



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE BIOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS



ELAYNE CRISTINA DE OLIVEIRA RIBEIRO

**AVALIAÇÃO RADIOLÓGICA DO FORAME MAGNO NAS MALFORMAÇÕES
CRANIOVERTEBRAIS**

Recife
2023

ELAYNE CRISTINA DE OLIVEIRA RIBEIRO

**AVALIAÇÃO RADIOLÓGICA DO FORAME MAGNO NAS MALFORMAÇÕES
CRANIOVERTEBRAIS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de doutora em Ciências Biológicas.

Área de concentração: Sistemas biológicos.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Moraes Valença

Coorientador: Prof. Dr. Eulâmpio José da Silva Neto

Recife

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Ribeiro, Elayne Cristina de Oliveira

Avaliação radiológica do forame magno nas malformações craniovertebrais / Elayne Cristina de Oliveira Ribeiro – 2023.

82 f. : il., fig., tab.

Orientador: Marcelo Moraes Valença

Coorientador: Eulâmpio José da Silva Neto

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Biociências. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Recife, 2023.

Inclui referências e anexos.

1. Ressonância magnética 2. Forame Magno 3. Malformação de Chiari
I. Valença, Marcelo Moraes (orient.) II. Silva Neto, Eulâmpio José da
(coorient.) III. Título

538.36

CDD (22.ed.)

UFPE/CB – 2023 -244

Elaborado por Elaine C Barroso - CRB-4/1728

ELAYNE CRISTINA DE OLIVEIRA RIBEIRO

**AVALIAÇÃO RADIOLÓGICA DO FORAME MAGNO NAS MALFORMAÇÕES
CRANIOVERTEBRAIS**

Tese apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Ciências
Biológicas da Universidade Federal
de Pernambuco, como requisito
parcial para obtenção do título de
Doutora em Ciências Biológicas.

Aprovada em: 31/07/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcelo Moraes Valença (Presidente)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Carolina Peixoto Magalhães (Examinadora Externa)
Centro Acadêmico de Vitória - Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Maurus Marques de Almeida Holanda (Examinador Externo)
Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. Eulâmpio José da Silva Neto (Examinador externo)
Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. José Jailson Costa do Nascimento (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

De forma incondicional agradeço aos meus pais e minhas irmãs por estarem sempre ao meu lado apoiando os meus sonhos, acreditando no meu potencial e me guiando pelos caminhos assertivos da minha jornada pessoal e profissional.

Ao meu orientador, Professor Doutor Marcelo Moraes Valença, pela sensibilidade, tato e incentivo. Este profissional polímata é também exemplo de espírito de liderança e ética, oferecendo aos seus orientandos as principais ferramentas e bases da metodologia científica. Agradeço a oportunidade de ingressar no Grupo Avanços em Neurocirurgia que proporcionou o meu desenvolvimento como pesquisadora.

Aos Professores Doutores Eulâmpio José da Silva Neto e José Jailson Costa do Nascimento pelo companheirismo, parceria e incentivo diário na anatomia. O Professor Eulâmpio Neto sempre esteve nas orientações dos meus trabalhos/pesquisas, desde o primeiro resumo para congresso até o doutorado, sendo a figura mais representativa na minha formação profissional e a quem considero autoridade máxima na Anatomia Humana.

Agradecimento especial ao Grupo de Ensino e Pesquisa em Imaginologia (NEPI), que vem fornecendo os materiais para as minhas pesquisas. Ao Professor Doutor Severino Aires de Araújo Neto pela oportunidade de fazer parte do NEPI, desde a minha graduação, mestrado e finalizando o ciclo com o doutorado. O material cedido pelo NEPI foi fundamental para a construção desta tese.

Ao Doutor Daniel Pereira Maurício de Barros, membro do NEPI, pela amizade, contribuições no campo da estatística e o olhar cirúrgico nas correções dos artigos.

Por fim, agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por apoiar essa pesquisa. E ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco (PPGCB) pela assistência, prontidão e apoio.

“O homem é apenas o produto de uma evolução milenar ainda inacabada”

(Darwin, 1979)

RESUMO

O forame magno (FM) tem um importante papel no diagnóstico radiológico e tratamento cirúrgico na invaginação basilar tipo B (IB) e Malformação de Chiari I (MCI). Além disso, o FM dá passagem para importantes estruturas neurovasculares e o líquido cefalorraquidiano. Este estudo teve como objetivo analisar as alterações que ocorrem no FM na IB, MCI e ambas. A amostra foi composta por 161 ressonâncias magnéticas (RM) de adultos, sendo 37 controles selecionados de forma aleatória e indivíduos com malformações (IB=31; MCI=37 e MCI+IB=56) por conveniência. As RMs foram analisadas no software de visualização Osirix versão 3.8.2. Foram realizadas mensurações lineares, angulares e área no FM. Utilizamos Anova univariada seguida do teste post-hoc de Tukey para avaliar a diferença entre médias das variáveis quantitativas entre os agrupamentos. O grupo MCI+IB feminino teve maiores dimensões de comprimento ($p=0,02$) e largura ($p<0,001$) do FM. Na IB e MCI+IB de ambos os sexos tiveram um FM com anteriorização e obliquidade da margem anterior ($p<0,001$). Os ângulos do FM na IB e MCI+IB em ambos os sexos apresentam uma maior abertura (inclinação) do FM ($p<0,001$). Na MCI e MCI+IB de ambos os sexos foi observado um FM com área superlotada e consequente redução do espaço liquórico ($p<0,001$). A obliquidade e inclinação do FM são características da presença da IB evidenciadas pela perda óssea e elevação da margem anterior do FM. A MCI reduz o espaço liquórico pela superlotação das estruturas nervosas no FM. Na MCI+IB ambos os eventos estão presentes de forma acentuada comprometendo ainda mais o espaço do FM.

Palavras-chave: Forame magno; Ressonância magnética; Invaginação basilar; Malformação de Chiari I.

ABSTRACT

The foramen magnum (FM) has a crucial role in the radiological diagnosis and surgical management of basilar invagination (BI) and Chiari I (CMI). Additionally, the FM serves as a conduit for neurovascular structures important and cerebrospinal fluid. This study aimed to analyze the alterations that occur in the FM in BI, CMI and both conditions. The sample consisted of 161 magnetic resonance imaging (MRI) from adults, with 37 randomly selected control participants and patients with BI = 31, CMI = 37, and both conditions (CMI+BI = 56) recruited for convenience. The MRIs were analyzed using the visualization software Osirix version 3.8.2. Linear, angular and area measurements were performed on the FM. The univariate Anova followed by Tukey's post-hoc test was applied to evaluate the difference between the groups. The female CMI+BI group showed greater length ($p=0.02$) and width ($p<0.001$) dimensions of the FM. In BI and CMI+BI groups of both sexes, there was an anteriorization and obliquity of the anterior margin of the FM ($p<0.001$). The angles of the FM in the BI and CMI+BI in both sexes showed a greater opening (inclination) of the FM ($p<0.001$). In CMI and CMI+BI groups in both sexes, an overcrowded FM with consequent reduction in cerebrospinal fluid space was observed ($p<0.001$). The obliquity and inclination of the FM are characteristics of BI, as evidenced by hypoplasia and elevation of the anterior margin of the FM. CMI reduces the cerebrospinal fluid space due to overcrowding of neural structures in the FM. In CMI+BI, both events are presents and significantly accentuated, further compromising the space of the FM.

Keywords: Foramen magnum; Magnetic resonance; Basilar invagination; Chiari I malformation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	As quatro partes do osso occipital e o FM.	15
Figura 2 -	Apresentação dos formatos do FM.	16
Figura 3 -	Componentes ósseos da JCV.	19
Figura 4 -	Alterações na base do crânio nas malformações da JCV.	20
Figura 5 -	Medidas clássicas para o diagnóstico radiológico das malformações da JCV nos agrupamentos.	22
Figura 6 -	Apresentação da IB do tipo B.	23
Figura 7 -	Alguns casos graves da projeção do dente do áxis na IB e MCI+IB da amostra.	24
Figura 8 -	Alguns casos graves de herniação das tonsilas cerebelares na MCI e MCI+IB da amostra.	26
Figura 9 -	Primeira ilustração da base do crânio sugestiva para IB e platibasia comparada à crânios com alterações de base (vista inferior).	27
Figura 10 -	Corte sagital da ilustração de Ackerman (imagem editada) comparado ao crânio com platibasia.	27
Figura 11 -	Mensuração do IC na RM.	29
Figura 12 -	Comparação de uma cabeça hiperbraquicefálica (perfil largo) e dolicocefálica (perfil estreito)	29
Figura 13 -	Linha real e relativa do FM.	58
Figura 14 -	Área de ocupação do FM nos grupos.	59
Figura 15 -	Espaço liquórico do FM nos diferentes grupos.	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Variedade de classificação dos formatos do FM na literatura.	17
Tabela 2 -	Classificação morfológica do FM.	61
Tabela 3 -	Medidas lineares do FM.	62
Tabela 4 -	Medidas angulares e áreas do FM.	63

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

BI	Basilar invagination
CMI	Chiari I Malformation
CMI+BI	Chiari I Malformation associated with Basilar invagination
CSF	Cerebrospinal fluid
IB	Invaginação basilar
IC	Índice craniano
FM	Forame magno
JCV	Junção craniovertebral
MCI	Malformação de Chiari do tipo I
MRI	Magnetic resonance imaging
RM	Imagem de ressonância magnética

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVO	14
2.1	OBJETIVO GERAL	14
2.2	OBJETIVO ESPECÍFICOS	14
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
3.1	ASPECTOS MORFOLÓGICOS DO FORAME MAGNO	15
3.2	AS MALFORMAÇÕES DA JUNÇÃO CRANIOVERTEBRAL	18
3.2.1	Anatomia da junção craniovertebral	18
3.2.2	Diagnóstico e classificação da Invaginação basilar e Chiari I	21
3.3	A INVAGINAÇÃO BASILAR DO TIPO B NO CONTEXTO REGIONAL	27
3.3.1	Relação da Invaginação basilar com o fenótipo braquicefálico	28
3.4	CONSIDERAÇÕES CLÍNICAS E CIRÚRGICAS DO FORAME MAGNO NAS MALFORMAÇÕES DA JUNÇÃO CRANIOVERTEBRAL	30
4	REFERÊNCIAS	
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
5.1	ARTIGO 1	40
	FOLHA DE ROSTO	40
	INTRODUÇÃO	41
	MATERIAIS E MÉTODOS	41
	RESULTADOS	45
	DISCUSSÃO	49
	REFERÊNCIAS	
5.2	ARTIGO 2	64
6	SÚMULA CURRICULAR	72
	ANEXO A. JUSTIFICATIVA DA AUSÊNCIA DO TCLE	81
	ANEXO B. CARTA DE ANUÊNCIA DA CLÍNICA RADIOLÓGICA DE PATOS	82

1. INTRODUÇÃO

As malformações da junção craniovertebral (JCV) acomete o complexo ósseo formado pelo crânio e a coluna vertebral, sendo os componentes afetados a base do crânio (osso occipital) e as duas primeiras vértebras cervicais o atlas e eixo (Ravikanth; Majumdar, 2021; Smith *et al.*, 2010). O forame magno (FM) faz parte do osso occipital, se configura na abertura central da fossa craniana posterior, estando, portanto, no centro das alterações. Além disto, tem a sua importância como via de passagem para estruturas neurovasculares, com localização estratégica para a comunicação entre o espaço intracraniano e o canal vertebral (Standring, 2010).

