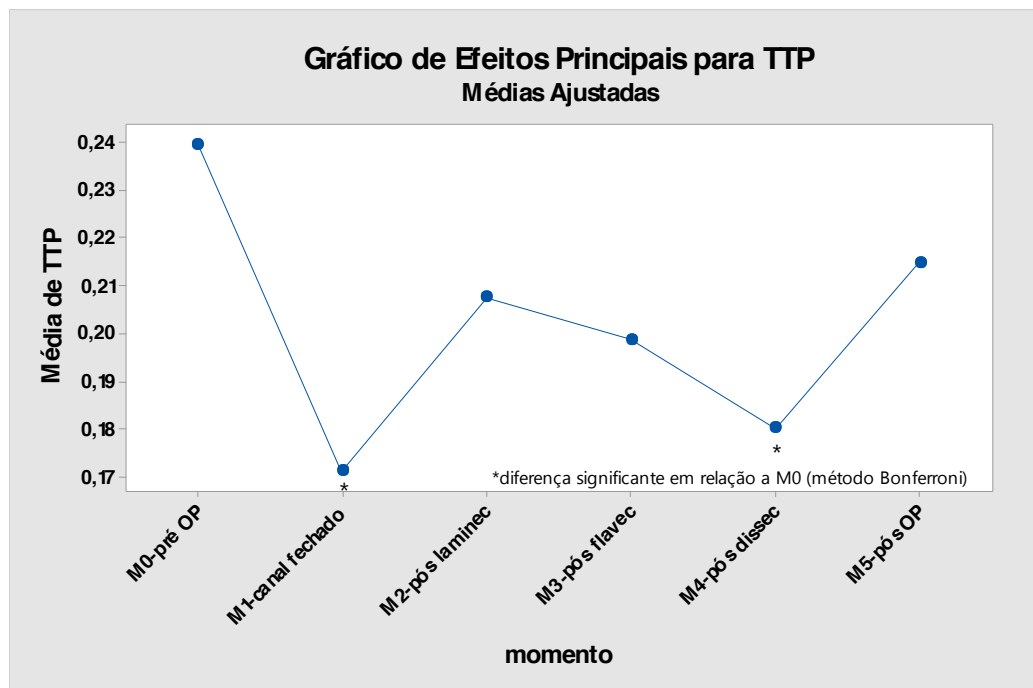
Tabela 11 – Variação de TTP em relação ao momento cirúrgico, tipo de cirurgia, idade e IMC.

<b>Momento</b>	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>Agrupamento</b>
M0 (Controle)	28	0,240723	A
M5	28	0,215729	A
M2	25	0,208665	A
M3	29	0,199305	A
M4	24	0,181392	
M1	29	0,172412	

Informações de agrupamento usando Método de Bonferroni e confiança de 95 %. As médias não rotuladas com a letra A são significativamente diferentes da média do nível de controle.

O gráfico 4 ilustra o comportamento da média do TTP controlando-se pelo tipo de cirurgia realizada, a idade e o IMC.

Gráfico 4: Variação de TTP em relação ao momento cirúrgico, tipo de cirurgia, idade e IMC. Os momentos M1 e M4 tiveram redução significativa da relação P2/P1 em relação ao momento M0. As variáveis “tipo de cirurgia” e “idade” não impactaram de forma significativa a variação P2/P1.

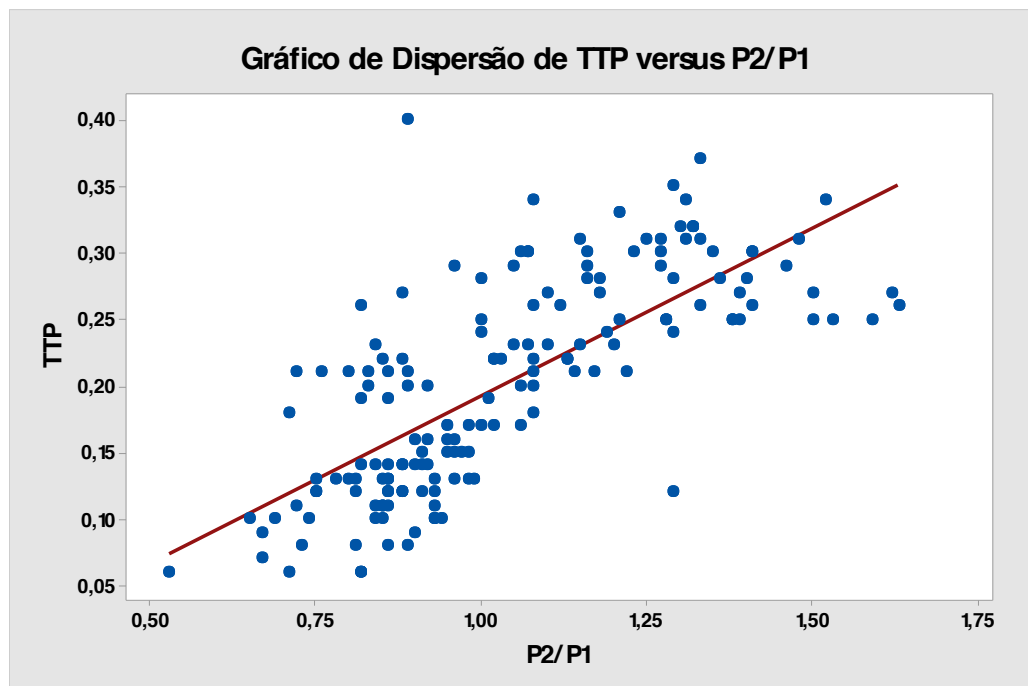


### 5.6. Correlação entre P2/P1 e TTP

Foi observada correlação linear significativa entre os parâmetros P2/P1 e TTP ( $r=0,732$  e  $p<0,001$ ), como demonstrado no gráfico 5.



Gráfico 5. Correlação entre P2/P1 e TTP, demonstrando concordância significativa entre as escalas de monitoramento não invasivo da PIC.



## 5.7. Outros parâmetros

### 5.7.1. Pressão Arterial Sistólica (PAS)

A tabela 12 mostra os valores médios da PAS em cada momento cirúrgico. Houve diferença estatística significativa da PAS ( $p < 0,001$ ) de todos os momentos cirúrgicos em relação ao basal, como demonstrado na tabela 13 e ilustrado no gráfico 6.

Tabela 12 – PAS, de acordo com o momento cirúrgico.

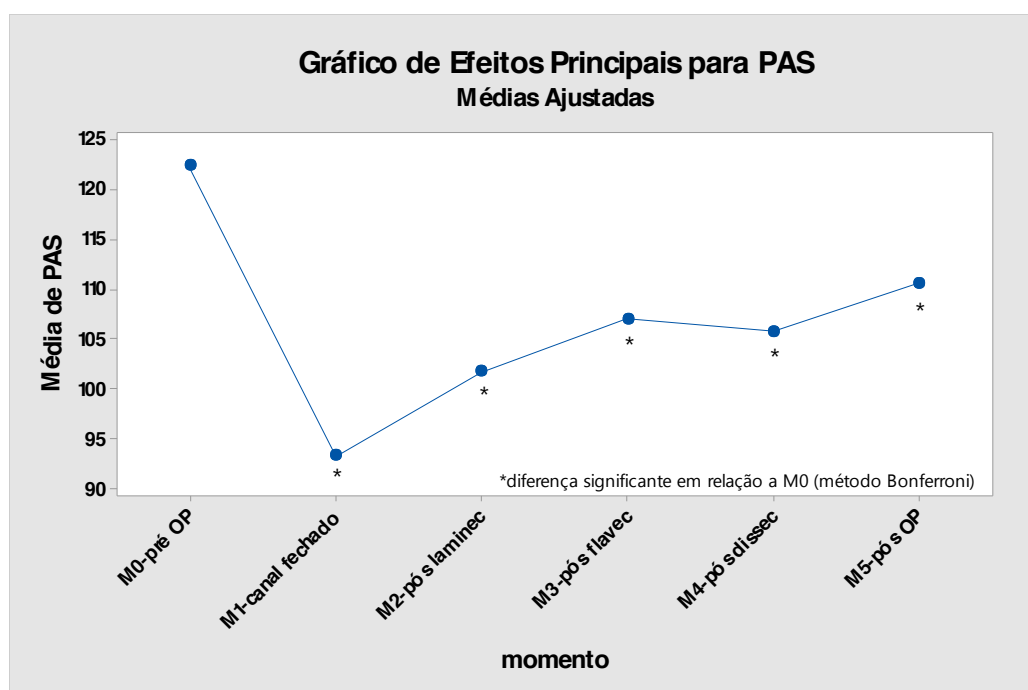
Variável	momento	N	Média	DesvPad	Mínimo	Mediana	Máximo
PAS	M0	31	122,35	16,31	96,00	120,00	178,00
	M1	31	93,32	20,46	56,00	88,50	154,00
	M2	26	100,52	15,67	61,00	102,00	126,00
	M3	30	107,41	13,55	65,00	108,16	134,00
	M4	26	105,19	15,04	78,00	104,50	130,00
	M5	31	110,58	11,45	89,00	110,00	140,00

Tabela 13 – Variação da PAS em relação ao momento cirúrgico.

Momento	N	Média	Agrupamento
M0 (Controle)	31	122,355	A
M5	31	110,581	
M3	30	107,023	
M4	26	105,731	
M2	26	101,723	
M1	31	93,324	

Informações de agrupamento usando Método de Bonferroni e confiança de 95 %. As médias não rotuladas com a letra A são significativamente diferentes da média do nível de controle.

Gráfico 6: Variação da PAS em relação ao momento cirúrgico. Houve variação significativa em todos os momentos quando comparados com o momento inicial (M0).



### 5.7.2. Pressão Arterial Diastólica (PAD)

A tabela 14 mostra os valores médios da PAD em cada momento cirúrgico. Houve diferença estatística significativa da PAD ( $p < 0,001$ ) nos momentos M1 e M2, em relação ao momento pré-cirúrgico, como demonstrado na tabela 15 e ilustrado no gráfico 7.

Tabela 14 – PAD, de acordo com o momento cirúrgico.

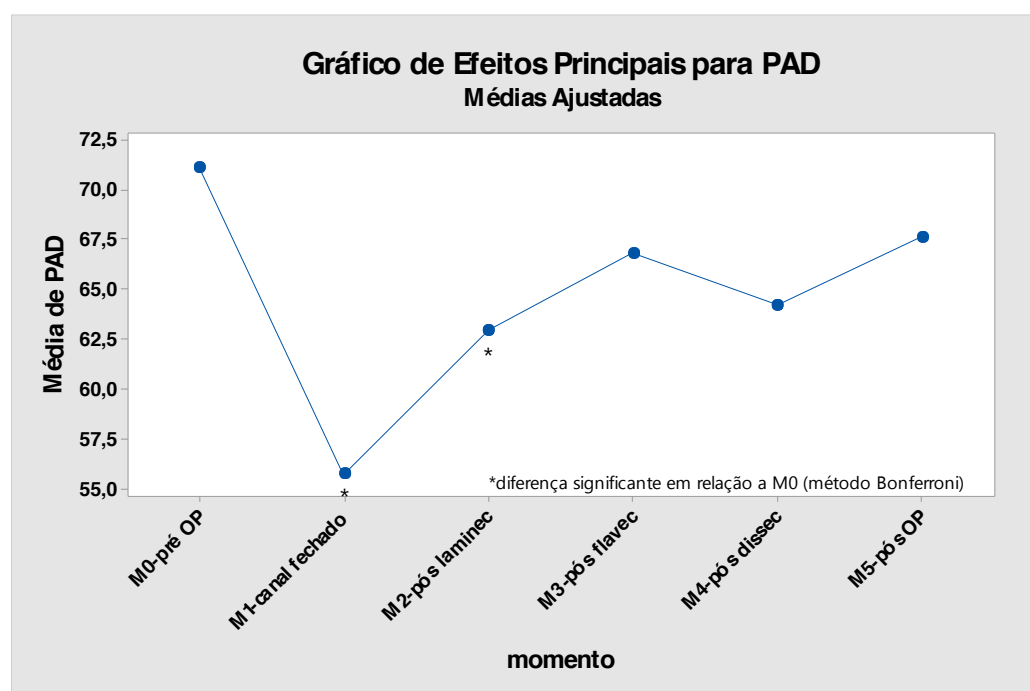
Variável	Momento	N	Média	DesvPad	Mínimo	Mediana	Máximo
PAD	M0	31	71,10	11,20	48,00	70,00	110,00
	M1	31	55,75	14,03	34,00	52,50	94,00
	M2	26	62,73	13,46	35,00	63,00	85,00
	M3	30	67,18	11,87	37,00	66,75	90,00
	M4	26	63,63	12,70	34,00	65,00	85,00
	M5	31	67,65	8,28	52,00	67,00	87,00

Tabela 15 – Variação da PAD em relação ao momento cirúrgico.

Momento	N	Média	Agrupamento
M0 (Controle)	31	71,0968	A
M5	31	67,6452	A
M3	30	66,8288	A
M4	26	64,2152	A
M2	26	62,9756	
M1	31	55,7529	

Informações de agrupamento usando Método de Bonferroni e confiança de 95 %. As médias não rotuladas com a letra A são significativamente diferentes da média do nível de controle.