A invaginação basilar do tipo B (IB) e a Malformação de Chiari tipo I (MCI) são malformações da JCV que envolvem diferentes estruturas anatômicas. A IB tipo B apresenta uma alteração dos componentes anteriores da JCV, basioccipital e dente do eixo (Goel, 2009; Smoker, 1994). Enquanto a MCI é marcada pela herniação das tonsilas cerebelares no FM em direção ao canal vertebral (Aboulezz *et al.*, 1985; Mcclugage; Oakes, 2019). Desta forma, podemos entender a importante participação morfológica do FM nas malformações da JCV, pois enquanto na IB existe um impacto direto na conformação do FM (Smith *et al.*, 2010; Smoker, 1994), na MCI, as tonsilas cerebelares podem interromper parcialmente o fluxo do líquido cefalorraquiano (Botelho *et al.*, 2020).

Além disso, o FM é um marco anatômico utilizado nas medidas radiológicas para o diagnóstico da IB e MCI (Amaral *et al.*, 2004). Nos achados de imagens através da tomografia computadorizada e/ou ressonância magnética (RM), a IB e MCI podem se apresentar isoladas ou associadas (Brito *et al.*, 2019; Pinter; Mcvige; Mechtler, 2016). Nas investigações clínicas, os indivíduos podem ser assintomáticos ou apresentar sintomas clínicos diversos, sendo uma das principais queixas a cefaleia occipital ou suboccipital (Donnally III *et al.*, 2023). Já no tratamento cirúrgico das malformações da JCV, quando indicadas, as cirurgias descompressivas ocorrem no FM (Klekamp, 2015; Smith *et al.*, 2010).

Sendo assim, as alterações do FM impactam em estruturas com funções vitais. Entender as alterações morfométricas e o comportamento do FM nessas malformações podem contribuir para elucidar lacunas na sua fisiopatologia. Para

tanto, o presente estudo buscou apresentar uma descrição morfológica do FM e estruturas próximas da JCV e verificou as principais alterações que acometem essa região, através de medidas morfométricas nos grupos com MCI isolada, IB isolada e associada à MCI. Ademais, as malformações da JCV já vêm sendo discutidas, especialmente no estado da Paraíba (Frade et al., 2017; Silva et al., 1994). Com associação ao tipo de crânio braquicefálico desta população (Nascimento et al., 2018). O que reforça a importância desta pesquisa no contexto regional.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar as alterações morfométricas que ocorrem no FM na IB e MCI com e sem associação.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

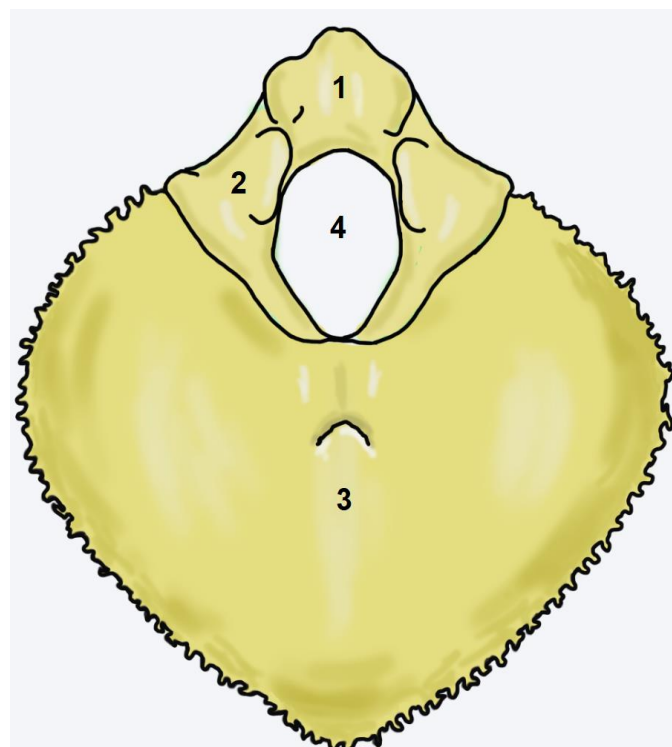
- Descrever as alterações morfológicas do FM e estruturas sintópicas envolvidas nessas malformações;
- Comparar os parâmetros morfométricos do FM entre os grupos;
- Descrever os diferentes graus de ocupação das estruturas nervosas na área do FM e relacionar a perda do espaço liquórico entre os grupos.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 ASPECTOS MORFOLÓGICOS DO FORAME MAGNO

O FM é formado pelas quatro partes do osso occipital (basioccipital, exoccipitais e escama do occipital), este osso constitui a maior parte da base do crânio. A parte anterior do occipital é o (basioccipital) que junto ao osso esfenóide formam o clivo; as partes laterais (exoccipitais) contêm os côndilos occipitais que se articulam com a primeira vértebra cervical (atlas) e a parte posterior é a escama do occipital (Fig. 1). O FM é uma abertura mediana na base do crânio, que permite a comunicação da cavidade craniana com o canal vertebral. Além de limitar a medula espinal superiormente e o bulbo inferiormente, serve para a passagem da parte espinal do nervo acessório e das artérias vertebrais (Standring, 2010).

Figura 1 - As quatro partes do osso occipital e o FM.

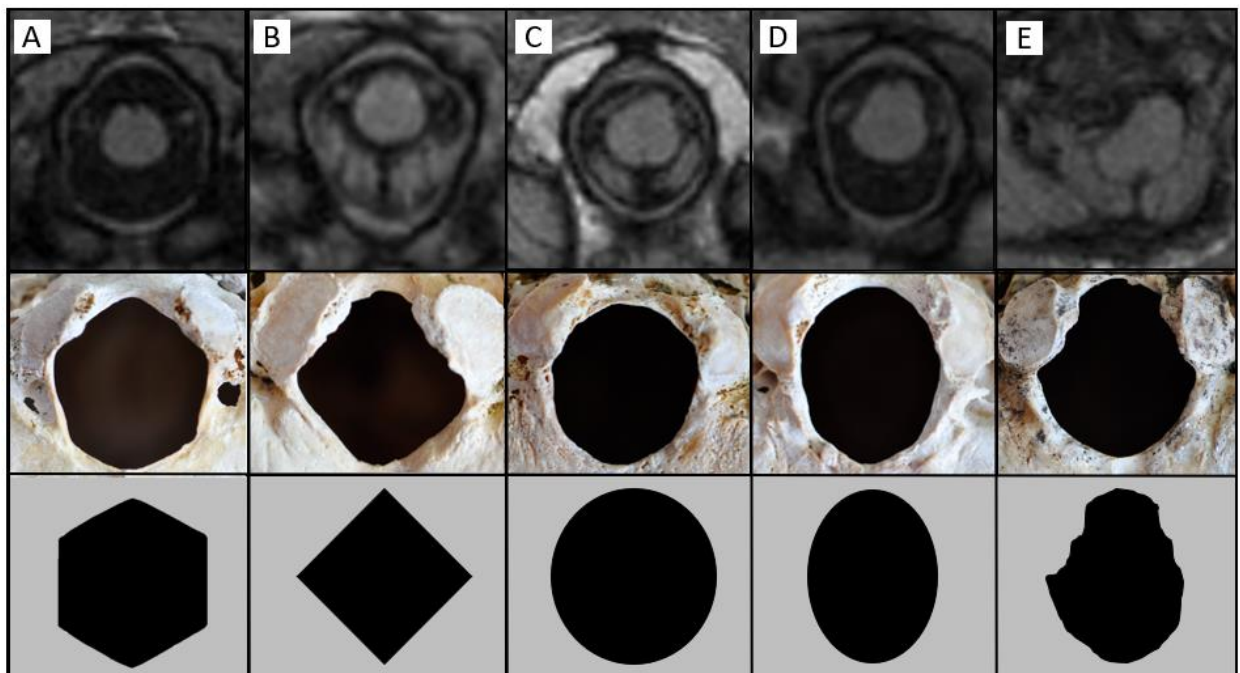


Legenda: Vista inferior das partes do osso occipital que circundam o FM. 1. Basioccipital; 2. Exoccipitais; 3. Escama do occipital; 4. FM. Fonte: A autora (2022).

O FM é maior forame do crânio, o seu formato é geralmente oval (Kazi; Nadaf; Gai, 2014; Kumar; Dave; Anwar, 2015) ou redondo (Chethan *et al.*, 2012; Edwards *et al.*, 2013). Apesar do formato do FM ser uma variável frequentemente investigada nos estudos, não existe um consenso na literatura sobre a sua classificação (Tabela 1).

A quantidade de formatos do FM pode variar em torno de 4 a 9 tipos e geralmente são formatos geométricos. Os tipos presentes em todos os estudos são o oval e redondo. Contudo, variados formatos também podem ser encontrados como: semicírculos, tetrágono, pentágono, hexágono (Govsa *et al.*, 2011; Natsis *et al.*, 2013). Até mesmo formatos não poligonais: irregular, rombóide, pera e ovo (Natsis *et al.*, 2013). Nesta pesquisa, classificamos o FM de acordo com os formatos geométricos mais comuns encontrados em estudos em crânios, RM e tomografia computadorizada (Fig.2).

Figura 2 - Apresentação dos formatos do FM.