Gráfico 7: Variação da PAD em relação ao momento cirúrgico. Houve variação significativa nos momentos M1 e M2 quando comparados com o momento inicial (M0).



### 5.7.3. Pressão Arterial Média (PAM)

A tabela 16 mostra os valores médios da PAM em cada momento cirúrgico. Houve diferença estatística significativa da PAM ( $p < 0,001$ ) de todos os momentos cirúrgicos em relação ao basal, como demonstrado na tabela 17 e ilustrado no gráfico 8.

Tabela 16 - PAM, de acordo com o momento cirúrgico.

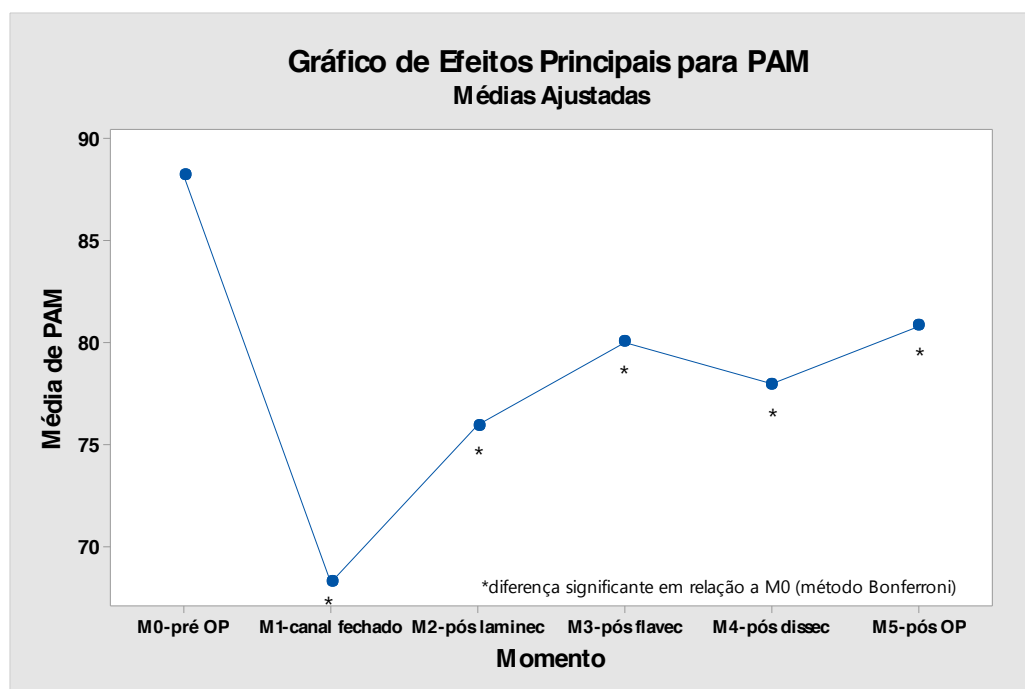
Variável	Momento	N	Média	DesvPad	Mínimo	Mediana	Máximo
PAM	M0	31	88,18	11,71	64,00	88,00	132,67
	M1	31	68,28	15,81	41,33	64,50	114,00
	M2	26	75,28	13,50	43,67	77,31	97,30
	M3	30	80,56	11,66	46,33	81,33	104,67
	M4	25	77,24	12,79	50,00	78,00	98,83
	M5	31	80,83	11,50	50,00	81,67	98,83

Tabela 17 - Variação da PAM em relação ao momento cirúrgico.

Momento	N	Média	Agrupamento
M0 (Controle)	31	88,1845	A
M5	31	80,8319	
M3	30	80,0151	
M4	25	77,9534	
M2	26	75,9801	
M1	31	68,2806	

Informações de agrupamento usando Método de Bonferroni e confiança de 95 %. As médias não rotuladas com a letra A são significativamente diferentes da média do nível de controle.

Gráfico 8. Variação da PAM em relação ao momento cirúrgico. Houve variação significativa em todos os momentos quando comparados com o momento inicial (M0).



#### 5.7.4. Frequência Cardíaca

A tabela 18 mostra os valores médios da FC em cada momento cirúrgico. Houve diferença estatística significativa da FC ( $p=0,011$ ) nos momentos M2, M3 e M4 em relação ao momento pré-cirúrgico, como demonstrado na tabela 19 e ilustrado no gráfico 9.

Tabela 18 – FC, de acordo com o momento cirúrgico.

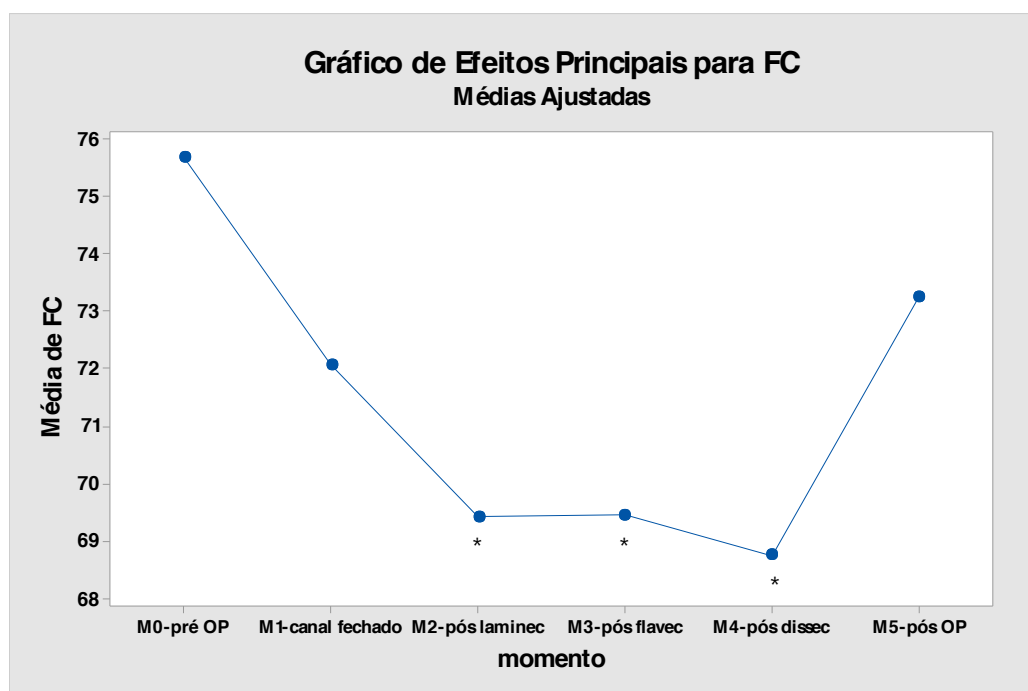
Variável	Momento	N	Média	DesvPad	Mínimo	Mediana	Máximo
FC	M0	31	75,68	14,35	55,00	74,00	108,00
	M1	31	72,06	13,61	51,00	71,00	95,67
	M2	26	68,31	11,55	46,00	70,25	88,00
	M3	30	69,17	13,25	43,50	73,00	101,00
	M4	26	69,55	13,11	48,00	67,75	107,00
	M5	31	73,26	12,15	54,00	72,00	106,00

Tabela 19 – Variação da FC em relação ao momento cirúrgico.

Momento	N	Média	Agrupamento
M0 (Controle)	31	75,6774	A
M5	31	73,2581	A
M1	31	72,0645	A
M3	30	69,4624	
M2	26	69,4236	
M4	26	68,7580	

Informações de agrupamento usando Método de Bonferroni e confiança de 95 %. As médias não rotuladas com a letra A são significativamente diferentes da média do nível de controle.

Gráfico 9: Variação da FC em relação ao momento cirúrgico. Houve variação significativa nos momentos M2, M3 e M4 quando comparados com o momento inicial (M0).



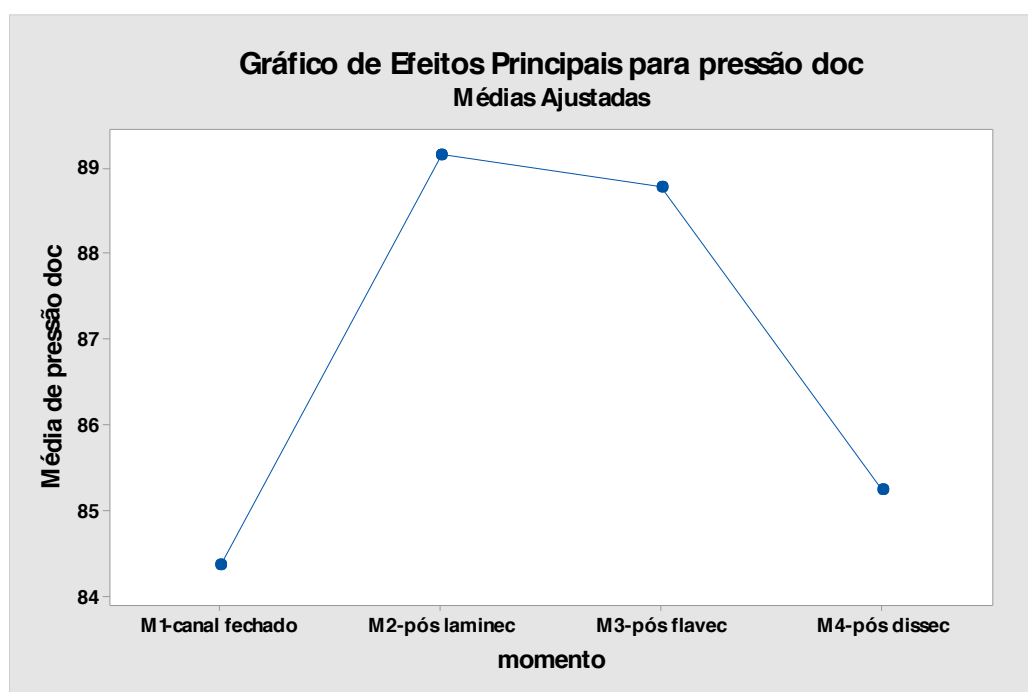
#### 5.7.5. Pressão de irrigação documentada

Foi considerado “pressão de irrigação documentada” o valor registrado na bomba de irrigação correspondente à pressão aferida dentro da cavidade cirúrgica. Não foi observada diferença estatística significativa dos valores médios da pressão de irrigação documentada ao longo dos momentos cirúrgicos ( $p=0,103$ ), conforme mostra a tabela 20 e ilustrado no gráfico 10.

Tabela 20 – Pressão de irrigação documentada, de acordo com o momento cirúrgico.

Variável	Momento	N	Média	DesvPad	Mínimo	Mediana	Máximo
pressão documentada	M0	0	*	*	*	*	*
	M1	31	84,37	16,64	48,00	85,00	125,00
	M2	26	90,19	13,89	65,00	90,00	115,00
	M3	30	89,33	20,59	20,00	90,00	145,00
	M4	26	87,08	24,16	20,00	90,00	145,00
	M5	0	*	*	*	*	*

Gráfico 10: Pressão de irrigação documentada, de acordo com o momento cirúrgico. Não houve variação significativa na pressão documentada de irrigação durante os momentos cirúrgicos.



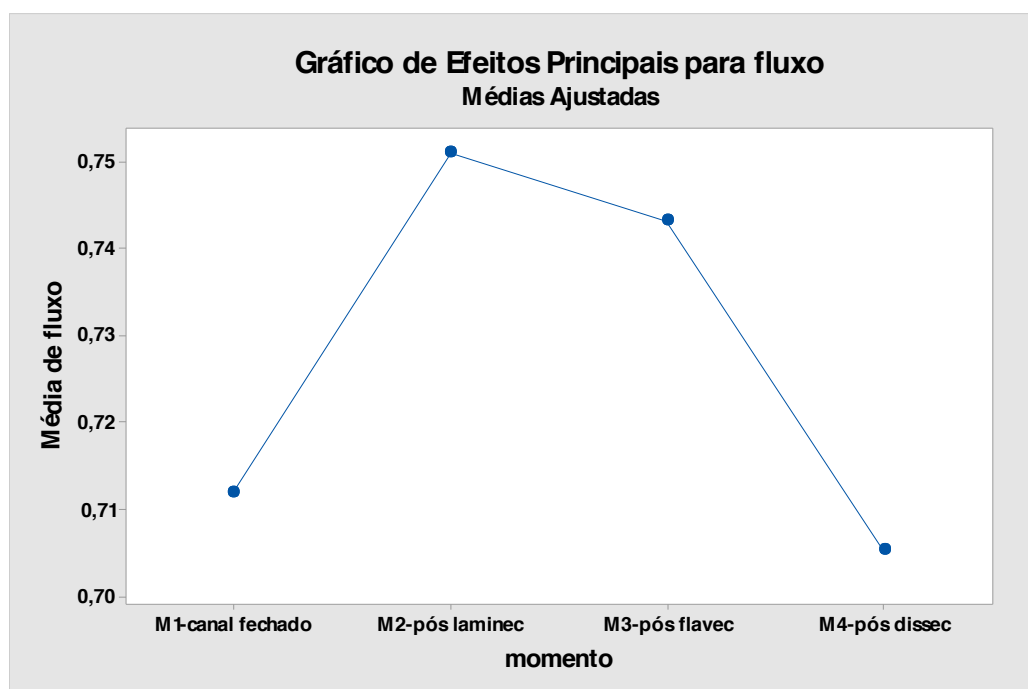
#### 5.7.6. Fluxo de irrigação

Não foi observada diferença estatística significativa dos valores médios do fluxo de solução salina 0,9 % para irrigação durante os momentos cirúrgicos ( $p=0,071$ ), conforme demonstrado na tabela 21 e ilustrado no gráfico 11.