Legenda: Formatos do FM em diferentes representações: RM, crânio e diagrama. A. Formato hexágono; B. Losango; C. Redondo; D. Oval e E. Irregular. Fonte: NEPI/UFPB; Dmorf/UFPB e a autora (2021).

Tabela 1 - Variedade de classificação dos formatos do FM na literatura.

Estudo	Grupos	N	Formato do FM														
			Oval	Ovo	Redond o	AR	Losang o	Tetr.	Pent.	Hex.	Hept.	DSC	Biconve xo	Rombói de	Pera	Irregular	NC
Presente estudo	RM	161	22 13,6%	-	29 18%	-	59 36,6%	-	-	41 25,4%	-	-	-	-	-	10 6,2%	-
(Kumar; Dave; Anwar, 2015)	Crânio	36	18 50%	-	7 20%	-	-	2 6%	-	3 8%	-	-	-	-	-	6 16%	-
(Kazi; Nadaf; Gai, 2014)	Crânio	100	39 39%	-	28 28%	-	-	19 19%	14 14%	-	-	-	-	-	-	-	-
(Murshed; Çiçekcibaşı; Tuncer, 2003)	TC	110	9 8,1%	7 6,3%	24 21,8%	-	-	14 12,7%	15 13,6%	19 17,2%	-	-	-	-	-	12** 10,9% 10* 9,1%	-
(Furtado <i>et al.</i> , 2010)	RM	42	7 16,6%	5 11,9%	4 9,5%	-	-	7 16,6%	4 9,5%	9 21,4%	-	-	-	-	-	6 14,2%	-
(Edwards <i>et al.</i> , 2013)	TC	250	61 24,4%	8 3,2%	65 26%	-	-	11 4,4%	21 8,4%	41 16,4%	-	-	-	-	-	31** 12,4%	12 4,8%
(Chethan <i>et al.</i> , 2012)	Crânio	53	8 15,1%	10 18,9%	12 22,6%	-	-	10 18,9%	2 3,8%	3 5,6%	-	-	-	-	-	8 15,1%	-
(Govsa <i>et al.</i> , 2011)	Crânio	352	30 7,9%	52 13,7%	15 3,9%	-	-	97 25,6%	16 4,2%	63 16,6%	-	88 23,2%	-	-	-	17 4,5%	-
(Göçmez <i>et al.</i> , 2014)	TC	101	15 14,9%	15 14,9%	19 18,8%	-	-	11 10,9%	9 8,9%	14 13,9%	-	18 17,8%	-	-	-	4 4,0%	-
(Natsis <i>et al.</i> , 2013)	Crânio	143	21 14,7%	30 21,0%	2 1,4%	-	-	-	-	-	-	37 25,9%	-	20 14,0%	32 22,4%	1 0,7%	-
(Aragão, 2014)	Crânio	110	6 5,4%	-	-	17 15,4%	-	12 10,9%	3 2,7%	10 9,1%	2 1,8%	-	12 10,9%	-	41 37,3%	-	7 6,4%

AR = arredondado; DSC = dois semicírculos; NC = não classificado; **Irregular do tipo A; *Irregular do tipo B.

O FM é uma estrutura variável e a sua descrição morfométrica tem sido útil para caracterizar algumas populações, a fim de agregar dados para procedimentos cirúrgicos, a exemplo do estudo do FM na população indiana (Kazi; Nadaf; Gai, 2014); grega (Natsis *et al.*, 2013); Brasileira, inclusive no Nordeste do Brasil (Lucena *et al.*, 2019). Bem como estabelecendo comparações do formato e as dimensões do FM entre populações de diferentes países (Zdilla *et al.*, 2017).

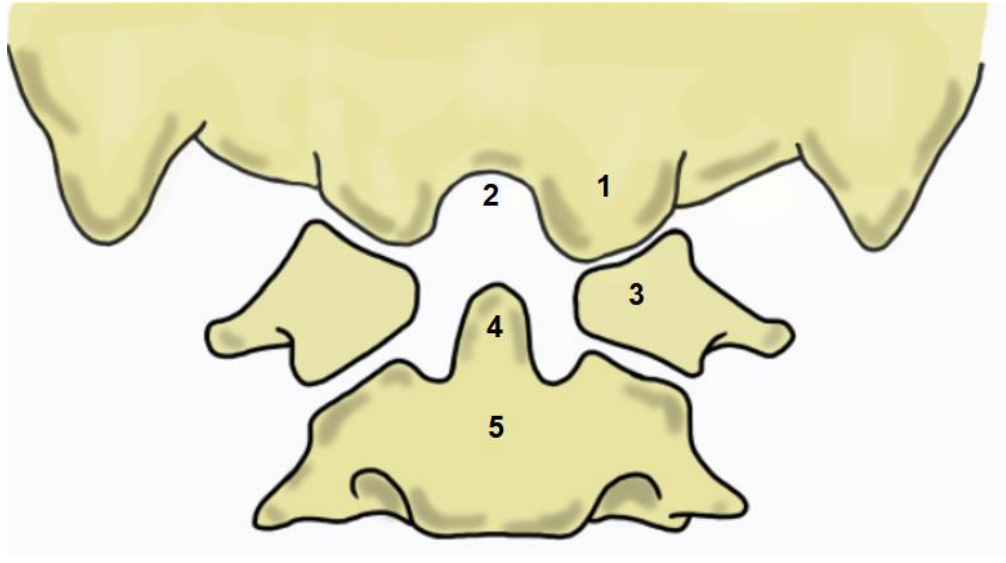
Os estudos morfométricos do FM buscam ainda estabelecer diferenças sexuais nos diâmetros sagital e transversal (Sunar; Kapakin, 2019; Zdilla *et al.*, 2017), sendo quase sempre observado maiores diâmetros no sexo masculino (Akay; Güngör; Peker, 2017; Raghavendra *et al.*, 2012; Tellioglu *et al.*, 2018). Todavia o FM não é o parâmetro mais seguro para predizer o sexo do indivíduo (Kamath *et al.*, 2015; Raghavendra *et al.*, 2012). Contudo pode ser considerado na perícia forense quando não existem outros materiais biológicos possíveis para indicar o dimorfismo sexual (Akay; Güngör; Peker, 2017; Tellioglu *et al.*, 2018).

3.2 AS MALFORMAÇÕES DA JUNÇÃO CRANIOVERTEBRAL

3.2.1 Anatomia da junção craniovertebral

A JCV é um conjunto ósseo articulado composto pelo osso occipital e as duas primeiras vértebras cervicais (atlas e eixo) e alguns ligamentos que dão suporte a este complexo (Fig. 3). A articulação atlantoccipital, que se localiza entre os côndilos occipitais e as faces articulares superiores do atlas é uma articulação do tipo condilar (bicondilar) que permite o movimento de flexão e extensão e um pouco de lateralidade. Anteriormente, na articulação atlantoccipital observamos a membrana atlantoccipital anterior que se espessa na sua parte mediana e forma o ligamento atlantoccipital anterior. Posteriormente, há a membrana atlantoccipital posterior e o ligamento atlantoccipital lateral (Moore; Dalley, 2014; Standring, 2010).

Figura 3 - Componentes ósseos da JCV.



Legenda: O conjunto de ossos que compõem a JCV. 1. Côndilos occipitais; 2. FM; 3. Atlas; 4. Dente do eixo; 5. Eixo. Fonte: A autora (2022).

A articulação atlantoaxial é dividida em duas partes, uma mediana e outra lateral. A articulação atlantoaxial lateral está localizada entre a superfície inferior do atlas e o processo articular superior do eixo, sendo classificada como plana. Já a articulação atlantoaxial mediana é do tipo pivô, ou seja, é classificada como trocóide. Os ligamentos alares se prendem no dente do eixo à margem do FM. Assim como o ligamento do ápice do dente indo do dente do eixo à margem do FM; este ligamento está localizado entre o ligamento atlantoccipital anterior e o fascículo longitudinal (Lopez *et al.*, 2015; Moore; Dalley, 2014; Sobotta, 2018).

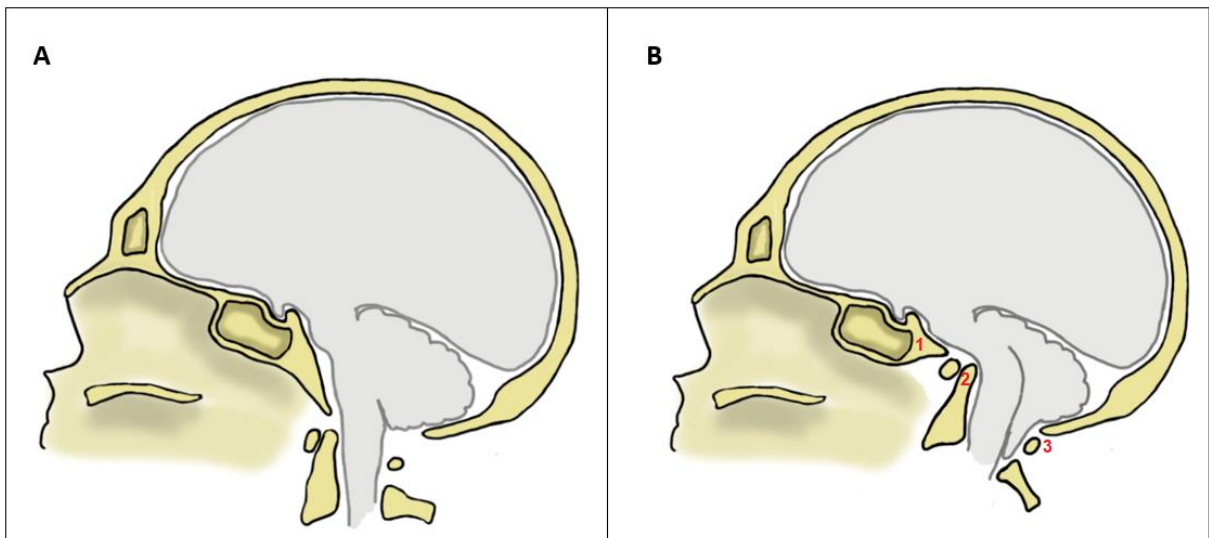
O ligamento cruciforme do atlas está dividido em duas partes: o fascículo longitudinal e o ligamento transversal do atlas. O fascículo longitudinal parte do corpo posterior do eixo e se fixa na margem anterior do FM, sendo anterior à membrana tectória e posterior ao dente do eixo e ao ligamento do ápice do dente do eixo. Por sua vez, o ligamento transversal do atlas se estende de um lado ao outro da face posterior do arco anterior do atlas, passando posteriormente ao dente do eixo. A membrana tectória é a continuação superior do ligamento longitudinal posterior da coluna vertebral e vai se fixar na margem anterior do forame magno, sendo contínua com a lâmina externa da dura-máter craniana (Moore; Dalley, 2014; Sobotta, 2018; Standring, 2010).

As malformações da JCV frequentemente relatadas são a IB e MCI, estas podem

ser encontradas isoladas ou associadas (Brito *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 1994), no último caso podemos observar alterações nas disposições ósseas e dos tecidos moles da fossa craniana posterior (Fig. 4B). As anormalidades da base do crânio (occipital) que cursam para a IB podem apresentar hipoplasias dos côndilos e basioccipital, já na articulação atlantoccipital pode ocorrer uma assimilação (Brito *et al.*, 2019; Pinter; Mcvige; Mechtler, 2016; Smoker, 1994).

Na IB ocorre o desenvolvimento anormal da JCV, nos achados radiológicos é possível observar a protrusão do dente do eixo em direção ao FM (Smith *et al.*, 2010). O fator causal ainda não é consensual na literatura, algumas hipóteses levam para um distúrbio no crescimento e fechamento das suturas da base do crânio (Amaral *et al.*, 2004; Chamberlain, 1939; Prescher, 1997) ou mesmo instabilidade da articulação atlanto-occipital ou outras doenças e síndromes (Goel, 2009; Shah; Serchi, 2016).

Figura 4 - Alterações na base do crânio nas malformações da JCV.



Legenda: A. Estruturas da JCV normais; B. Estruturas da JCV alteradas: 1. hipoplasia do clivo, 2. Elevação do dente do eixo, 3. Aproximação do atlas e do osso occipital.

Fonte: A autora (2022).

Na MCI alguns estudos têm mostrado que a herniação das tonsilas cerebelares pode ser apenas a consequência mecânica do processo, que envolve um conjunto de fatores osteomioarticulares da JCV como instabilidades nas articulações atlantoccipital e atlantoaxial, sobrecarga dos músculos da região occipital e rigidez da dura-máter levando à resistência do fluxo líquórico (Labuda *et al.*, 2022; Shao *et al.*, 2022).

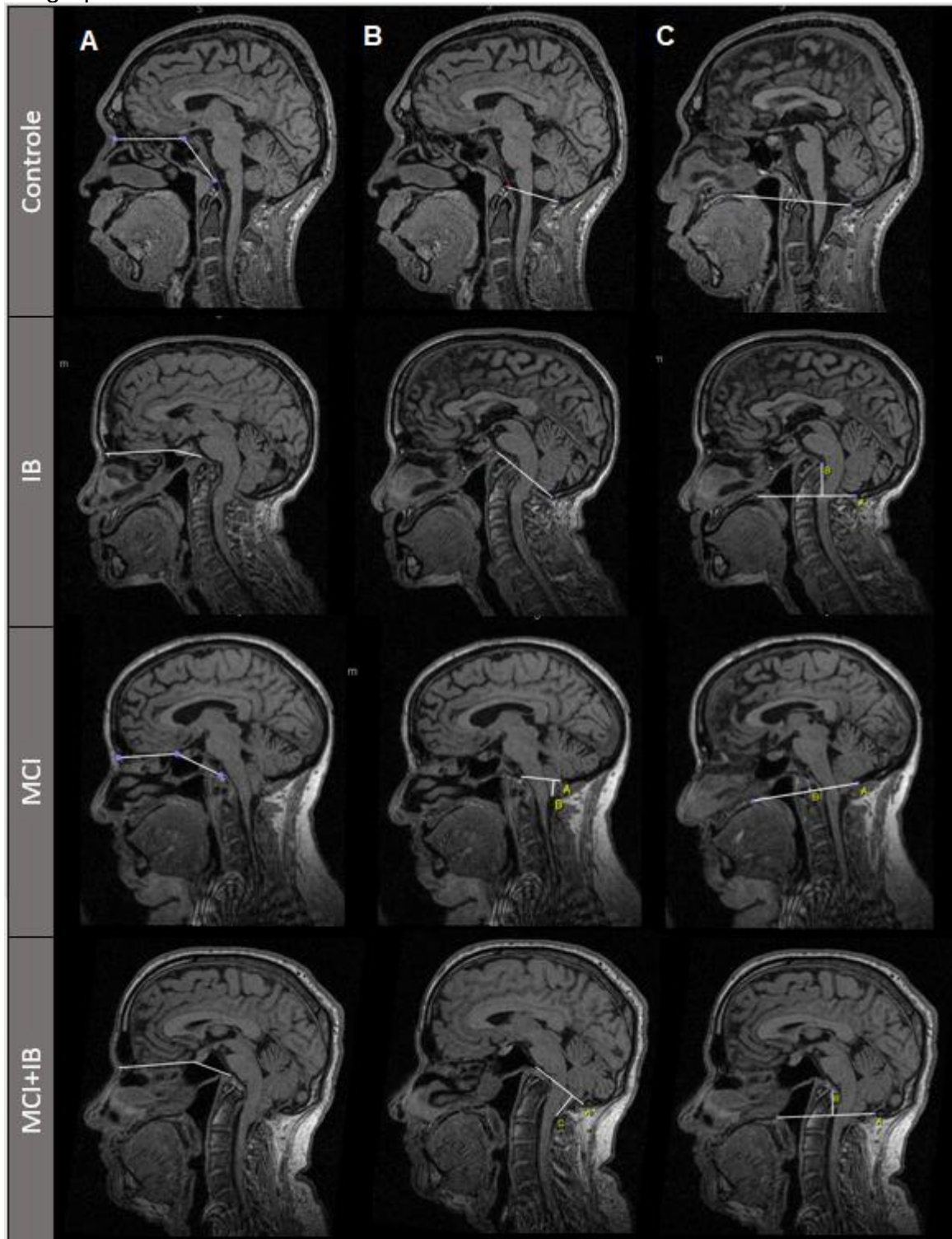
3.2.2 Diagnóstico e classificação da Invaginação basilar e Chiari I

O diagnóstico radiológico da IB é realizado através de uma linha postulada por Chamberlain (1939), esta linha passa da espinha nasal posterior até a margem posterior do FM, perpendicular a esta uma segunda linha é traçada da primeira até o ápice do dente do eixo (Fig. 5C). Segundo o critério radiológico, para ser diagnosticada a IB, o dente do eixo deve estar acima de 5 mm da linha de Chamberlain (Smith *et al.*, 2010; Smoker, 1994).

A platibasia é um achado adicional à IB que pode estar isolada ou associada à MCI e se caracteriza pela planificação da base do crânio, algumas vezes, já foi confundida com a IB (Canelas; Zaclis; Tenuto, 1952). O ângulo de Welcker é utilizado para verificar a presença da platibasia, este ângulo nos indivíduos doentes pode ser encontrado acima de 140°, a média de normalidade para este ângulo em indivíduos sem elevação de base do crânio é de 132° (Fig. 5A) (Smoker, 1994).

Alguns autores trazem a IB e impressão basilar dissociadas como condições distintas, sendo a IB referida como uma anomalia primária ou congênita, resultado de distúrbios do desenvolvimento da JCV, com platibasia e elevação das primeiras vértebras cervicais, podendo estar presente a MCI,iringomielia e síndrome de Klippel-Feil (Donnally III *et al.*, 2023; Pinter; Mcvige; Mechtler, 2016). Enquanto a impressão basilar é tratada como secundária ou adquirida causada por alterações traumáticas ou doenças que afetam os ossos como a artrite reumatóide, doença de Paget, osteomalácia, osteogênese imperfeita, raquitismo, entre outras (Pinter; Mcvige; Mechtler, 2016; Silva *et al.*, 1994; Smoker, 1994). A influência genética também tem sido considerada no desenvolvimento da JCV (Pang; Thompson, 2011).

Figura 5 - Medidas clássicas para o diagnóstico radiológico das malformações da JCV nos agrupamentos.

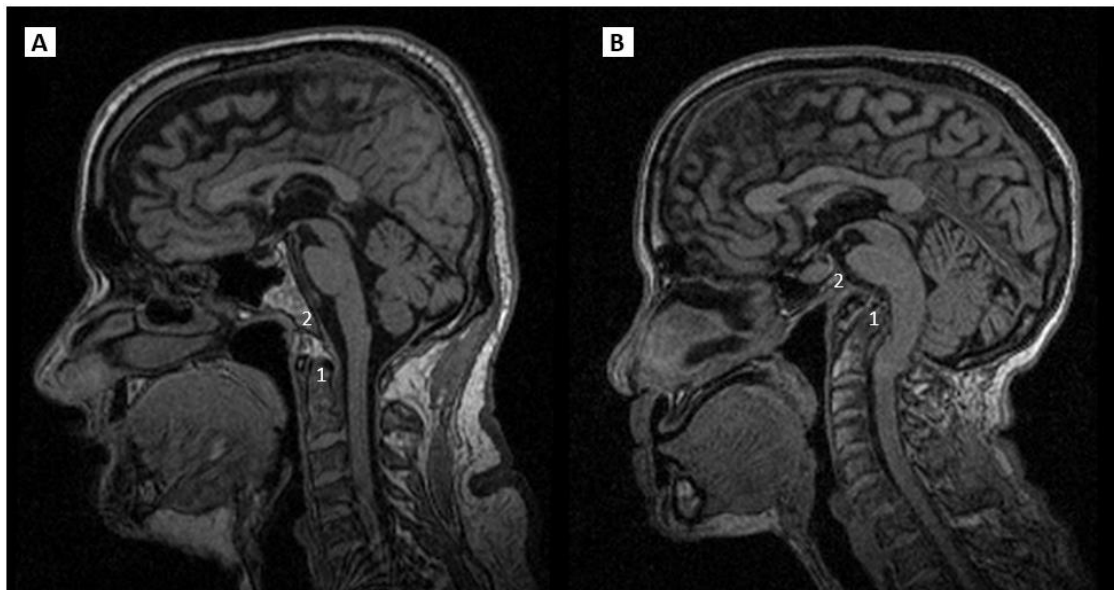


Legenda: A. Ângulo basal de Welcker (platibasia); B. Linha de McRae e mensuração das tonsilas cerebelares (MCI); C. Linha de Chamberlain com mensuração do dente do eixo (IB).