Tabela 21 – Fluxo de Irrigação, de acordo com o momento cirúrgico.

Variável	Momento	N	Média	DesvPad	Mínimo	Mediana	Máximo
fluxo	M0	0	*	*	*	*	*
	M1	31	0,7119	0,2154	0,4500	0,7000	1,2000
	M2	26	0,7385	0,1745	0,5000	0,7000	1,2000
	M3	30	0,7440	0,1964	0,4000	0,7000	1,2000
	M4	26	0,7212	0,2255	0,3000	0,7000	1,2000
	M5	0	*	*	*	*	*

Gráfico 11: Fluxo de Irrigação, de acordo com o momento cirúrgico. Não houve variação significativa no fluxo de irrigação durante os momentos cirúrgicos.



### 5.8. Área do canal vertebral

Foi observada diferença estatística significativa na dimensão da área do canal vertebral em centímetros quadrados. Comparando-se o valor antes e depois do procedimento cirúrgico ( $p < 0,001$ , teste t pareado), houve um aumento de 177 %. Valores demonstrados na tabela 22.



Tabela 22 - Estatística resumo da área do canal vertebral, antes e depois da cirurgia, em centímetros quadrados

<b>Variável</b>	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>DesvPad</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Mediana</b>	<b>Máximo</b>
Área do canal vertebral pré-operatório	15	1,252	0,434	0,599	1,361	1,852
Área do canal vertebral pós-operatório	15	2,220	0,453	1,700	2,163	3,382

## **6 DISCUSSÃO**

---

## 6. DISCUSSÃO

A doença degenerativa discal ocupa posição central nas dores lombares, com prevalência documentada tanto em jovens (de 35 % em indivíduos de 20 a 39 anos) quanto nos mais idosos (de 100 % naqueles acima de 60 anos) (WU; KIM; JANG, 2020).

Sabe-se que muitas pessoas sofrerão de lombalgias em algum momento de suas vidas, estimando-se entre 40 % a 86 % da população (TEIXEIRA et al., 2011; FUJII; MATSUDAIRA, 2013), sendo a maioria delas resolvida sem medidas específicas. Contudo, apesar do tratamento clínico otimizado, até 20 % dos casos necessitam de resolução cirúrgica (MUTHU; RAMAKRISHNAN; CHELLAMUTHU, 2020).

Para esses indivíduos, a endoscopia de coluna lombar ocupa importante papel na terapêutica atual por minimizar perdas sanguíneas e tempo de internação, além de apresentar taxas similares à microdissectomia de infecções, reoperações (JOH et al., 2009; PHAN et al., 2017) e lesões de tecidos adjacentes (reduzindo risco de instabilidade e fibrose perineural pós-operatória) (WU et al., 2021), demonstrando grande potencial para ocupar o patamar de padrão ouro de tratamento (MUTHU; RAMAKRISHNAN; CHELLAMUTHU, 2020).

No presente estudo, os 31 indivíduos estavam distribuídos em 16 do sexo masculino e 15 do sexo feminino, com a média de idade de 45 anos, condizentes com a literatura que, de uma forma geral, mostra a incidência de hérnia de disco lombar maior com o aumento da idade e tendendo a ser mais frequente no sexo masculino do que no feminino (JOH et al., 2009; YÖRÜKOĞLU et al., 2017; KIM et al., 2018; KOS; GRADISNIK; VELNAR, 2019).

Ao se avaliar a influência da massa corporal, identificou-se IMC médio de 26,8 kg/m<sup>2</sup>, correspondente à classificação “pré-obesas” da Organização Mundial da Saúde (WHO, 2000). Ao todo, 21 dos 31 indivíduos apresentavam IMC acima de 25 kg/m<sup>2</sup>. Nos Estados Unidos, a obesidade está presente em mais de 30 % da população (CHAI et al., 2014; JAKOI et al., 2017) e, no Brasil, são 20 % de obesos e 55,7 % da população classificadas como “excesso de peso”, segundo dados do Ministério da Saúde (BRASIL, 2019).

A correlação entre excesso de peso e a fisiopatologia da degeneração discal ainda é pouco compreendida, entretanto há forte correlação entre obesidade e

aumento da carga biomecânica, levando a aceleração do processo degenerativo discal (JAKOI et al., 2017). Em uma casuística de 23048 indivíduos com enfermidades na coluna vertebral, aquelas classificadas como “pré-obesas” e “obesas” eram mais propensas a desenvolver problemas na coluna lombar (OR 1,24 e 1,48 respectivamente) e nos discos (OR 1,55 e 1,69 respectivamente) quando comparadas àquelas com peso “normal” ou “abaixo do normal” (SHENG et al., 2017).

Embora a obesidade também esteja relacionada diretamente à persistência ou à frequência de cefaleia, especialmente a migrânea em 40 a 80 % (CHAI et al., 2014) e a hipertensão intracraniana idiopática (BURKETT; AILANI, 2018; ARDISSINO et al., 2019) nenhum dos indivíduos referiu migrânea ou qualquer outro tipo de cefaleia quando questionados sobre existência de doenças associadas, assim como não referiram cefaleia isoladamente como sintoma pré-operatório. Não foi observada associação entre a relação P2/P1 com IMC ( $p=0,331$ ). Paradoxalmente, indivíduos com maior IMC tendem a apresentar TTP ligeiramente menor do que pacientes com IMC mais baixo ( $p=0,044$ , redução de 0,00394 do TTP para cada unidade a mais do IMC).

Quanto às doenças associadas, 38,7 % apresentavam alguma comorbidade, sendo a hipertensão arterial a mais frequente, presente em aproximadamente 2/3 dos indivíduos. Seus parâmetros clínicos pré-operatórios estavam em valores considerados normais. Houve redução intraoperatória significativa nos valores das pressões sistólica e média (em todos os momentos avaliados) e diastólica (momentos M1 e M2), além da frequência cardíaca (momentos M2, M3 e M4), sem que houvesse correlação com aparecimento de sintomas. Amplas variações hemodinâmicas são capazes de alterar a morfologia da onda da PIC (KIRKNESS et al., 2000; WILSON, 2016), observadas após a indução anestésica.

Os dados da curvatura da PIC nos casos estudados revelaram a presença da relação P2/P1 acima de 1 como média nos indivíduos no momento pré-operatório, sem quaisquer sintomas clínicos relacionados ao aumento da PIC. Após o procedimento cirúrgico, houve redução significativa dessa relação, mas ainda mantendo-se em média acima de 1.

Outros estudos já demonstraram aumento desproporcional da PIC considerando a razão P2/P1 acima de 0,8 (KIRKNESS et al., 2000; FAN et al., 2008; BALLESTERO et al., 2017). Assim como Fan et al., nossos resultados demonstraram que a elevação de P2 sobre P1, embora seja estatisticamente relevante, não

apresentou repercussão clínica. O mesmo autor ainda questiona o valor de corte de 0,8 (FAN et al., 2008). No presente estudo observou-se que a média da relação se manteve acima de 0,8 em todos os momentos da internação cirúrgica.

Diferentemente de demais estudos que verificaram o comportamento da curvatura com valores absolutos da PIC e puderam afirmar sobre presença ou ausência de hipertensão intracraniana (KIRKNESS et al., 2000; CARDIM et al., 2016; FRIGIERI et al., 2018), o mesmo não pôde ser feito neste estudo por não haver medida dos valores absolutos da PIC. Foram consideradas a sensibilidade de 80 % e especificidade de 100 % para as variáveis  $P2 > P1$  como correspondentes a hipertensão intracraniana conforme descritas previamente (BALLESTERO et al., 2017).

Verificou-se ainda que a relação  $P2/P1$  apresenta correlação linear com TTP. Quanto maior o valor do TTP, maior a largura do pulso da PIC. Hamilton et al., demonstraram forte correlação entre o aumento da largura de P2 e o volume de líquido que passa pelo aqueduto cerebral entre a sístole e a diástole em indivíduos com hidrocefalia de pressão normal, sugerindo dinâmica líquórica comprometida (HAMILTON et al., 2012), porém não considera-se a hemodinâmica cerebral na formação de P2 (TAIN; ALPERIN, 2013).

Tanto para os valores obtidos de  $P2/P1$  quanto para TTP, verificou-se redução significativa no primeiro momento do procedimento cirúrgico, isto é, após a indução anestésica. Todos os indivíduos estudados tiveram seus bloqueadores musculares revertidos no momento M2 da via interlaminar e não houve seu uso nos procedimentos de acesso transforaminal (sedação).

Observou-se também diferença significativa nos valores pré-operatórios de ambos os parâmetros no momento após discectomia, com o paciente ainda em plano anestésico. No momento pós-operatório, somente a relação  $P2/P1$  apresentava diferença significativa com o momento M0 (de 1,15 para 1,04 com  $p < 0,001$ ).

Duas hipóteses foram consideradas para esse comportamento dos números obtidos. O primeiro seria referente à influência da anestesia utilizada como efeito protetor ao aumento da PIC, tanto com o uso de propofol quanto para a dexmedetomidina. O segundo, seria referente ao volume do conteúdo herniado retirado e ao conseqüente reestabelecimento da circulação líquórica pelo aumento do diâmetro do canal vertebral, por fim relacionada à complacência cerebrospinal na regulação da PIC.

- A influência da anestesia:

Na presente casuística, somente 02 indivíduos foram anestesiados com uso de sevoflurano (casos 8 e 14). O sevoflurano é uma droga anestésica volátil de relativa baixa solubilidade sanguínea, capaz de promover rápida indução e eficiente despertar (SPONHEIM et al., 2003). Para mantermos a resposta motora frente a um estímulo próximo à raiz, nosso estudo não ultrapassou a concentração alveolar mínima (CAM) de 0,7.

Ao se comparar o efeito intracraniano dos gases anestésicos, Sponheim et al. verificaram na população pediátrica aumento de 5 mmHg da PIC e queda de 9 mmHg e 14 mmHg para os quesitos “pressão arterial média” e “pressão de perfusão cerebral” à concentração de 1 CAM respectivamente, todos com valores  $p < 0,001$  (SPONHEIM et al., 2003). O mesmo já havia sido constatado por Talke, Caldwell e Richardson em adultos, ao verificarem aumento da PIC lombar em 2 mmHg com 0,5 e 1 CAM de sevoflurano (TALKE; CALDWELL; RICHARDSON, 1999).

A maioria dos indivíduos do presente estudo foi anestesiada com propofol, por ser reconhecidamente uma droga capaz de reduzir o metabolismo cerebral, a PIC e a PPC, preferida portanto para anestésias neurocirúrgicas, especialmente nos casos em que há reduzida elastância cerebral devido a sua propriedade vasoconstrictora (PETERSEN et al., 2002; BORRELLI; GRAU; HINKELBEIN, 2016). Porém, ainda não está claro se os agentes inalatórios afetam de forma marcante a PIC e a PPC quando comparados com o propofol. A melhor escolha entre as duas classes visando efeito neuroprotetor ainda não está respaldada por diretrizes.

Uma meta-análise conduzida por Chui et al. tentou estabelecer um padrão para o uso dos agentes em craniotomias eletivas, mas a falta de resultados referentes a qualidade de vida, funções neurológicas, morbidade e mortalidade foi identificada como uma das barreiras. Outras questões como a falta de padronização dos agentes inalatórios, a heterogeneidade metodológica dos estudos e a presença quase uniforme em sua base de dados de pacientes em bom estado neurológico o impediu de traçar conclusões mais assertivas. De uma forma geral, eles puderam constatar que os valores de PIC foram menores: -5,2 mmHg – 95 % com intervalo de confiança (IC) de -6,81 a -3,6; e de PPC foram maiores (16,3 mmHg; 95 % IC 12,2 a 20,46) naqueles em que se fez uso de propofol como droga única de manutenção anestésica (CHUI et al., 2014).

De forma similar, outra meta-análise concluiu pela inexistência de evidências para a escolha de um dos grupos de anestesia por alegar grande heterogeneidade dos estudos, seja pelos tipos de drogas utilizadas seja pelo tamanho variado das amostras. Entretanto, para todos os resultados avaliados quanto à intensidade de dor no pós-operatório de até 24h e a necessidade de uso de analgésicos, houve forte tendência ao uso da anestesia intravenosa com propofol (PENG et al., 2016).

Demais autores não verificaram diferenças entre as duas classes de anestésicos quanto à presença de edema cerebral (GRAU et al., 2018) e complicações pós-operatórias, incluindo acidose metabólica (CHOI et al., 2014; GRAU et al., 2018). A percepção de aumento da PIC intraoperatória de forma indireta, por verificação de aumento do diâmetro da bainha do nervo óptico, também se mostrou similar para as duas classes anestésicas (LEE et al., 2019). Por fim, dentre os poucos estudos existentes em pacientes neurocirúrgicos comparando propofol e gases, não foram detectadas diferenças clinicamente relevantes, incluindo para a variação da PIC (BORRELLI; GRAU; HINKELBEIN, 2016).