Fonte: NEPI/UFPB (2021).

A IB pode ser classificada em dois tipos, o tipo A, caracterizada pela instabilidade da JCV, deslocamento do dente do eixo do atlas e entrada importante do dente do eixo no FM, com consequente compressão dos tecidos moles. No tipo B, ocorre uma projeção superior do basioccipital e C1 e C2 (Fig. 6) (Goel, 2009). Sendo comumente associada a MCI e a platibasia (Goel, 2009; Prescher, 1997; Smith et al., 2010).

Figura 6 - Apresentação da IB do tipo B.

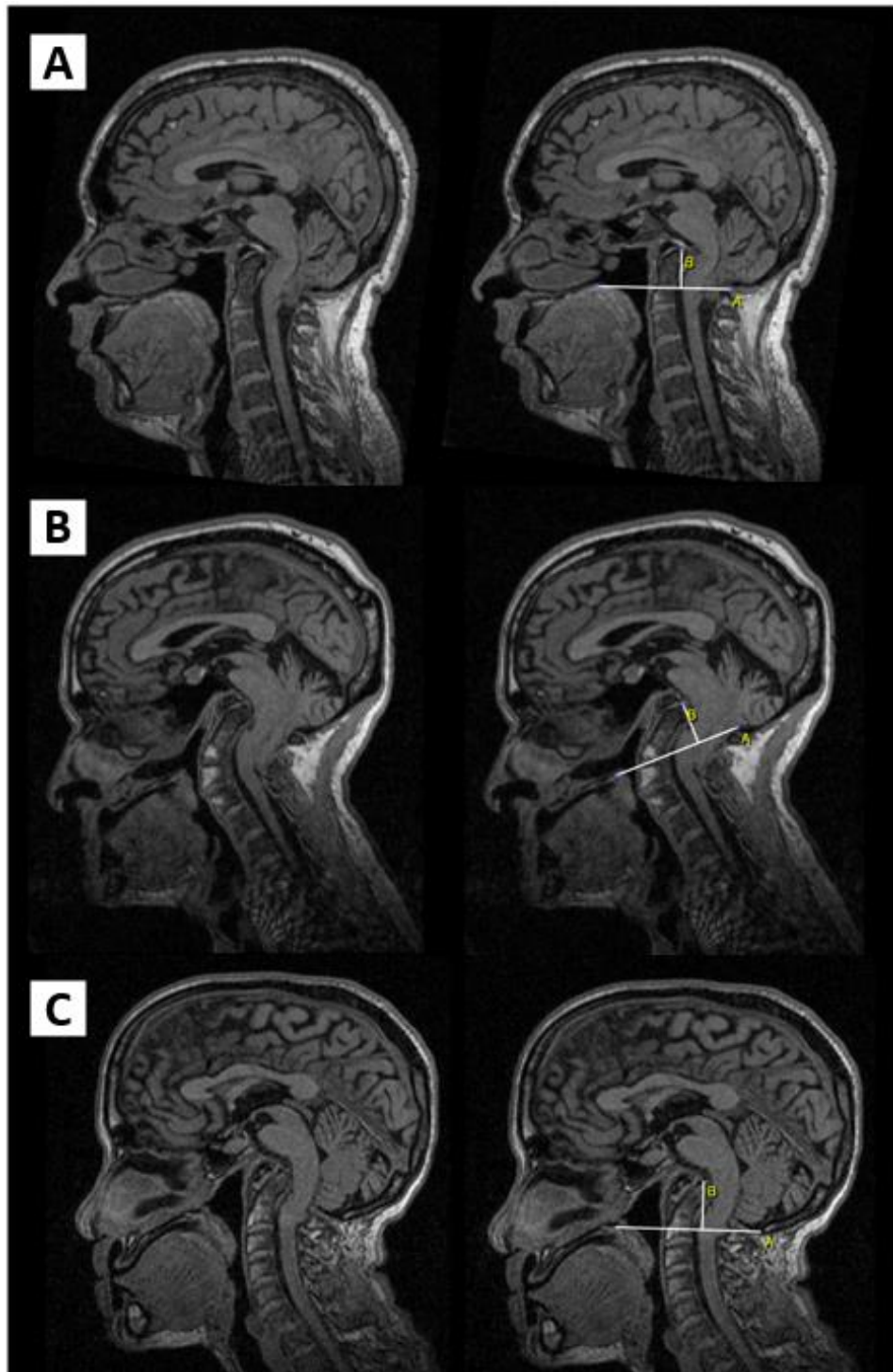


Legenda: A IB do tipo B com a elevação do (1) dente do eixo e (2) clivo. A. RM sagital, indivíduo controle; B. RM sagital, indivíduo com IB do tipo B.

Fonte: NEPI/UFPB (2021).

Para o diagnóstico da IB é importante avaliar os sinais e sintomas clínicos associados aos achados radiológicos, que podem apresentar casos graves de elevação do dente do eixo (Fig. 7). Na inspeção clínica da IB pode ser observado alterações na região da cabeça e do pescoço, como: encurtamento e restrição dos movimentos do pescoço, baixa implantação capilar, espasmos musculares, dor, limitação e instabilidade na região cervical (Donnally III et al., 2023; Goel, 2009). Outros achados são déficit neurológico relacionado à compressão como fraqueza, dormência, parestesia, dor cervical, instabilidade da marcha, espasticidade, distúrbios da fala e deglutição (Chaudhry et al., 2015; Donnally III et al., 2023).

Figura 7 - Alguns casos graves da projeção do dente do áxis na IB e MCI+IB da amostra.



Legenda: A. RM (sagital), homem, MCI+IB, altura do dente do áxis: 22.7 mm; B. RM (sagital), homem, MCI+IB, altura do dente do áxis: 23.2 mm; C. RM (sagital), mulher, IB, altura do dente do áxis: 23.6 mm.

Fonte: NEPI/UFPB (2021).

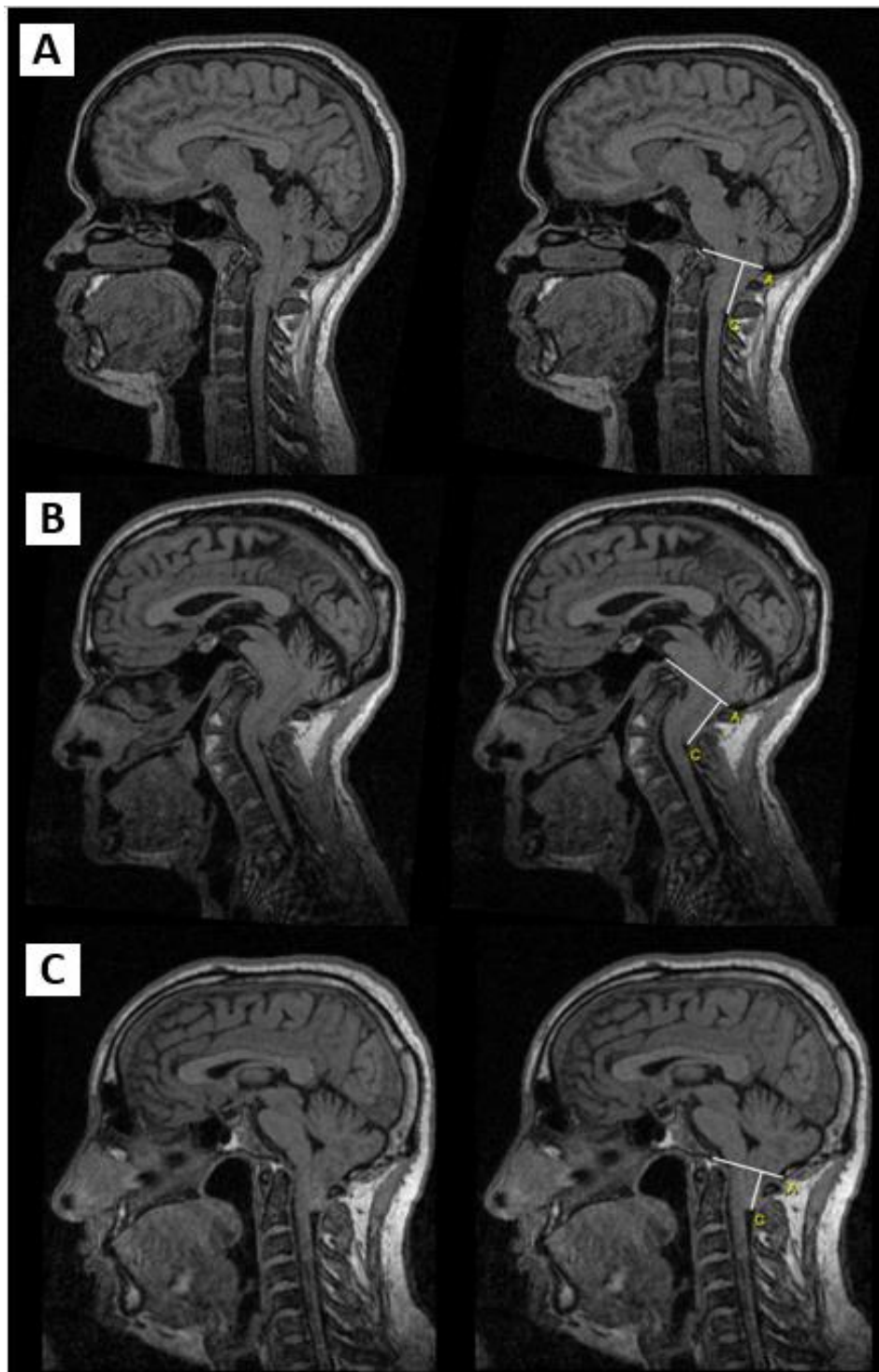
A MCI foi descrita pela primeira vez em 1891, por Hans Chiari (Haas, 1952), sendo caracterizada quando as tonsilas cerebelares excedem 5 mm no FM. Para o diagnóstico radiológico da MCI, a linha de McRae é traçada tangenciando as margens do FM, enquanto uma segunda linha mensura a descida da tonsila cerebelar (Fig. 5B) (Mzumara; Kimani; Onyambu, 2012; Tubbs *et al.*, 2007).

Existe uma ampla classificação do Chiari na literatura, os subtipos variam do Chiari 0 ao IV (Cools; Wellons; Iskandar, 2023; Haddad *et al.*, 2018). Contudo, a MCI é o tipo mais comum (Kular; Cascella, 2022), alguns casos graves podem ser observados nos exames de imagem (Fig. 8). O Chiari 1,5 é considerado uma subclassificação da MCI que tem como característica a projeção inferior do óbex e tonsilas cerebelares no FM (Liu *et al.*, 2017; Tubbs *et al.*, 2004). Os achados clínicos do Chiari 1,5 não diferem da MCI (Liu *et al.*, 2017).

Várias hipóteses foram levantadas para a causa da MCI, entre elas: genética, craniossinostose, distúrbios metabólicos ósseos, aumento da pressão no cérebro (Kular; Cascella, 2021). Vários são os mecanismos que podem estar envolvidos, incluindo a superlotação por subdesenvolvimento das estruturas ósseas da fossa posterior, distúrbios hemodinâmicos do sistema nervoso central, como hidrocefalia ou hematomas subdurais crônicos bilaterais (Buell; Heiss; Oldfield, 2015).

A MCI pode ser assintomática ou apresentar sintomas que envolvem compressão do tronco encefálico, cerebelo e nervos cranianos, alguns sintomas são: rouquidão, disfagia, disartria, engasgo, nistagmo, apneia, ronco, ataxia, zumbido, tontura, vertigem, sintomas autonômicos, neuralgia do trigêmeo, perda sensorial do trigêmeo, fraqueza palatal, desvio da língua (Kular; Cascella, 2022; Mcclugage; Oakes, 2019). Contudo, o sintoma mais referido é a cefaleia occipital ou cervical que pioram com valsalva (Olszewski; Proctor, 2018).

Figura 8 - Alguns casos graves de herniação das tonsilas cerebelares na MCI e MCI+IB da amostra.



Legenda: A. RM (sagital), mulher, MCI, herniação da tonsila cerebelar direita (28.43 mm) e esquerda (24,93 mm); B. RM (sagital), homem, MCI+IB, herniação da tonsila cerebelar direita (30.57 mm) e esquerda (25,05 mm); C. RM (sagital), homem, MCI+IB, herniação da tonsila cerebelar direita (24.15 mm) e esquerda (24,64 mm).

Fonte: NEPI/UFPB (2021).

3.3 A INVAGINAÇÃO BASILAR DO TIPO B NO CONTEXTO REGIONAL

A primeira descrição conhecida e sugestiva de IB e platibasia foi através do estudo de Ackermann (1790), onde foi relatado sobre uma população dos Alpes Franceses que possuíam crânios com conformação de base diferenciada. As imagens deste estudo ilustram um grave caso de planificação da base do crânio com FM acentuadamente oblíquo (Figs. 9 e 10).

Figura 9 – Desenho de base do crânio sugestiva para IB e platibasia comparada à crânios com alterações de base (vista inferior).



Fonte: Dmorf/UFPB (2021) e Ackermann (1790).

Figura 10 – Corte sagital da ilustração de Ackerman (imagem editada) comparado à crânio com platibasia.



Fonte: Dmorf/UFPB (2021) e Ackermann (1790).

O primeiro registro nacional sobre a IB foi do estudo de Canelas e colaboradores (1952), até aquele momento, não se tinha registros na literatura médica brasileira. O que chamou atenção foi o encurtamento do pescoço e a braquicefalia presentes na IB. Já no Nordeste, a publicação de 66 casos de IB e MCI foi em Pernambuco, enfatizando uma alta incidência de casos na região, bem como destacando a braquicefalia (Barros *et al.*, 1968).

Mais tarde, na Paraíba, uma publicação de 260 casos de malformações da JCV, na qual a amostra foi estratificada em: 29 casos de IB isolada; 18 casos de MCI isolada e 213 casos de associação de ambos. O grande número de IB associada à MCI reforça a forte associação dessas malformações (Silva *et al.*, 1994).

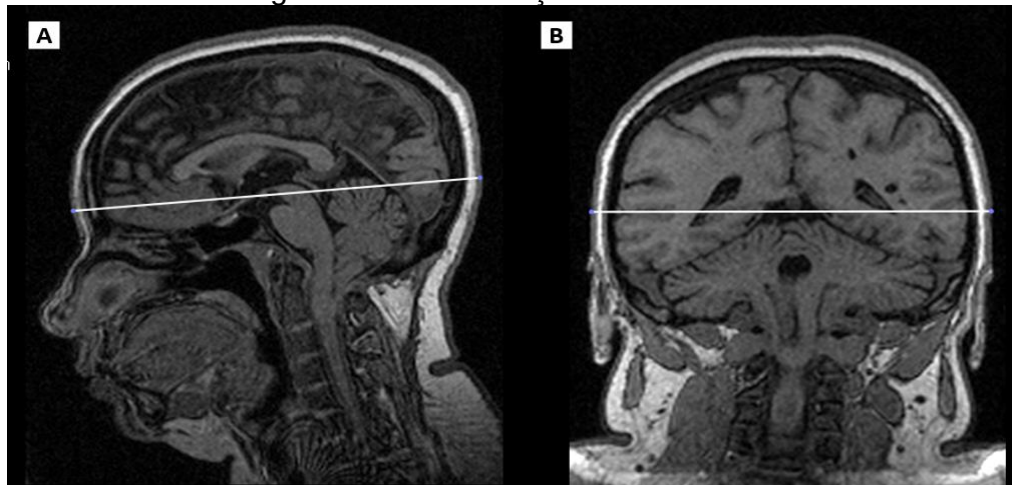
Há algumas décadas, a IB vem sendo descrita no Nordeste do Brasil (Frade *et al.*, 2017; Silva, 2003), especialmente a IB do tipo B (Nascimento *et al.*, 2018). Na Índia, país de origem na classificação da IB, o tipo A é frequentemente relatado (Goel, 2004; Goel, 2009). Ainda não temos conhecimento sobre a causa da frequência de um determinado tipo de IB em relação ao outro em diferentes populações.

3.3.1 Relação da Invaginação basilar com o fenótipo braquicefálico

Os fenótipos cranianos são obtidos através da mensuração do índice craniano (IC) (Fig. 11). O cálculo do IC é feito pela divisão do diâmetro látero-lateral da cabeça pelo diâmetro ântero-posterior, o resultado da equação é multiplicado por 100. O IC classifica a cabeça em: dolicocefalia ($IC \leq 74,9$); mesocefalia (75,0 a 79,9); braquicefalia (80,0 a 84,9) e a hiperbraquicefalia ($IC \geq 85$) (Fig. 12) (Haas, 1952).

A braquicefalia é quando a cabeça apresenta uma maior dimensão látero-lateral (cabeça larga), já a hiperbraquicefalia seria uma forma mais acentuada desse fenótipo (Fig. 12) (Nascimento *et al.*, 2016). A origem da braquicefalia no Nordeste do Brasil não é concreta na literatura, existe a hipótese de ser herança dos ancestrais pré-históricos ameríndios, povos que antecederam a ocupação européia no Nordeste. No sítio arqueológico da Furna do Estrago no Brejo da Madre de Deus em Pernambuco, foram encontradas ossadas pré-históricas que após análises antropológicas concluíram que os crânios eram braquicefálicos (Vidal *et al.*, 2013).

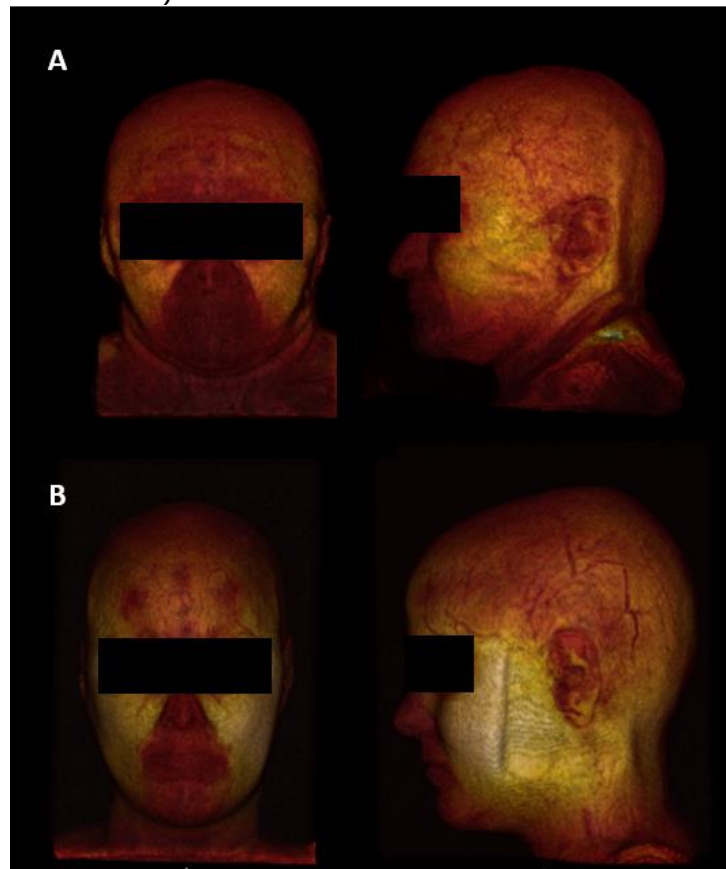
Figura 11 - Mensuração do IC na RM.



Legenda: A. Mensuração do diâmetro ântero-posterior da cabeça em corte sagital na RM; B. Mensuração do diâmetro látero-lateral da cabeça em corte coronal na RM.

Fonte: NEPI/UFPB (2021).

Figura 12 – Comparação de uma cabeça hiperbraquicefálica (perfil largo) e dolicocefálica (perfil estreito).



Legenda: A. RM, mulher, hiperbraquicefálica; B. RM, homem, dolicocefálico.

Fonte: NEPI/UFPB (2021).

Outro fator de associação na IB e a população do Nordeste que chama atenção é o fenótipo de cabeça com braquicefalia (Nascimento *et al.*, 2018). No estudo de Nascimento e colaboradores (2016) a braquicefalia esteve presente em 80,12% dos crânios. A braquicefalia não é patológica, sendo apenas uma característica fenotípica do indivíduo, mas que tem importância devido à forte associação com a IB (Nascimento *et al.*, 2022; Nascimento *et al.*, 2021).