Quando se considera o uso de dexmedetomidina, dois estudos independentes verificaram diferenças significativas entre o diâmetro da bainha do nervo óptico. Ambos mantiveram seus pacientes anestesiados com sevoflurano e dividiram seus participantes em dois grupos, sendo um com infusão de solução salina e outro com infusão de dexmedetomidina. Para ambos, a infusão da droga atenua a dilatação da bainha do nervo óptico de forma significativa. Eles atribuíram seus resultados ao fato de haver importante efeito vasoconstrictor (agonista do receptor adrenérgico alfa-2) (SAHAY et al., 2018; YU et al., 2019).

- O papel da complacência cerebrospinal na regulação da PIC:

Dentro do conceito da complacência crânioespinal (BURMAN et al., 2018), tem-se estabelecido o compartimento espinal como o sendo o de maior capacidade de acomodação volumétrica (TAIN et al., 2011; BURMAN et al., 2019). Conforme já demonstrado por Lee, Abraham e Quinn, compressões abdominais podem reduzir o volume líquórico do compartimento espinal por ingurgitamento do plexo venoso epidural (LEE; ABRAHAM; QUINN, 2001), sendo ainda mais intenso quando há aumento do IMC (BERDAHL et al., 2012; FLEISCHMAN et al., 2012; SAHAY et al., 2018). Tal fato não pode ser desconsiderado ao fazer uma cirurgia na coluna vertebral, quando se mantém o indivíduo em decúbito ventral, mesmo que apoiado em coxins.

No presente estudo, estimou-se o aumento médio da área do canal vertebral nos cortes axiais das imagens da ressonância magnética em 177 %. Dewannan et al., verificaram aumento da área do canal vertebral em ressonâncias feitas antes e depois das intervenções cirúrgicas endoscópicas para hérnia de disco e estenose de canal lombares, documentando aumento de 76,45 mm<sup>2</sup> para 187,13 mm<sup>2</sup> em média (DEWANNAN et al., 2017).

A estenose do canal vertebral resultante de problemas disciais ou espondilóticos parece ter contribuído na relação P2/P1 acima de 1 no momento M0. No momento M5, quando se reestabeleceu a circulação líquórica no compartimento espinal, verificou-se redução significativa desta relação.

O papel da idade dos indivíduos também não pôde ser menosprezado. Ao se estabelecer correlação linear entre a relação P2/P1 e o aumento da idade, concluiu-se haver uma redução da complacência cerebral com o aumento da idade.

Após a avaliação de uma casuística de 12118 indivíduos, agrupados a cada 5 anos a partir da faixa etária controle de 20-49 anos, Fleischman et al. verificaram redução gradativa da pressão líquórica à punção lombar de forma significativa, sendo os valores controle 5,3 % maior que o grupo 50-69 anos ( $p < 0,0001$ ) e 13,1 % maior que nos acima de 70 anos ( $p < 0,0001$ ) (FLEISCHMAN et al., 2012). Eles consideraram a diminuição da produção líquórica como sendo o fator determinante para seus achados, corroborando com achados semelhantes de Czornyka et al., ao estabelecerem correlação linear entre aumento da idade com redução de síntese líquórica e aumento da elastância cerebral, especialmente para idades acima de 56 anos (CZOSNYKA et al., 2001).

Griffith et al., por sua vez, não identificaram a idade como uma variável independente, porém idades acima de 50 anos não seguiram o aumento da elastância cerebral identificada em indivíduos com pressão intracraniana idiopática. Os autores puderam estabelecer correlação linear positiva entre a pressão de abertura à punção e a elastância calculada, com aumento de 0,28 cmH<sub>2</sub>O/ml a cada aumento de 10 cmH<sub>2</sub>O de pressão de abertura ( $p < 0,001$ ) (GRIFFITH et al., 2018).

Segundo Burman et al., a maior contribuição do subcompartimento espinal nos grupos etários abaixo de 40 anos, não havendo diferença significativa entre os subcompartimentos craniano e espinal nos indivíduos de 41 a 60 anos (tendência de 50 % de contribuição à idade de 60 anos). Eles ainda verificaram que a mediana do componente craniano da complacência crânioespinal obteve seu ponto mais alto na



faixa etária de 41 a 60 anos, com correspondente diminuição do fluxo sanguíneo cerebral total (BURMAN et al., 2019).

Portanto, com a média de idade da casuística sendo de 44,5 anos, considerou-se haver maior participação do subcompartimento espinal na complacência crânioespinal (BURMAN et al., 2019) onde que se esperava uma maior tensão líquórica existente (FLEISCHMAN et al., 2012; GRIFFITH et al., 2018). No momento em que houve uma redução precoce de seu volume devido à hérnia de disco lombar e, considerando que a estenose de canal lombar não teria relação com a idade, mas com fatores genéticos (KIM et al., 2013b), não haveria tempo para adaptação fisiológica, resultando no aumento da relação P2/P1, entretanto sem que houvesse qualquer correlação clínica de descompensação da PIC.

Outro fator relacionado ao aumento P2/P1 e conseqüente redução da complacência cerebral é o posicionamento do indivíduo para o ato operatório (ALPERIN et al., 2005a; ALPERIN; LEE; BAGCI, 2015; MARSHALL-GOEBEL et al., 2016; GERLACH et al., 2017; ISHIDA et al., 2018). No presente estudo, posicionou-se a coluna lombar de modo que ficasse paralela ao solo, com uso de coxins de apoio e angulação da mesa cirúrgica, a fim de que os platôs vertebrais do segmento a ser abordado permanecessem paralelos à fluoroscopia.

A irrigação epidural não demonstrou ser um fator determinante na variação da pressão intracraniana, contrariando evidências já estabelecidas entre infusão epidural e aumento da PIC (HILT; GRAMM; LINK, 1986; GROCOTT; MUTCH, 1996), provavelmente devido ao fator neuroprotetor dos anestésicos utilizados (CHUI et al., 2014; SAHAY et al., 2018; YU et al., 2019).

Lin et al. avaliaram 03 indivíduos que apresentaram crises epilépticas de sua casuística de 816 pacientes submetidos a cirurgias endoscópicas da coluna vertebral, logo após despertarem da anestesia geral. A observação de sinais como aumento do tempo de irrigação (153 e 235 minutos nos casos 01 e 03 respectivamente), seguidos de hipertensão arterial intraoperatória acompanhada de bradicardia e o uso de sevoflurano foram destacados como contribuintes para o desfecho relatado (LIN et al., 2020).

No presente estudo, houve pouca variação entre os casos tanto na velocidade de irrigação quanto na pressão documentada na cavidade cirúrgica (variações não significativas). O tempo médio de irrigação foi de 100 minutos, sendo nos momentos

M3 e M4 o contato direto do fluxo de solução salina com o saco dural, com duração média de 36,65 minutos. A via de acesso predominante foi a interlaminar.

Considerando a irrigação constante existente nos procedimentos endoscópicos lombares, Joh et al. correlacionaram a presença de dores cervicais durante suas cirurgias com a pressão epidural cervical por meio de um transdutor implantado à altura de C6-7. Dos 28 indivíduos operados, 8 relataram cervicalgia. Aqueles com dor apresentaram medidas de pressão significativamente maior do que daqueles sem dor, todos acima de 37 mmHg, com início dos sintomas após aproximadamente 35 minutos de irrigação. Infusões de 150 ml/min ocasionaram dor em 4 de 23 pacientes, mas quando acima de 200 ml/min, 4 de 5 indivíduos relataram a dor (JOH et al., 2009). Como contraponto a esse estudo, 22 dos 28 pacientes de Joh et al. tiveram o acesso transforaminal, todos submetidos a sedação com remifentanil.

O tempo de exposição à irrigação também foi apontando por Choi et al. como um fator predisponente a complicações pós-operatórias. Eles verificaram 04 casos de crises epiléticas no pós-operatório cujo tempo de procedimento médio foi de 101,25 min, ao passo que nos pacientes sem complicações, essa média ficou em 40,93 minutos (CHOI et al., 2011). Ao monitorarem a pressão epidural cervical em 33 indivíduos, eles constataram forte correlação entre início de cervicalgia e tanto o tempo quanto a velocidade de irrigação (variação de 150 a 300ml/min). 27 pacientes foram submetidos ao acesso transforaminal e todos os 33 pacientes foram submetidos à anestesia local com lidocaína.

### 6.1. Limitações do estudo

O equipamento endoscópico por vezes foi trocado no intraoperatório devido a problemas na óptica ou de alcance do canal de trabalho. Sabe-se que a pressão exercida pelo sistema de neuroendoscópio pode mudar com a troca do equipamento, entretanto a bomba de irrigação manteve-se a mesma em todos os casos e as medidas da pressão de dentro da cavidade eram por ela sinalizadas.

Observou-se 03 casos sintomáticos no momento pós-operatório, nos quais a captação de sinal pelo sensor não foi aquedada, incluindo no momento pós-operatório. Dessa forma, as análises desses indivíduos limitaram-se aos momentos do intraoperatório, com os parâmetros relacionados ao fluxo e à pressão de irrigação.

Um aumento da amostragem, incluindo a captação de sinal de maneira uniforme em todos os momentos propostos, poderiam melhorar a avaliação de tais achados.

A via de acesso transforaminal foi empregada em 05 dos 31 indivíduos. Por ser feita com sedação, haveria a possibilidade de coleta de dados referente a qualquer desconforto dos indivíduos operados, entretanto o baixo número da amostra não foi capaz de demonstrar situações tais efeitos durante o ato cirúrgico.

## **7 CONCLUSÃO**

## 7. CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo a avaliação da relação P2/P1 na curva de registro de pressão intracraniana em indivíduos submetidos às cirurgias endoscópicas lombares. Verificou-se que o comportamento da curva da PIC independe do fluxo ou da pressão de solução salina infundida ao longo do procedimento cirúrgico nos parâmetros estabelecidos. O estudo da curva de pressão intracraniana em indivíduos submetidos às cirurgias endoscópicas lombares pôde demonstrar a proporção P2/P1 de maneira uniforme acima de 1, sem repercussões clínicas.

Adicionalmente, procedeu-se à avaliação do efeito do fluxo de irrigação de solução salina e sua correlação com a PIC. Não foi observada diferença estatística significativa do fluxo de solução salina 0,9 % durante os momentos cirúrgicos.

## **REFERÊNCIAS**

---

---

**REFERÊNCIAS<sup>1</sup>**

ABBAS, J. et al. Degenerative lumbar spinal stenosis and lumbar spine configuration. **European Spine Journal**, v. 19, n. 11, p. 1865–1873, 2010.

AHN, Y. Current techniques of endoscopic decompression in spine surgery. **Annals of Translational Medicine**, v. 7, n. S5, p. S169–S169, 2019.

ALPERIN, N. et al. Quantifying the effect of posture on intracranial physiology in humans by MRI flow studies. **Journal of Magnetic Resonance Imaging**, v. 22, n. 5, p. 591–596, 2005a.

ALPERIN, N. et al. MRI study of cerebral blood flow and CSF flow dynamics in an upright posture: The effect of posture on the intracranial compliance and pressure. **Acta Neurochirurgica, Supplementum**, n. 95, p. 177–181, 2005b.

ALPERIN, N.; LEE, S. H.; BAGCI, A. M. MRI measurements of intracranial pressure in the upright posture: The effect of the hydrostatic pressure gradient. **Journal of Magnetic Resonance Imaging**, v. 42, n. 4, p. 1158–1163, 2015.

AMATO, M.; APRILE, B.; DE OLIVEIRA, C. Radiation Exposure during Percutaneous Endoscopic Lumbar Discectomy: Interlaminar versus Transforaminal. **Arquivos Brasileiros de Neurocirurgia: Brazilian Neurosurgery**, v. 38, n. 01, p. 031–035, 2019.

AMPAT, G.; BRUGUERA, J.; COPELAND, S. A. Aquaflo pump vs FMS 4 pump for shoulder arthroscopic surgery. **Annals of the Royal College of Surgeons of England**, v. 79, n. 5, p. 341–344, 1997.

ARDISSINO, M. et al. Idiopathic intracranial hypertension in the British population with obesity. **Acta Neurochirurgica**, v. 161, n. 2, p. 239–246, 2019.

BALLESTERO, M. F. M. et al. Prediction of intracranial hypertension through noninvasive intracranial pressure waveform analysis in pediatric hydrocephalus. **Child's Nervous System**, v. 33, n. 9, p. 1517–1524, 16 set. 2017.

BERDAHL, J. P. et al. Body mass index has a linear relationship with cerebrospinal fluid pressure. **Investigative Ophthalmology and Visual Science**, v. 53, n. 3, p. 1422–1427, 2012.

BEYAZ, S. G. Seizures and transient neurological deficits during epiduroscopy in a patient with failed back surgery syndrome. **Pain medicine (Malden, Mass.)**, v. 16, n. 4, p. 825–7, abr. 2015.

BLOOMFIELD, G. L. et al. A proposed relationship between increased intra-abdominal, intrathoracic, and intracranial pressure. **Critical Care Medicine**, v. 25, n. 3, p. 496–503, mar. 1997.

---

<sup>1</sup> A diagramação das referências seguiu as normas ABNT vigentes, de acordo com as Diretrizes para Apresentação de Dissertações e Teses da USP (FUNARO et al., 2020).