3.4 CONSIDERAÇÕES CLÍNICAS E CIRÚRGICAS DO FORAME MAGNO NAS MALFORMAÇÕES DA JUNÇÃO CRANIOVERTEBRAL

Nas malformações da JCV, as alterações conhecidas do FM acometem diferentes partes do occipital. Na parte anterior, o clivo contribui para a elevação da base do crânio observada na IB e platibasia (Pearce, 2007; Silva *et al.*, 1994). Nas partes laterais, exoccipitais, os côndilos occipitais que são projeções ovais se articulam com o atlas, em alguns casos, pode ocorrer a assimilação atlanto-occipital (Koç *et al.*, 2018). Na MCI, a área do FM é ocupada pela herniação das tonsilas cerebelares (Botelho *et al.*, 2020). Essa herniação pode estar associada ao grau de hipoplasia da fossa posterior, clivo curto e um FM amplo (Dufton *et al.*, 2011).

Várias são as abordagens cirúrgicas na literatura sobre as malformações da JCV, com envolvimento da região do FM e das primeiras vértebras cervicais em cirurgias descompressivas com e sem estabilização para melhora do quadro clínico na IB e MCI (Smith *et al.*, 2010; Klekamp, 2015). A escolha do procedimento cirúrgico do FM depende do comprometimento dos tecidos moles e das partes ósseas envolvidas.

Na MCI o tamanho da fossa posterior deve ser levado em consideração no planejamento cirúrgico (Botelho *et al.*, 2020). Na IB quando ocorre a compressão do tronco encefálico pelo dente do eixo, a cirurgia descompressiva transoral parece uma boa escolha, enquanto na IB com redução da fossa posterior a recomendação é a descompressão do FM (Klekamp, 2015; Smith *et al.*, 2010).

Na IB associada a MCI quando não tem instabilidade e compressões posteriores pode ser realizado a descompressão posterior simples, enquanto nos casos com instabilidade atlanto-occipital ou atlanto-axial a fixação é indicada (Brito *et al.*, 2019).

A obstrução do FM pelas tonsilas cerebelares ou oclusões aracnóides, impedem o fluxo adequado do líquido cerebrospinal, com aumento da pressão intracraniana e cefaleia induzida por valsalva (Mcclugage; Oakes, 2019). Parâmetros morfométricos do FM, como a sua área, são interessantes para predizer a necessidade cirúrgica.

4. REFERÊNCIAS

ABOULEZZ, Ahmed; SARTOR, Klaus; GEYER, Carl; GADO, Mokhtar. Position of cerebellar tonsils in the normal population and in patients with Chiari Malformation: A quantitative approach with MR imaging. *Journal of Computer Assisted Tomography*, v. 9, n. 6, p. 1033–1036, Nov. 1985.

ACKERMANN, Jacob Fidelis. *Über die cretinen eine besondere Menschenabart in den Alpen*. Gothan: Ettingerschen Buchandlung, 1790.

AKAY, Gulsun; GÜNGÖR, Kahraman; PEKER, İlkay. Morphometric analysis of the foramen magnum using cone beam computed tomography. *Turkish Journal of Medical Sciences*, v. 47, n. 6, p. 1715–1722, Dec. 2017.

AMARAL, Denise T; AMARAL, Lázaro Luis F; HERNANDEZ FILHO, Guinel; PUERTAS, Eduardo. Avaliação das relações craniométricas da transição craniovertebral Craniovertebral junction: normal anatomy and craniometry. *Coluna/Columna*, v. 3, n. 2, p. 100–103, 2004.

ANATOMIA, Sociedade Brasileira de. *Terminologia Anatômica*. 1. ed. São Paulo: Manole, 2001.

ARAGÃO, José Aderval. Morphological Types of Foramen Magnum. *Annual Research & Review in Biology*, v. 4, n. 9, p. 1372–1378, Jan. 2014.

BARROS, Caetano M; FARIAS, W; ATAÍDE, L; LINS, S. Basilar impression and Arnold-Chiari malformation A study of 66 cases. *J Neurol Neurosurg Psychiat*, v. 31, p. 596–605, Dec. 1968.

BARROS, Daniel PM; RIBEIRO, Elayne CO; NASCIMENTO, José JC; SILVA NETO, Eulâmpio J; ARAÚJO-NETO, Severino A. Reliability and Agreement in the Cerebellar Tonsil Tip Localization: Two Methods Using the McRae Line Concept in MRI. *World Neurosurgery*, v. 165, p. e611–e618, Sep. 2022.

BOTELHO, Ricardo V; HERINGER, Lindolfo C; BOTELHO, Pedro B; LOPES, Rosimary A; WAISBERG, Jaques. Posterior Fossa Dimensions of Chiari Malformation Patients Compared with Normal Subjects: Systematic Review and Meta-Analysis.

World Neurosurgery, v. 138, p. 521- 529.e2, Jun. 2020.

BUELL, Thomas J; HEISS, John D; OLDFIELD, Edward H. Pathogenesis and Cerebrospinal Fluid Hydrodynamics of the Chiari I Malformation. *Neurosurgery Clinics of North America*, v. 26, n. 4, p. 495–499, Oct. 2015.

CANELAS, Horácio M; ZACLIS, José; TENUTO, Rolando A. Contribuição ao estudo das malformações occipitocervicais, particularmente da impressão basilar. *Arquivos de neuro-psiquiatria*, v. 10, n. 4, p. 407–476, Dez. 1952.

CHAMBERLAIN, Edward W. Basilar impression (platybasia): A bizarre developmental anomaly of the occipital bone and upper cervical spine with striking and misleading neurologic manifestations. *Yale journal of biology and medicine*, v. 6, n. 8, p. 488–496, Apr. 1939.

CHAUDHRY, Nauman S; OZPINAR, Alp; LINDA BI, Wenya; CHAVAKULA, Vamsidhar; CHI, John H; DUNN, Ian F. Basilar Invagination: Case Report and Literature Review. *World Neurosurgery*, v. 83, n. 6, p. 1180.e7-1180.e11, Jun. 2015.

CHETHAN, P; PRAKASH, KG; MURLIMANJU, BV. *et al.* Morphological analysis and morphometry of the foramen Magnum: An anatomical investigation. *Turkish Neurosurgery*, v. 22, n. 4, p. 416–419, 2012.

COOLS, Michael J; WELLONS, John C; ISKANDAR, Bermans J. The Nomenclature of Chiari Malformations. *Neurosurgery Clinics of North America*, v. 34, n. 1, p. 1–7, Nov. 2023.

DARWIN, Charles. A origem das espécies - Tradução: Eduardo Fonseca. São Paulo: Hemus, 1979.

DE LUCENA, Jalles D. *et al.* Morphometric analysis of the foramen magnum in dry human skulls in northeastern Brazil. *Journal of Morphological Sciences*, v. 36, n. 2, p. 97–104, Mai. 2019.

DE OLIVEIRA BRITO, José Nazareno P. *et al.* Basilar invagination associated with chiari malformation type I: A literature review. *Clinics*, v. 74, p. 1–6, May. 2019.

DONNALLY III, Chester; MUNAKOMI, Sunil; VARACALLO, Matthew. *Basilar*

Invagination. Treasure Island: StatPearls, 2023.

DUFTON, John; HABEEB, Sayed Y; HERAN, Manraj KS; MIKULIS, David J; ISLAM, Omar. Posterior fossa measurements in patients with and without chiari i malformation. *Canadian Journal of Neurological Sciences*, v. 38, n. 3, p. 452–455, May. 2011.

EDWARDS, K; VINER, MD; SCHWEITZER, W; THALI, MJ. Sex determination from the foramen magnum. *Journal of Forensic Radiology and Imaging*, v. 1, n. 4, p. 186–192, Oct. 2013.

FRADE, Heitor C. *et al.* Cranio-vertebral transition assessment by magnetic resonance imaging in a sample of a northeast Brazilian population. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, v. 75, n. 7, p. 419–423, Jul. 2017.

FURTADO, Sunil V; THAKRE, Darpan J; VENKATESH, Parsanna K; REDDY, Kalyan, HEGDE, AS. Morphometric analysis of foramen magnum dimensions and intracranial volume in pediatric Chiari I Malformation. *Acta Neurochirurgica*, v. 152, n. 2, p. 221–227, Feb. 2010.

GÖÇMEZ, Cüneyt. *et al.* Three-dimensional analysis of foramen magnum and its adjacent structures. *Journal of Craniofacial Surgery*, v. 25, n. 1, p. 93–97, Jan. 2014.

GOEL, Atul. Treatment of basilar invagination by atlantoaxial joint distraction and direct lateral mass fixation. *Journal of neurosurgery. Spine*, v. 1, n. 3, p. 281–286, Oct. 2004.

GOEL, Atul. Basilar invagination, Chiari Malformation, syringomyelia: A review. *Neurology India*, v. 57, n. 3, p. 235, May. 2009.

GOEL, Atul; NADKARNI, Trimurti; SHAH, Adhidha; SATHE, Prashant; PATIL, Manoj. Radiologic Evaluation of Basilar Invagination Without Obvious Atlantoaxial Instability (Group B Basilar Invagination): Analysis Based on a Study of 75 Patients. *World Neurosurgery*, v. 95, p. 375–382, Nov. 2016.

GOVSA, Figen; OZER, Mehmet A; CELIK, Servet; OZMUTAF, Nezih M. Three-dimensional anatomic landmarks of the foramen magnum for the craniovertebral junction. *Journal of Craniofacial Surgery*, v. 22, n. 3, p. 1073–1076, May. 2011.

HAAS, LL. Roentgenological skull measurements and their diagnostic applications. *Am*

J Roentgenol Radium Ther Nucl Med, v. 67, n. 2, p. 197–209, Feb. 1952.

HADDAD, Fatima A. *et al.* The Newer Classifications of the Chiari Malformations with Clarifications: An Anatomical Review. *Clin Anat*, v. 31, n. 3, p. 314–322, Apr. 2018.

HADLEY, Donald M. The chiari malformations. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, v. 72, p. ii38–ii40, Jun. 2002.

IQBAL, Showkathali; ROBERT, Ambooken P; MATHEW, Dominic. Computed tomographic study of posterior cranial fossa, foramen magnum, and its surgical implications in Chiari malformations. *Asian Journal of Neurosurgery*, v. 12, n. 03, p. 428–435, Jul-sep. 2017.

JI, Wei. *et al.* Radiological evaluation of craniocervical region in patients with basilar invagination. *Spine*, v. 43, n. 22, p. E1305–E1312, Nov. 2018.