- BOLLELA, V. R. et al. Noninvasive intracranial pressure monitoring for HIV-associated cryptococcal meningitis. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 50, n. 9, 7 ago. 2017.
- BOMBERG, B. C. et al. Complications associated with the use of an infusion pump during knee arthroscopy. **Arthroscopy: the journal of arthroscopic & related surgery: official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association**, v. 8, n. 2, p. 224–8, 1992.
- BORRELLI, V.; GRAU, S.; HINKELBEIN, J. Changes in intracranial pressure and cerebral blood flow during volatile anaesthesia. **European Journal of Anaesthesiology**, v. 33, n. 6, p. 468–469, jun. 2016.
- BRASIL. Vigitel Brazil 2018: surveillance of risk and protective factors for chronic diseases by telephone survey: estimates of frequency and sociodemographic distribution of risk and protective factors for chronic diseases in the capitals of the 26 Brazilian states. 1 edição ed. Brasília: **Ministério da Saúde**, p. 35-45, 2019.
- BUIHASH, J.; GOULD, I. G.; LINNINGER, A. A. A computational model of cerebrospinal fluid production and reabsorption driven by Starling forces. **Croatian Medical Journal**, v. 55, n. 5, p. 481–497, 2014.
- BURKETT, J. G.; AILANI, J. An Up to Date Review of Pseudotumor Cerebri Syndrome. **Current Neurology and Neuroscience Reports**, v. 18, n. 6, p. 1–7, 2018.
- BURMAN, R. et al. Patient-specific cranio-spinal compliance distribution using lumped-parameter model: Its relation with ICP over a wide age range. **Fluids and Barriers of the CNS**, v. 15, n. 1, p. 1–11, 2018.
- BURMAN, R. et al. Comparing invasive with MRI-derived intracranial pressure measurements in healthy elderly and brain trauma cases: A pilot study. **Journal of Magnetic Resonance Imaging**, v. 50, n. 3, p. 975–981, set. 2019.
- CARDIM, D. et al. Prospective Study on Noninvasive Assessment of Intracranial Pressure in Traumatic Brain-Injured Patients: Comparison of Four Methods. **Journal of Neurotrauma**, v. 33, n. 8, p. 792–802, 2016.
- CARDOSO, E. R.; ROWAN, J. O.; GALBRAITH, S. Analysis of the cerebrospinal fluid pulse wave in intracranial pressure. **Journal of neurosurgery**, v. 59, n. 5, p. 817–21, nov. 1983.
- CHAI, N. C. et al. The Epidemiology of Obesity and Headache: Epidemiology of Obesity. **Headache**, v. 54, n. 2, p. 219–234, 2014.
- CHEDID, K. J.; CHEDID, M. K. The “tract” of history in the treatment of lumbar degenerative disc disease. **Neurosurgical focus**, v. 16, n. 1, p. E7, 2004.
- CHOI, G. et al. Risk of developing seizure after percutaneous endoscopic lumbar discectomy. **Journal of Spinal Disorders and Techniques**, v. 24, n. 2, p. 83–92, 2011.
- CHOI, G. et al. Endoscopic spine surgery. **Journal of Korean Neurosurgical Society**, v. 60, n. 5, p. 485–497, 2017.



- CHOI, Y. J. et al. Propofol infusion associated metabolic acidosis in patients undergoing neurosurgical anesthesia: A retrospective study. **Journal of Korean Neurosurgical Society**, v. 56, n. 2, p. 135–140, 2014.
- CHUI, J. et al. Comparison of propofol and volatile agents for maintenance of anesthesia during elective craniotomy procedures: Systematic review and meta-analysis. **Canadian Journal of Anesthesia**, v. 61, n. 4, p. 347–356, 2014.
- CONTANT, C. F. et al. Intracranial pressure waveform indices in transient and refractory intracranial hypertension. **Journal of neuroscience methods**, v. 57, n. 1, p. 15–25, mar. 1995.
- CZOSNYKA, M. et al. Age dependence of cerebrospinal pressure-volume compensation in patients with hydrocephalus. **Journal of neurosurgery**, v. 94, n. 3, p. 482–6, mar. 2001.
- CZOSNYKA, M. et al. Intracranial pressure: more than a number. **Neurosurgical focus**, v. 22, n. 5, p. E10, 15 maio 2007.
- CZOSNYKA, Z. H. et al. Cerebral autoregulation among patients with symptoms of hydrocephalus. **Neurosurgery**, v. 50, n. 3, p. 526–32; discussion 532-3, mar. 2002.
- DEWANNGAN, N. K. et al. Extent of Decompression of Lumbar Spinal Canal after Endoscopic Surgery. **Journal of neurological surgery. Part A, Central European neurosurgery**, v. 78, n. 6, p. 541–547, nov. 2017.
- DOLK, T.; AUGUSTINI, B. G. Elevated position of the irrigation outflow during arthroscopy: an experimental study. **Arthroscopy : the journal of arthroscopic & related surgery : official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association**, v. 5, n. 2, p. 93–6, 1989.
- ESPOSITO, F.; CAPPABIANCA, P. Neuroendoscopy: General aspects and principles. **World Neurosurgery**, v. 79, n. 2 SUPPL., p. S14.e7-S14.e9, 2013.
- EWING, J. W. et al. Intra-articular pressures during arthroscopic knee surgery. **Arthroscopy : the journal of arthroscopic & related surgery : official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association**, v. 2, n. 4, p. 264–9, 1986.
- FAN, B. J. et al. Intracranial pressure waveform morphology and intracranial adaptive capacity. **American Journal of Critical Care**, v. 17, n. 6, p. 545–554, 2008.
- FILIS, A. K.; AGHAYEV, K.; VRIONIS, F. D. Cerebrospinal fluid and hydrocephalus: Physiology, diagnosis, and treatment. **Cancer Control**, v. 24, n. 1, p. 6–8, 2017.
- FLAVIANO, E.; BELLINI, V. Complication of epiduroscopy: a brief review and case report. **The Korean Journal of Pain**, v. 31, n. 4, p. 296, 2018.
- FLEISCHMAN, D. et al. Cerebrospinal Fluid Pressure Decreases with Older Age. **PLoS ONE**, v. 7, n. 12, p. 1–9, 2012.
- FRIGIERI, G. et al. Analysis of a non-invasive intracranial pressure monitoring method in patients with traumatic brain injury. **Acta Neurochirurgica, Supplementum**, v. 126, p. 107–110, 2018.

- FUJII, T.; MATSUDAIRA, K. Prevalence of low back pain and factors associated with chronic disabling back pain in Japan. **European Spine Journal**, v. 22, n. 2, p. 432–438, 7 fev. 2013.
- FUNARO, V. M. B. de O. et al. (ed.). **Diretrizes para apresentação de dissertações e teses da USP: parte I**. 4ª Edição ed. [s.l.] Universidade de São Paulo. Agência USP de Gestão da Informação Acadêmica, 2020.
- GERLACH, D. A. et al. MRI-derived diffusion parameters in the human optic nerve and its surrounding sheath during head-down tilt. **npj Microgravity**, v. 3, n. 1, p. 1–6, 2017.
- GILL, J.; HEAVNER, J. Visual impairment following epidural fluid injections and epiduroscopy: a review. **Pain Medicine**, v. 6, n. 5, p. 367–374, 2005.
- GRAU, S. et al. The choice of the hypnotic drug (volatile or propofol) for maintenance of anesthesia does not influence surgical conditions during cranioplasty. **J Anaesthesiol Clin Pharmacol.**, v. apr-jun, n. 34(2), p. 172–176, 2018.
- GRIFFITH, B. et al. CSF pressure change in relation to opening pressure and CSF volume removed. **American Journal of Neuroradiology**, v. 39, n. 6, p. 1185–1190, 2018.
- GROCOTT, H. P.; MUTCH, W. A. Epidural anesthesia and acutely increased intracranial pressure. Lumbar epidural space hydrodynamics in a porcine model. **Anesthesiology**, v. 85, n. 5, p. 1086–91, nov. 1996.
- HAMADA, J.; FUJIOKA, S.; USHIO, Y. Clinical investigation of lumbar epidural pressure. **Neurosurgery**, v. 32, n. 5, p. 780–3; discussion 783-4, maio 1993.
- HAMILTON, R. et al. Intracranial pressure pulse waveform correlates with aqueductal cerebrospinal fluid stroke volume. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 113, n. 10, p. 1560–6, nov. 2012.
- HARARY, M.; DOLMANS, R. G. F.; GORMLEY, W. B. Intracranial pressure monitoring—review and avenues for development. **Sensors (Switzerland)**, v. 18, n. 2, p. 3–7, 2018.
- HIGUCHI, H. et al. Effects of Epidural Saline Injection on Cerebrospinal Fluid Volume and Velocity Waveform.pdf. **Anesthesiology**, v. 102, n. 2, p. 285–292, 2005.
- HIJIKATA, S. Percutaneous nucleotomy. A new concept technique and 12 years' experience. **Clinical orthopaedics and related research**, n. 238, p. 9–23, jan. 1989.
- HILBERT, T. et al. [Rare complication after endoscopic discectomy]. **Der Anaesthetist**, v. 63, n. 1, p. 41–6, jan. 2014.
- HILT, H.; GRAMM, H. J.; LINK, J. Changes in intracranial pressure associated with extradural anaesthesia. **British Journal of Anaesthesia**, v. 58, n. 6, p. 676–680, 1986.
- HOSHIDE, R.; FELDMAN, E.; TAYLOR, W. Cadaveric Analysis of the Kambin's Triangle. **Cureus**, 2 fev. 2016.
- HSIAO, M. S. et al. Use of an irrigation pump system in arthroscopic procedures.

**Orthopedics**, v. 39, n. 3, p. e474–e478, 2016.

HU, X. et al. Intracranial pressure pulse morphological features improved detection of decreased cerebral blood flow. **Physiological measurement**, v. 31, n. 5, p. 679–95, maio 2010.

ISHIDA, S. et al. MRI-based assessment of acute effect of head-down tilt position on intracranial hemodynamics and hydrodynamics. **Journal of Magnetic Resonance Imaging**, v. 47, n. 2, p. 565–571, 2018.

JAKOI, A. M. et al. The clinical correlations between diabetes, cigarette smoking and obesity on intervertebral degenerative disc disease of the lumbar spine. **Asian Spine Journal**, v. 11, n. 3, p. 337–347, 2017.

JOH, J. Y. et al. Comparative study of neck pain in relation to increase of cervical epidural pressure during percutaneous endoscopic lumbar discectomy. **Spine**, v. 34, n. 19, p. 2033–2038, 2009.

JORDAN, J.; KONSTANTINOOU, K.; O'DOWD, J. Herniated lumbar disc. **BMJ Clinical Evidence**, v. 3, n. June, p. 1–34, 2009.

KAMBIN, P.; BRAGER, M. D. Percutaneous posterolateral discectomy. Anatomy and mechanism. **Clinical orthopaedics and related research**, n. 223, p. 145–54, out. 1987.

KAMBIN, P.; SAMPSON, S. Posterolateral percutaneous suction-excision of herniated lumbar intervertebral discs. Report of interim results. **Clinical orthopaedics and related research**, n. 207, p. 37–43, jun. 1986.

KIM, D. J. et al. Continuous monitoring of the Monro-Kellie doctrine: Is it possible? **Journal of Neurotrauma**, v. 29, n. 7, p. 1354–1363, 2012.

KIM, K. H. et al. Changes in spinal canal diameter and vertebral body height with age. **Yonsei medical journal**, v. 54, n. 6, p. 1498–504, nov. 2013.

KIM, M. et al. Evolution of spinal endoscopic surgery. **Neurospine**, v. 16, n. 1, p. 6–14, 2019.

KIM, T. K. et al. Neurovascular complications of knee arthroscopy. **American Journal of Sports Medicine**, v. 30, n. 4, p. 619–629, 2002.

KIM, Y. K. et al. Differences in the incidence of symptomatic cervical and lumbar disc herniation according to age, sex and national health insurance eligibility: A pilot study on the disease's association with work. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 10, p. 1–9, 2018.

KIRKNESS, C. J. et al. Intracranial Pressure Waveform Analysis: Clinical and Research Implications. **Journal of Neuroscience Nursing**, v. 32, n. 5, p. 271–277, out. 2000.

KORSE, N. S. et al. Lumbar spinal canal MRI diameter is smaller in herniated disc cauda equina syndrome patients. **PLoS ONE**, v. 12, n. 10, p. 1–12, 2017.

KOS, N.; GRADISNIK, L.; VELNAR, T. A Brief Review of the Degenerative

- Intervertebral Disc Disease. **Medical archives (Sarajevo, Bosnia and Herzegovina)**, v. 73, n. 6, p. 421–424, 2019.
- KRAMER, L. A. et al. Quantitative MRI volumetry, diffusivity, cerebrovascular flow, and cranial hydrodynamics during head-down tilt and hypercapnia: The SPACECOT study. **Journal of Applied Physiology**, v. 122, n. 5, p. 1155–1166, 2017.
- LEE, R. R.; ABRAHAM, R. A.; QUINN, C. B. Dynamic physiologic changes in lumbar CSF volume quantitatively measured by three-dimensional fast spin-echo MRI. **Spine**, v. 26, n. 10, p. 1172–1178, 2001.
- LEE, Y. Y. et al. Optic nerve sheath diameter changes during gynecologic surgery in the Trendelenburg position: comparison of propofol-based total intravenous anesthesia and sevoflurane anesthesia. **Anesthesia and Pain Medicine**, v. 14, n. 4, p. 393–400, 2019.
- LEWANDROWSKI, K.-U. et al. Visual impairment following epidural fluid injections and epiduroscopy: a review. **Pain Medicine**, v. 6, n. 5, p. 367–374, dez. 2005.
- LIN, C. Y. et al. Seizure After Percutaneous Endoscopic Surgery—Incidence, Risk Factors, Prevention, and Management. **World Neurosurgery**, v. 138, p. 411–417, 2020.
- LYONS, M. K.; MEYER, F. B. Cerebrospinal Fluid Physiology and the Management of Increased Intracranial Pressure. **Mayo Clinic Proceedings**, v. 65, n. 5, p. 684–707, 1990.
- MARMAROU, A.; BEAUMONT, A. Physiology of the Cerebrospinal Fluid and Intracranial Pressure. In: WINN, H. (Ed.). **Youmans Neurological Surgery**. Philadelphia: Elsevier Saunders, 2011.
- MARMAROU, A.; SHULMAN, K.; ROSENDE, R. M. A nonlinear analysis of the cerebrospinal fluid system and intracranial pressure dynamics. **Journal of neurosurgery**, v. 48, n. 3, p. 332–44, mar. 1978.
- MARSHALL-GOEBEL, K. et al. Effects of short-Term exposure to head-down tilt on cerebral hemodynamics: A prospective evaluation of a spaceflight analog using phase-contrast MRI. **Journal of Applied Physiology**, v. 120, n. 12, p. 1466–1473, 2016.
- MASCARENHAS, S. et al. The new ICP minimally invasive method shows that the Monro-Kellie doctrine is not valid. **Acta neurochirurgica. Supplement**, v. 114, p. 117–20, 2012.
- METZGER, A. K. et al. Intrathoracic pressure regulation therapy applied to ventilated patients for treatment of compromised cerebral perfusion from brain injury. **Journal of Medical Case Reports**, v. 12, n. 1, p. 1–8, 2018.
- MIRKOVIC, S. R.; SCHWARTZ, D. G.; GLAZIER, K. D. Anatomic considerations in lumbar posterolateral percutaneous procedures. **Spine**, v. 20, n. 18, p. 1965–71, 15 set. 1995.
- MOSCHOS, M. M. et al. Acute visual loss and intraocular hemorrhages associated with endoscopic spinal surgery. **Clinical ophthalmology (Auckland, N.Z.)**, v. 2, n. 4, p. 937–9, dez. 2008.

- MUTHU, S.; RAMAKRISHNAN, E.; CHELLAMUTHU, G. Is Endoscopic Discectomy the Next Gold Standard in the Management of Lumbar Disc Disease? Systematic Review and Superiority Analysis. **Global Spine Journal**, p. 219256822094881, 16 set. 2020.
- OGILVIE-HARRIS, D. J.; WEISLEDER, L. Fluid pump systems for arthroscopy: A comparison of pressure control versus pressure and flow control. **Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery**, v. 11, n. 5, p. 591–595, 1995.
- OREŠKOVIĆ, D.; RADOŠ, M.; KLARICA, M. New Concepts of Cerebrospinal Fluid Physiology and Development of Hydrocephalus. **Pediatric Neurosurgery**, v. 52, n. 6, p. 417–425, 2017.
- PENG, K. et al. Does Propofol Anesthesia Lead to Less Postoperative Pain Compared with Inhalational Anesthesia?: A Systematic Review and Meta-analysis. **Anesthesia and Analgesia**, v. 123, n. 4, p. 846–858, 2016.
- PETERSEN, K. D. et al. ICP is lower during propofol anaesthesia compared to isoflurane and sevoflurane. **Acta Neurochirurgica, Supplement**, v. 81, p. 89–91, 2002.
- PHAN, K. et al. Full-endoscopic versus micro-endoscopic and open discectomy: A systematic review and meta-analysis of outcomes and complications. **Clinical Neurology and Neurosurgery**, v. 154, p. 1–12, 2017.
- ROSS, J. A. et al. Do Arthroscopic Fluid Pumps Display True Surgical Site Pressure During Hip Arthroscopy? **Arthroscopy - Journal of Arthroscopic and Related Surgery**, v. 34, n. 1, p. 126–132, 2018.
- SAHAY, N. et al. Effect of dexmedetomidine on intracranial pressures during laparoscopic surgery: A randomized, placebo-controlled trial. **J Anaesthesiol Clin Pharmacol.**, v. Jul-Sep, n. 34(3), p. 341–346, 2018.
- SAIRYO, K.; CHIKAWA, T.; NAGAMACHI, A. State-of-the-art transforaminal percutaneous endoscopic lumbar surgery under local anesthesia: Discectomy, foraminoplasty, and ventral facetectomy. **Journal of Orthopaedic Science**, v. 23, n. 2, p. 229–236, 2018.
- 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, 2011.
- SHENG, B. et al. Associations between obesity and spinal diseases: A medical expenditure panel study analysis. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 14, n. 2, p. 1–11, 2017.
- SINGH, V.; DERBY, R. Percutaneous lumbar disc decompression. **Pain Physician**, v. 9, n. 2, p. 139–146, 2006.
- SONNTAG, V. K. H.; VOLLMER, D. G.; SHAFFREY, C. I. Overview and Historical Considerations. In: WINN, H. R. (Ed.). **Youmans Neurological Surgery**. 6. ed. Philadelphia: Elsevier, 2011. p. 2695–2699.
- SPONHEIM, S. et al. Effects of 0.5 and 1.0 MAC isoflurane, sevoflurane and

- desflurane on intracranial and cerebral perfusion pressures in children. **Acta Anaesthesiologica Scandinavica**, v. 47, n. 8, p. 932–938, 2003.
- TAIN, R.-W. et al. Determination of cranio-spinal canal compliance distribution by MRI: Methodology and early application in idiopathic intracranial hypertension. **Journal of Magnetic Resonance Imaging**, v. 34, n. 6, p. 1397–1404, dez. 2011.
- TAIN, R.-W.; ALPERIN, N. Intracranial pressure dynamics are not linked to aqueductal cerebrospinal fluid stroke volume. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 114, n. 11, p. 1645, jun. 2013.
- TALKE, P.; CALDWELL, J. E.; RICHARDSON, C. A. Pressure in Nonnocapnic Patients Undergoing Transspbenoidal Hypopbysectomy. **Anesthesiology**, n. 1, p. 127–130, 1999.
- TEIXEIRA, M. J. et al. Failed back surgery pain syndrome: therapeutic approach descriptive study in 56 patients. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 57, n. 3, p. 282–7, 2011.
- TELANO, L. N.; BAKER, S. Physiology, Cerebral Spinal Fluid. **StatPearls (Internet)**. jul 9, 2021
- TRUUMEEES, E. A History of Lumbar Disc Herniation From Hippocrates to the 1990s. **Clinical Orthopaedics and Related Research**, v. 473, n. 6, p. 1885–1895, 2015.
- TUIJTHOF, G. J. M. et al. Comparison of two arthroscopic pump systems based on image quality. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 16, n. 6, p. 590–594, 2008.
- TUIJTHOF, G. J. M.; SIEREVELT, I. N.; VAN DIJK, C. N. Disturbances in the arthroscopic view defined with video analysis. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 15, n. 9, p. 1101–1106, 2007.
- UNNERBÄCK, M.; OTTESEN, J. T.; REINSTRUP, P. ICP curve morphology and intracranial flow-volume changes: a simultaneous ICP and cine phase contrast MRI study in humans. **Acta Neurochirurgica**, v. 160, n. 2, p. 219–224, 2018.
- VILELA, G. H. F. et al. Validation of a new minimally invasive intracranial pressure monitoring method by direct comparison with an invasive technique. **Acta Neurochirurgica, Supplementum**, v. 122, p. 97-100, 2016.
- WHO. **Obesity: Preventing and Managing the Global Epidemic**. Geneva: World Health Organization, 2000.
- WILSON, M. H. Monro-Kellie 2.0: The dynamic vascular and venous pathophysiological components of intracranial pressure. **Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism**, v. 36, n. 8, p. 1338–1350, 2016.
- WU, C. et al. Functional outcomes of full-endoscopic spine surgery for high-grade migrated lumbar disc herniation: a prospective registry-based cohort study with more than 5 years of follow-up. **BMC Musculoskeletal Disorders**, v. 22, n. 1, 2021.
- WU, P. H.; KIM, H. S.; JANG, I. T. Intervertebral disc diseases part 2: A review of the current diagnostic and treatment strategies for intervertebral disc disease.

**International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, n. 6, 2020.

YÖRÜKOĞLU, A. G. et al. Fully endoscopic interlaminar and transforaminal lumbar discectomy: Analysis of 47 complications encountered in a series of 835 patients. **Neurocirugia**, v. 28, n. 5, p. 235–241, 2017.

YU, J. et al. Dexmedetomidine attenuates the increase of ultrasonographic optic nerve sheath diameter as a surrogate for intracranial pressure in patients undergoing robot-assisted laparoscopic prostatectomy. **Medicine**, v. 98, n. 33, p. e16772, ago. 2019.

ZHANG, X. et al. Invasive and noninvasive means of measuring intracranial pressure: a review. **Physiological measurement**, v. 38, n. 8, p. R143–R182, 24 jul. 2017.

## **APÊNDICES**

---



## APÊNDICES

### APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

#### Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

**Título do Protocolo:** Avaliação da pressão intracraniana de forma não invasiva em pacientes submetidos a cirurgia endoscópica percutânea lombar.

##### Investigadores

Dr. André Tosta Ribeiro

Prof. Dr. Marcelo Campos Moraes Amato

Prof. Dr. Ricardo Santos de Oliveira

##### Centro de Pesquisa

Departamento de Neurocirurgia da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FMRP – USP).

Este documento pode conter palavras que você não compreende. Você deve ler este documento com cuidado e perguntar todas as dúvidas, de forma que você possa entender o que significa esta pesquisa. Ao assinar este documento, você estará concordando com a participação na pesquisa.

##### 1-CONVITE PARA PARTICIPAR

Você está sendo convidado a participar como voluntário em um estudo, ou seja, em uma pesquisa clínica. Antes de tomar qualquer decisão, você deve ler este documento, que é chamado de “Termo de Consentimento Livre e Esclarecido”. Ele explica todos os detalhes da pesquisa, o que é esperado de você como voluntário quais os riscos que você pode correr, e quais os benefícios que você pode receber, caso

concorde em participar. O médico irá discutir todos estes detalhes. Você pode se recusar a participar sem que isso seja anotado em qualquer formulário ou tenha qualquer tipo de pena quanto a essa atitude.

Há a garantia de que esclarecimentos sejam prestados antes e durante a pesquisa, assim como o acesso aos resultados da pesquisa uma vez haja o seu consentimento em participar.

##### 2- OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa é obtermos dados a respeito do comportamento da pressão intracraniana de forma indireta, ou seja, com o uso de um dispositivo (sensor) colocado sobre a cabeça por meio de uma cinta, capaz de detectar pequenas variações da pressão de dentro do crânio, durante a cirurgia a ser realizada em sua coluna vertebral, levando-se em consideração a irrigação utilizada, o posicionamento para o procedimento e o tempo de duração da cirurgia. Não haverá cortes ou perfurações na cabeça, tampouco abrasões na pele.

##### 3- RISCOS E POSSÍVEIS COMPLICAÇÕES:

Sensação de dor de cabeça, tonturas, zumbidos, borramento visual ou dores no pescoço de forma momentânea, isto é, duração por alguns minutos após o procedimento em decorrência da irrigação utilizada, que são sintomas já conhecidos, próprios do procedimento cirúrgico ao qual o(a) senhor(a) fará e não relacionados com a instalação do sensor. Não há prejuízo quanto à realização do procedimento, pois em todo o momento haverá o controle pelo cirurgião da região operada.

Não há complicações relacionadas à instalação do sensor; sua fixação se faz por meio de cinta posta ao redor da cabeça, estabilizada por pressão, conforme demonstração pelo pesquisador com o equipamento em mãos no momento da aplicação deste Termo.

De acordo com as leis vigentes no país, caso ocorra danos permanentes à sua saúde relacionados à pesquisa, o(a) senhor(a) tem direito a ser indenizado(a).

##### 4- POSSÍVEIS BENEFÍCIOS DO ESTUDO

Estabelecimento de padrões seguros para irrigação em cirurgias endoscópicas, mantendo-se ótima visão para o cirurgião e conforto ao paciente no pós-operatório imediato.

##### 5- PAGAMENTO POR PARTICIPAÇÃO

Você não receberá qualquer pagamento por sua participação neste estudo.

##### 6- CONFIDENCIALIDADE

Os dados do participante serão mantidos sob sigilo por parte da instituição. No entanto, o médico responsável pelo estudo, e mediante certas circunstâncias, as autoridades de Saúde Brasileira, assim como o Comitê de Ética em Pesquisa poderão inspecionar e ter acesso aos dados confidenciais que identifiquem o paciente pelo nome. Qualquer publicação dos dados não identificará o paciente.

Em qualquer momento você poderá se negar a participar da pesquisa, seja em seu ingresso ou mesmo após a coleta dos dados. Essa informação inclui a revogação de seu consentimento em participar. Não haverá qualquer penalização por essa decisão. Seu tratamento será mantido, sem qualquer prejuízo.

Um Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) é composto por um grupo de pessoas que são responsáveis por supervisionarem pesquisas em seres humanos que são realizadas na instituição e tem a função de proteger e garantir os direitos, a segurança e o bem-estar de todos os participantes de pesquisa que se voluntariam a participar da mesma.

O CEP do Hospital das Clínicas e da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto é localizado no subsolo do hospital e funciona de segunda a sexta-feira, das 8:00 às 17:00, telefone de contato (016) 3602-2228.

#### **7- TELEFONE DE CONTATO E REGISTRO DA PESQUISA**

(11) 2539-0925 ou (11) 99939-8434 – Dr. André Tosta Ribeiro (neurocirurgião e pesquisador).

Registro da pesquisa CONEP Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos.

#### **8- CONSENTIMENTO**

Após o convite à pesquisa intitulada “Avaliação da pressão intracraniana de forma não invasiva em pacientes submetidos a cirurgia endoscópica percutânea lombar.”, feito pelo pesquisador, o(a) senhor(a) informa que:

- leu este documento, denominado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, expresso em linguagem compreensível;
- compreendeu que se trata de um processo de pesquisa e sua participação é voluntária. Não haverá qualquer prejuízo em seu tratamento caso se recuse a participar em qualquer etapa da pesquisa. Caso concorde com a participação, está ciente do comprometimento do pesquisador em divulgar os resultados de sua participação, mediante expressão de interesse;
- compreendeu que haverá indenização segundo as leis nacionais caso aconteça qualquer dano permanente em sua saúde decorrente da pesquisa, não relacionada ao ato cirúrgico, o qual é acompanhado de termo específico para procedimentos invasivos;
- teve a oportunidade de esclarecer dúvidas e discutir suas preocupações com o pesquisador responsável pelo estudo, ciente de que a qualquer momento poderá entrar em contato nos telefones acima para maiores esclarecimentos;
- recebeu do pesquisador a explicação adequada sobre esta pesquisa, e compreendeu os objetivos, o procedimento, os riscos e benefícios envolvidos no estudo;
- recebeu uma via assinada deste documento e rubricada em todas as folhas.

Nome do participante: \_\_\_\_\_ . Assinatura: \_\_\_\_\_ . Data:

Nome do responsável legal: \_\_\_\_\_ . Assinatura: \_\_\_\_\_ . Data:

Nome do pesquisador: \_\_\_\_\_ . Assinatura: \_\_\_\_\_ . Data:

## APÊNDICE B – Modelo de tabela utilizada para coleta dos dados clínicos

Momento da cirurgia	Tempo de vídeo (min)	Fluxo (L/min)	Pressão de irrigação máxima (mmHg)	Pressão de irrigação documentada (mmHg)	Sintomas	Alterações sistêmicas (PA e FC)	Tipo de anestesia (sedação ou geral)	Utilização de quetamina ou outra droga que interfira na PIC (droga utilizada e volume)
canal fechado ou pré-forame								
após laminectomia								
após flavectomia ou acesso transforaminal								
após discectomia								
Final (pós-operatório)		Total de soro						
Final RPA	Horário:		PA:		FC:			
início da cirurgia								
término da cirurgia								

Nome do Paciente \_\_\_\_\_ Idade \_\_\_\_\_ Comorbidades: \_\_\_\_\_

Data da cirurgia \_\_\_\_\_

**APÊNDICE C** – Compilação dos principais dados do estudo a cada indivíduo selecionado.

Compilação de dados do estudo, com caracterização da amostra.

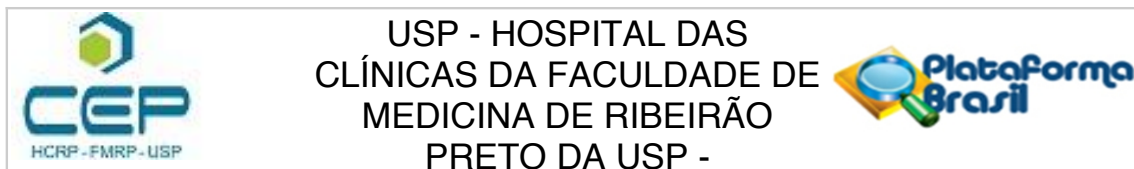
Nº	Sexo	Idade	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	Acesso	Anest	Média de Fluxo (L/min)	Média de Pressão (mmHg)	Tempo de irrigação (min)	Dor
1	M	37	25,1	TF	Sed	0,57	29,3	58	N
2	M	33	31	IL	Ger	0,5	85	101	N
3	M	56	25,3	IL	Ger	0,8	110	140	N
4	M	26	22,4	IL	Ger	0,6	95	100	N
5	F	63	26,3	IL	Ger	0,7	111,25	81	S
6	F	35	29,3	IL	Ger	0,43	85	135	N
7	F	22	21	IL	Ger	0,68	102,5	143	N
8	M	58	35,3	TF	Sed	0,7	138,33	143	N
9	F	55	24,7	IL	Ger	0,68	83,13	90	S
10	F	39	23,5	IL	Ger	0,88	101,88	83	N
11	F	53	24	IL	Ger	0,88	103,13	145	N
12	M	34	35,8	IL	Ger	0,87	102,5	172	N
13	M	93	25,4	IL	Ger	0,57	102,22	145	N
14	F	51	28,7	IL	Ger	0,7	82,5	112	N
15	F	27	20,1	IL	Ger	0,68	88,13	69	N
16	F	39	33,2	IL	Ger	0,68	87,5	101	N
17	F	31	25,9	IL	Ger	0,5	70	66	N
18	M	76	30,4	IL	Ger	0,67	82,5	182	N
19	M	28	27,2	IL	Ger	0,68	87,5	74	N
20	F	45	22,5	IL	Ger	0,7	93,75	71	N
21	M	28	25,6	IL	Ger	0,7	82,5	97	N
22	M	33	35,5	IL	Ger	0,7	68,33	58	N
23	F	32	19,8	IL	Ger	0,7	80,42	98	N
24	F	52	23	IL	Ger	0,58	74,38	151	N
25	F	44	25,4	TF	Sed	0,63	62,5	77	N
26	M	49	28	IL	Ger	0,7	70	94	N
27	M	46	25,8	IL	Ger	0,48	66,67	87	N
28	M	55	24,4	TF	Sed	1,2	88,33	49	N
29	F	42	35	IL	Ger	1,2	85	94	N
30	M	50	26,1	IL	Ger	1,2	87,5	110	N
31	M	47	26,9	TF	Sed	0,86	82,78	42	S

Nº: número do indivíduo do estudo; M: Masculino; F: Feminino; IL: Interlaminar; TF: Transforaminal; Ger: Geral; Sed: Sedação; N: Não; S: Sim. Anest.: Anestesia.

**ANEXOS**

## ANEXOS

## ANEXO A – Parecer Consubstanciado do CEP



## PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

## DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Avaliação da Pressão Intracraniana de Modo Não Invasivo em Indivíduos Submetidos a Cirurgia Endoscópica Percutânea Lombar

**Pesquisador:** ANDRE TOSTA RIBEIRO

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 26388819.1.0000.5440

**Instituição Proponente:** Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

## DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 4.029.811

**Apresentação do Projeto:**

Trata-se de projeto de pesquisa da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, Departamento de Clínica Cirúrgica, Nível: Mestrado, Orientador: Prof. Dr. Ricardo Santos de Oliveira.

## Resumo:

Pacientes com afecções em coluna lombar como hérnias de disco ou estenoses de canal contam atualmente com uma importante ferramenta de tratamento, a endoscopia percutânea lombar. Praticamente não existem diferenças entre a cirurgia aberta e as técnicas endoscópicas, mas vantagens como menores perdas sanguíneas e reduzido tempo de internação. Para a adequada visualização das estruturas a serem abordadas, a infusão de solução salina de forma contínua durante o procedimento se faz necessária e tanto melhor a imagem quanto mais constante for a infusão. Entretanto, relatos de cefaleia, cervicalgia, hipoacusia e parestesias que podem persistir por alguns minutos ou horas após o procedimento são descritos em literatura como complicações menores. Sua fisiopatologia é incerta, embora a relação entre aumento da pressão intracraniana e volume de infusão salina epidural já seja conhecida. Em procedimentos em que se tenha irrigação contínua, a taxa de infusão também influencia no mecanismo de aumento de pressão intracraniana uma vez que o volume epidural pode bloquear o fluxo liquórico

**Endereço:** CAMPUS UNIVERSITÁRIO

**Bairro:** MONTE ALEGRE

**CEP:** 14.048-900

**UF:** SP

**Município:** RIBEIRAO PRETO

**Telefone:** (16)3602-2228

**Fax:** (16)3633-1144

**E-mail:** cep@hcrp.usp.br



USP - HOSPITAL DAS  
CLÍNICAS DA FACULDADE DE  
MEDICINA DE RIBEIRÃO  
PRETO DA USP -



Continuação do Parecer: 4.029.811

por aumento na pressão subaracnóidea. Como sua produção persiste, acarreta-se no aumento da pressão intracraniana (PIC). A pressão epidural tem comportamento linear, enquanto que a outra é exponencial nos pacientes sem lesão

intracraniana. Há diversas formas não invasivas para monitoramento da PIC, existindo

atualmente cinco grandes categorias: dinâmica de fluidos, oftálmicos, óticos, eletrofisiológicos e outros, cuja acurácia demonstra diferença de até 2mmHg para pressões 0-20mmHg e de até 10% para pressões acima de 20mmHg, quando comparado com métodos invasivos. Pesquisadores da Universidade de São Paulo, Brasil, desenvolveram e aprimoraram um dispositivo de medida de pressão intracraniana a partir de seu contato com a pele, mensurando a deformidade da calota por meio de extensômetros embutidos, sendo possível o acesso à curva de pressão intracraniana, o que poderia ser utilizado como método alternativo ao valor absoluto da PIC. Segundo Ballestero et al., seus resultados demonstraram sensibilidade de 80% e especificidade de 100% entre crianças com e sem hidrocefalia aguda quando estudadas as variáveis  $P2 > P1$  e a "classificação  $P1$  e  $P2$ " para hipertensão intracraniana, além de efetiva variação da curva  $P2/P1$  antes e depois da cirurgia ( $p=0,022$ )(10). Esse mesmo dispositivo também foi utilizado em paciente com criptococose e importante aumento da pressão intracraniana. A relação  $P2/P1$  foi avaliada antes e depois das punções lombares, simultaneamente à manometria da punção. Verificou-se a mesma relação  $P2/P1$  descrita anteriormente, concluindo-se de que este seria um bom método não invasivo para monitorização de hipertensão intracraniana por ser seguro, reprodutível em seus resultados e de baixo custo.

Pretendemos realizar estudo descritivo analítico, prospectivo, não experimental com indivíduos submetidos a cirurgia percutânea lombar via endoscópica, excluindo-se aqueles com cirurgias prévias em coluna ou que apresentem quaisquer enfermidades em sistema nervoso central que possa alterar a mensuração da pressão intracraniana, divididos em dois grupos: via transforaminal e via interlaminar. Todos monitorados para pressão arterial, frequências cardíaca e ventilatória, capnografia e oximetria. O fluxo de irrigação inicial e ao longo do procedimento será determinada pelo cirurgião de acordo com as necessidades de visualização usuais para cada situação. As variáveis relacionadas ao comportamento da PIC nas situações com diferentes fluxos de irrigação serão documentadas e posteriormente comparadas para cada paciente e entre os grupos em cinco momentos diferentes: antes da cirurgia, antes da flavectomia, após flavectomia, ao término da discectomia e no pós-operatório. O fluxo de irrigação

e o comportamento da PIC serão documentados se sintomas como cefaléia, cervicalgia, alteração

Endereço: CAMPUS UNIVERSITÁRIO

Bairro: MONTE ALEGRE

CEP: 14.048-900

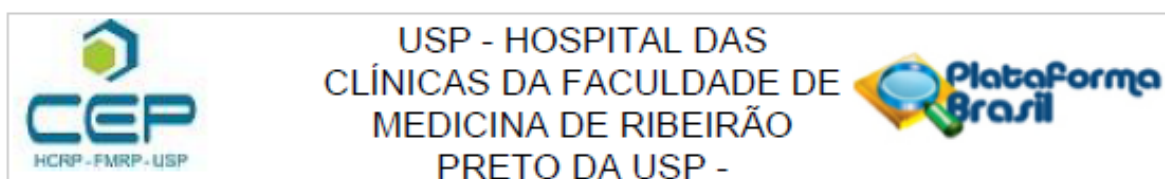
UF: SP

Município: RIBEIRAO PRETO

Telefone: (16)3602-2228

Fax: (16)3633-1144

E-mail: cep@hcrp.usp.br



Continuação do Parecer: 4.029.811

visual e hipoacusia, forem referidos pelos pacientes sob sedação. E também serão documentados caso sejam referidos após os procedimentos dos pacientes submetidos à anestesia geral.

**Objetivo da Pesquisa:**

Objetivo Primário:

Estudar a curva de pressão intracraniana em indivíduos submetidos as cirurgias endoscópicas lombares

Objetivo Secundário:

Avaliação do fluxo de irrigação de solução salina e sua correlação com a PIC Avaliação de grupos mais susceptíveis a sintomas relacionados à infusão contínua de solução fisiológica.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Riscos:

Os riscos aos pacientes são inerentes ao procedimento cirúrgico ao qual será submetido. Por serem cirurgias endoscópicas voltadas para tratamento de hérnia de disco lombar ou canal estreito lombar, os riscos estariam relacionados à irrigação contínua sobre o saco dural, podendo acarretar em: cefaleia, diminuição da acuidade visual, cervicalgia, zumbidos ou tonturas, possivelmente relacionados ao aumento da pressão intracraniana. A irrigação é parte essencial da técnica cirúrgica empregada. Todos de forma transitória. Quanto à instalação do dispositivo de medição de pressão intracraniana não invasivo, não há qualquer dano esperado na pele. Dessa forma, não são acrescentados riscos relacionados à pesquisa não invasiva da pressão intracraniana.

Benefícios:

Possível padronização de fluxo de solução salina para realização de cirurgia, formulação de estratégias para anestesia neuroprotetora aos pacientes submetidos a esse tipo de procedimento, aperfeiçoamento da técnica cirúrgica quanto ao posicionamento dos pacientes e estratégias de controle da PIC no intraoperatório.

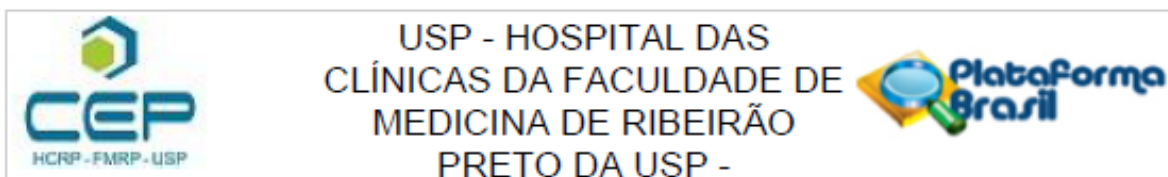
**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Metodologia Proposta:

Estudo descritivo analítico, prospectivo, não experimental. Serão estudados indivíduos submetidos a cirurgia percutânea lombar via endoscópica, excluindo-se aqueles com cirurgias prévias em coluna ou que apresentem quaisquer enfermidades em sistema nervoso central que possa alterar a mensuração da pressão intracraniana. 1º grupo: pacientes sob sedação e decúbito ventral, submetidos a cirurgia endoscópica lombar por via transforaminal 2º grupo: pacientes sob anestesia geral e decúbito ventral,

Endereço: CAMPUS UNIVERSITÁRIO  
 Bairro: MONTE ALEGRE CEP: 14.048-000  
 UF: SP Município: RIBEIRAO PRETO  
 Telefone: (16)3802-2228 Fax: (16)3833-1144 E-mail: cep@hcrp.usp.br





Continuação do Parecer: 4.029.811

submetidos a cirurgia endoscópica lombar por via interlaminar. Todos os pacientes estarão monitorizados continuamente para pressão arterial, frequências cardíaca e ventilatória, capnografia e oximetria. Para cada paciente, será disponibilizado o sensor extracraniano de deformação, capaz de detectar pequenas variações do crânio, desenvolvido e patenteado pelo IFSC-USP, constituído por um extensômetro conectado por fios a um computador que gera uma curva em tempo real da PIC. O aparelho tem seu acoplamento sobre o couro cabeludo, com ajuda de faixa elástica, em região frontotemporal esquerda, sem a necessidade de qualquer preparo ou tricotomia. Para o registro da curva PIC, será utilizado o hardware Braincare® 2.0 com software próprio (Braincare® 2014.02) de aquisição para digitalização dos registros obtidos por deformação (no micro sensor extracraniano proposto). Será realizada a análise das seguintes variáveis: P2/P1, classificação P1 e P2, inclinação de P1 a cada variação fluxo de soro fisiológico sobre o saco dural durante o procedimento cirúrgico. O fluxo de irrigação inicial e ao longo do procedimento será determinada pelo cirurgião de acordo com as necessidades de visualização usuais para cada situação. As variáveis relacionadas ao comportamento da PIC nas situações com diferentes fluxos de irrigação serão documentadas e posteriormente comparadas para cada paciente e entre os grupos em cinco momentos diferentes: antes da cirurgia, antes da flavectomia, após flavectomia, ao término da discectomia e no pós-operatório. O fluxo de irrigação e o comportamento da PIC serão documentados se sintomas como cefaléia, cervicalgia, alteração visual e hipoacusia, forem referidos pelos pacientes sob sedação. E também serão documentados caso sejam referidos após os procedimentos dos pacientes submetidos à anestesia geral.

**Critério de Exclusão:**

Pacientes com cirurgias prévias em coluna ou que apresentem quaisquer enfermidades em sistema nervoso central que possa alterar a mensuração da pressão intracraniana.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Os termos foram corrigidos de acordo com o parecer emitido pelo CEP.

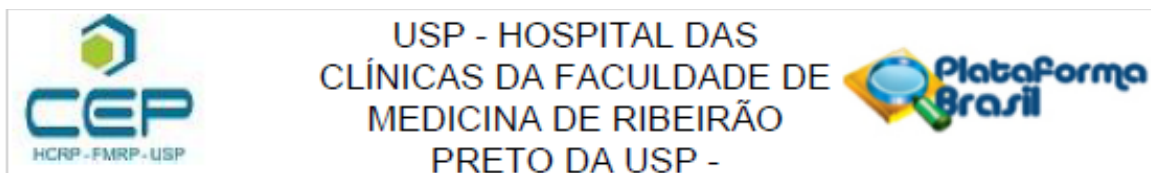
**Recomendações:**

Não há.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Diante do exposto e à luz da Resolução CNS 466/2012, o projeto de pesquisa, assim como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido Versão 2 – de 13/04/2020, podem ser enquadrados

Endereço: CAMPUS UNIVERSITÁRIO  
 Bairro: MONTE ALEGRE CEP: 14.048-900  
 UF: SP Município: RIBEIRAO PRETO  
 Telefone: (16)3802-2228 Fax: (16)3833-1144 E-mail: cep@hcrp.usp.br



Continuação do Parecer: 4.029.811

na categoria APROVADO.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Projeto Aprovado: Tendo em vista a legislação vigente, devem ser encaminhados ao CEP, relatórios parciais anuais referentes ao andamento da pesquisa e relatório final ao término do trabalho. Qualquer modificação do projeto original deve ser apresentada a este CEP em nova versão, de forma objetiva e com justificativas, para nova apreciação.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1355377.pdf	15/04/2020 21:03:19		Aceito
Outros	Carta_CEP.pdf	13/04/2020 19:15:37	ANDRE TOSTA RIBEIRO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_Consentimento_versao_2.pdf	13/04/2020 19:14:57	ANDRE TOSTA RIBEIRO	Aceito
Outros	Declaracao_vinculo.pdf	30/11/2019 13:04:46	ANDRE TOSTA RIBEIRO	Aceito
Outros	Declaracao_de_emprestimo.pdf	30/11/2019 13:03:14	ANDRE TOSTA RIBEIRO	Aceito
Orçamento	UPC.pdf	30/11/2019 13:00:16	ANDRE TOSTA RIBEIRO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_de_pesquisa_revisado_pelo_professor.doc	30/11/2019 12:58:50	ANDRE TOSTA RIBEIRO	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto_final.pdf	30/11/2019 12:57:38	ANDRE TOSTA RIBEIRO	Aceito
Orçamento	Orcamento_novo.pdf	24/05/2019 22:06:34	ANDRE TOSTA RIBEIRO	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

Endereço: CAMPUS UNIVERSITÁRIO  
 Bairro: MONTE ALEGRE CEP: 14.048-900  
 UF: SP Município: RIBEIRAO PRETO  
 Telefone: (16)3602-2228 Fax: (16)3633-1144 E-mail: cep@hcrp.usp.br



USP - HOSPITAL DAS  
CLÍNICAS DA FACULDADE DE  
MEDICINA DE RIBEIRÃO  
PRETO DA USP -



Continuação do Parecer: 4.029.811

RIBEIRAO PRETO, 15 de Maio de 2020

---

Assinado por:  
**MARCIA GUIMARÃES VILLANOVA**  
(Coordenador(a))

Endereço: CAMPUS UNIVERSITÁRIO

Bairro: MONTE ALEGRE

CEP: 14.048-900

UF: SP

Município: RIBEIRAO PRETO

Telefone: (16)3802-2228

Fax: (16)3833-1144

E-mail: cep@hcrp.usp.br

**ANEXO B – Declaração de empréstimo de equipamento para pesquisa**

São Carlos, 24 de junho de 2019

**DECLARAÇÃO DE EMPRÉSTIMO DE EQUIPAMENTO PARA PESQUISA**

A empresa Braincare Desenvolvimento e Inovação Tecnológica S.A., CNPJ: 19.614.974/0001-93, informa que irá ceder, sob forma de empréstimo, os equipamentos listados abaixo, para a realização da pesquisa intitulada "Avaliação da pressão intracraniana de modo não invasivo em indivíduos submetidos a cirurgia endoscópica percutânea lombar", sob a responsabilidade do pesquisador André Tosta Ribeiro a ser realizada no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - USP.

A equipe de pesquisa prontificar-se-a a devolver os equipamentos íntegros, após o término da pesquisa e dar os devidos créditos à empresa Braincare Desenvolvimento e Inovação Tecnológica SA em eventuais publicações científicas. Salientamos que tal empréstimo é livre de custo tanto para a equipe de pesquisa quanto para o Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - USP.

No entanto, no caso de perda, furto, roubo ou quebra devido ao mal uso dos equipamentos emprestados, a Braincare deverá ser reembolsada, pelo pesquisador e/ou pelo Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, conforme valores de reposição indicados abaixo.

Informamos também que a empresa não possui qualquer envolvimento no desenho e na condução do estudo, sendo que todos os dados e resultados são de inteira responsabilidade da equipe de pesquisa.

Lista de Equipamentos Braincare emprestados e valores de reposição:

- 2 SENSORES PICNI2000 (com fio) - Valor Unitário: R\$ 13.670,00
- 1 MONITOR 2.0 3 CANAIS (USO CLÍNICO) - Valor Unitário: R\$ 29.371,00
- 1 MÓDULO ADAPTADOR - Valor Unitário: R\$ 975,00
- 1 CONJUNTO DE BANDAS DE FIXAÇÃO NOS TAMANHOS (PP, P, M, G, GG)- Valor Unitário: R\$ 1.250,00 (R\$ 250,00 cada tamanho)
- 1 CREMALHEIRA AJUSTÁVEL - R\$ 250,00
- 1 MALETA PRETA - R\$ 1.500,00

Observação:

preços base São Paulo com ICMS 18% incluso.

IPI de 2% não incluído.

Para deferimento,

Gustavo Henrique Frigieri Vilela  
Diretor Científico

**ANEXO C – Declaração de ausência de vínculo com a Brain4Care**



## Declaração

Declaro para os devidos fins que a empresa Braincare Desenvolvimento e Inovação Tecnológica S.A. não possui relações de interesse comercial ou empresarial com os pesquisadores Matheus Fernando Manzolli Ballesteri, Marcelo Campos Moraes Amato, André Tosta Ribeiro e Ricardo Santos de Oliveira.

Sem mais,

São Paulo, 10 de setembro de 2019.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Gustavo Frigieri", written over a horizontal line.

Gustavo Frigieri  
Diretor Científico  
Braincare Desenvolvimento e Inovação Tecnológica S.A.

## ANEXO D – Envio de artigo do mestrado para publicação

17/04/2021

E-mail de Universidade de São Paulo - Fwd: A manuscript number has been assigned: WNS-21-1868



André Tosta Ribeiro &lt;dr\_atr@usp.br&gt;

---

**Fwd: A manuscript number has been assigned: WNS-21-1868**


---

André Ribeiro <dr\_atr@icloud.com>  
 Para: André Tosta Ribeiro <dr\_atr@usp.br>

17 de abril de 2021 14:21

André Tosta Ribeiro  
 Neurocirurgião

Início da mensagem encaminhada:

**De:** World Neurosurgery <em@editorialmanager.com>  
**Data:** 16 de abril de 2021 11:28:25 BRT  
**Para:** André Tosta Ribeiro <dr\_atr@icloud.com>  
**Assunto:** A manuscript number has been assigned: WNS-21-1868  
**Responder A:** World Neurosurgery <support@elsevier.com>

Ms. Ref. No.: WNS-21-1868

Title: Can anesthetic drugs prevent adverse effects during full-endoscopic spine surgery? Non-invasive intracranial pressure profile in 31 patients submitted to full-endoscopic spine surgery  
 World Neurosurgery

Dear André Tosta,

Your submission entitled "Can anesthetic drugs prevent adverse effects during full-endoscopic spine surgery? Non-invasive intracranial pressure profile in 31 patients submitted to full-endoscopic spine surgery" has been assigned the following manuscript number: WNS-21-1868.

You may check on the progress of your paper by logging in, as an author, to Elsevier's Editorial System. The URL is <https://www.editorialmanager.com/worldneurosurgery/>.

Your username is: dr\_atr  
 If you need to retrieve password details,  
 please go to: <https://www.editorialmanager.com/worldneurosurgery/l.asp?i=1264681&i=U2V1GWAI>

Thank you for your support of WORLD NEUROSURGERY!

Sincerely,

Edward C. Benzel, M.D.  
 Editor-in-Chief  
 World Neurosurgery

#AU\_WORLDNEUROSURGERY#

In compliance with data protection regulations, you may request that we remove your personal registration details at any time. (Use the following URL: <https://www.editorialmanager.com/worldneurosurgery/login.asp?a=r>). Please contact the publication office if you have any questions.