JIAN, Qiang. *et al.* Basilar Invagination: A Tilt of the Foramen Magnum. *World Neurosurgery*, v. 164, p. e629–e635, Aug. 2022.

KAMAŞAK, Burcu. *et al.* A new supportive approach in the diagnosis of Chiari malformation type 1 in pediatric patients. *Child's Nervous System*, p. 1581–1587, Jun. 2023.

KAMATH, Venkatesh G; ASIF, Muhammed; SHETTY, Radhakrishna; AVADHANI, Ramakrishna. Binary Logistic Regression Analysis of Foramen Magnum Dimensions for Sex Determination. *Anatomy Research International*, p. 1–9, Jul. 2015.

KAZI, SAK; NADAF, Aadamali A; GAI, Pramond B. Morphometric analysis of foramen magnum for sex determination in Karnataka. *Indian Journal of Forensic Medicine and Toxicology*, v. 8, n. 2, p. 48–51, Jul-dec. 2014.

KLEKAMP, Jörg. Chiari I malformation with and without basilar invagination: A comparative study. *Neurosurgical Focus*, v. 38, n. 4, p. 1–13, Apr. 2015.

KOÇ, Ali. *et al.* Demonstration of craniocervical junction abnormalities for diagnosis of atlanto-occipital assimilation using MRI. *Anatomy*, v. 12, n. 2, p. 76–82, Jul. 2018.

KULAR, Sam; CASCELLA, Marco. Chiari I Malformation. Treasure Island: StatPearls,

Feb. 2022.

KUMAR, Anil; DAVE, Mitesh; ANWAR, Sanam. Morphometric Evaluation of Foramen Magnum in Dry Human Skulls. *International Journal of Anatomy and Research*, v. 3, n. 2, p. 1015–1023, 2015.

LABUDA, Rick. *et al.* A new hypothesis for the pathophysiology of symptomatic adult Chiari malformation Type I. *Medical Hypotheses*, v. 158, Jan. 2022.

LIU, Wei. *et al.* No significant difference between chiari malformation type 1.5 and type I. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, v. 157, p. 34–39, Mar. 2017.

LOPEZ, Alejandro J. *et al.* Anatomy and biomechanics of the craniovertebral junction. *Neurosurg Focus*, v. 38, n. 4, p. 1–8, Apr. 2015.

MANOEL, CC; PRADO, FB; CARIA, PHF; GROPPPO, FC. Morphometric analysis of the foramen magnum in human skulls of brazilian individuals: Its relation to gender. *Brazilian Journal for Morphological Sciences*, v. 26, n. 2, p. 104–108, 2009.

MCCLUGAGE, Samuel G.; OAKES, Jerry W. The Chiari I malformation. *Journal of Neurosurgery: Pediatrics*, v. 24, n. 3, p. 217–226, Sep. 2019.

MOORE, Keith; DALLEY, Arthur. *Anatomia orientada para a clínica*. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

MURSHED, Khalil; ÇIÇEKÇİBAŞI, Aynur; TUNCER, Isik. Morphometric evaluation of the foramen magnum and variations in its shape: A study on computerized tomographic images of normal adults. *Turkish Journal of Medical Sciences*, v. 33, n. 5, p. 301–306, 2003.

MZUMARA, SS; KIMANI, NM; ONYAMBU, CK. Evaluating chamberlain's, McGregor's, and McRae's skull-base lines using multi detector computerised tomography. *East Afr Med J*, v. 89, n. 8, p. 272–7, Aug. 2012.

NASCIMENTO, José Jailson C. *et al.* Investigating Type B Basilar Invagination Through Cephalic Indices. *World Neurosurgery*, v. 164, p. e1262–e1268, Aug. 2022.

NASCIMENTO, José Jailson C. *et al.* Cranial Measurement Indices in the State of Paraíba, Northeast of Brazil. *International Journal of Anatomy and Research*, v. 4, n.

3.2, p. 2637–2642, Aug. 2016.

NASCIMENTO, José Jailson C. *et al.* Relationship between basilar invagination and brachycephaly in Northeastern Brazil. *European Journal of Radiology*, v. 104, p. 58–63, May. 2018.

NASCIMENTO, José Jailson C. *et al.* Diagnostic accuracy of classical radiological measurements for basilar invagination of type B at MRI. *European Spine Journal*, v. 28, n. 2, p. 345–352, Nov. 2019.

NASCIMENTO, José Jailson C. *et al.* Foramen Magnum Angle: A New Parameter for Basilar Invagination of Type B. *World Neurosurgery*, v. 152, p. 121–123, Aug. 2021.

NATSIS, K. *et al.* A morphometric anatomical and comparative study of the foramen magnum region in a Greek population. *Surgical and Radiologic Anatomy*, v. 35, n. 10, p. 925–934, Apr. 2013.

NOUDEL, Rémy. *et al.* Incidence of basioccipital hypoplasia in Chiari malformation Type I: Comparative morphometric study of the posterior cranial fossa - Clinical article. *Journal of Neurosurgery*, v. 111, n. 5, p. 1046–1052, Nov. 2009.

OLSZEWSKI, Adam M; PROCTOR, Mark R. Headache, Chiari I malformation and foramen magnum decompression. *Current Opinion in Pediatrics*, v. 30, n. 6, p. 786–790, Dec. 2018.

PANG, Dachling; THOMPSON, Dominic. Embryology and bony malformations of the craniovertebral junction. *Child's Nervous System*, v. 27, n. 4, p. 523–564, Dec. 2011.

PEARCE, JMS. Platybasia and basilar invagination. *European Neurology*, v. 58, n. 1, p. 62–64, May. 2007.

PINTER, Nandor K; MCVIGE, Jennifer; MECHTLER, L. Basilar Invagination, Basilar Impression, and Platybasia: Clinical and Imaging Aspects. *Current Pain and Headache Reports*, v. 20, n. 8, p. 1–8, Aug. 2016.

PINTER, N. K.; MCVIGE, J.; MECHTLER, Laszlo. Basilar Invagination, Basilar Impression, and Platybasia: Clinical and Imaging Aspects. *Current Pain and Headache Reports*, v. 20, n. 8, p. 1–8, Aug. 2016.

PRESCHER, A. The craniocervical junction in man, the osseous variations, their significance and differential diagnosis. *Annals of Anatomy*, v. 179, n. 1, p. 1–19, Feb. 1997.

QUON, Jennifer L; GRANT, Ryan A; DILUNA, Michael L. Multimodal evaluation of CSF dynamics following extradural decompression for Chiari malformation Type I. *Journal of Neurosurgery: Spine*, v. 22, n. 6, p. 622–630, Jun. 2015.

RAGHAVENDRA, Babu YP. *et al.* Sex estimation from foramen magnum dimensions in an Indian population. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, v. 19, n. 3, p. 162–167, Apr. 2012.

RAVIKANTH, Reddy; MAJUMDAR, Pooja. Embryological considerations and evaluation of congenital anomalies of craniovertebral junction: A single-center experience. *Tzu Chi Medical Journal*, v. 33, n. 2, p. 175–180, Oct. 2021.

SHAH, Abhidha; SERCHI, Elena. Management of basilar invagination: A historical perspective. *Journal of Craniovertebral Junction and Spine*, v. 7, n. 2, p. 96–100, Apr-Jun. 2016.

SHAO, Belinda. *et al.* Compromised Cranio-Spinal Suspension in Chiari Malformation Type 1: A Potential Role as Secondary Pathophysiology. *Journal of Clinical Medicine*, v. 11, n. 24, p. 1–12, Dec. 2022.

SILVA, José Alberto G. *Malformações occipitocervicais*. 1. ed. Recife: Editora universitária UFPE, 2003.

SILVA, José Alberto G. *et al.* Achados cirúrgicos de 260 casos de impressão basilar. *Arq Neuropsiquiatr*, v. 52, n. 3, p. 363–369, Set. 1994.

SMITH, Justin S; SHAFFREY, Christopher I; ABEL, Mark F; MENEZES, Arnold H. Basilar invagination. *Neurosurgery*, v. 66, n. 3, p. 39–47, Mar. 2010.

SMOKER, Wendy R. Craniovertebral Junction: Normal and Congenital Anomalies. *Radiographics*, v. 14, n. 2, p. 255–277, Mar. 1994.

SMOKER, Wendy R; KHANNA, Geetika. Imaging the craniocervical junction. *Child's Nervous System*, v. 24, n. 10, p. 1123–1145, Oct. 2008.

SOBOTTA, Johannes. *Atlas de Anatomia Humana*. 24. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.

STANDRING, Susan. *Anatomia: a base anatômica da prática clínica*. 40. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

SUNAR, Mukadder; KAPAKIN, Samet. Morphometric evaluation of craniocervical junction by magnetic resonance imaging method. *Asian Journal of Neurosurgery*, v. 14, n. 03, p. 702–709, Jul-sep. 2019.

TELLIOGLU, Metin A. *et al.* Suitability of foramen magnum measurements in sex determination and their clinical significance. *Folia Morphologica (Poland)*, v. 77, n. 1, p. 99–104, Aug. 2018.

TUBBS, Shane R; ISKANDAR, Bermans J; BARTOLUCCI, Alfred A; OAKES, Jerry W. A critical analysis of the Chiari 1.5 malformation. *Journal of Neurosurgery*, v. 101, n. SUPPL. 2, p. 179–183, Nov. 2004.

TUBBS, Shane R. *et al.* The pediatric Chiari I malformation: A review. *Child's Nervous System*, v. 23, n. 11, p. 1239–1250, Nov. 2007.

TUBBS, Shane R. *et al.* Morphometric analysis of the foramen magnum: An anatomic study. *Neurosurgery*, v. 66, n. 2, p. 385–388, Feb. 2010.

TURAMANLAR, Ozan. *et al.* Does Foramen Magnum Morphometry Influence the Development of Chiari Malformation?. *Turkish Neurosurgery*, v. 31, n. 5, p. 704–709, 2021.

VIDAL, Claudio HF; SILVA, Joacil C; LINS, Cícero JP; BRAINER-LIMA, Alessandra M; VALENÇA, Marcelo M. Craniovertebral junction malformation in Northeastern Brazil: the myth of the Dutch colonization. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, v. 71, n. 6, p. 405–407, Jun. 2013.

ZDILLA, Matthew J. *et al.* The size and shape of the foramen magnum in man. *Journal of Craniovertebral Junction and Spine*, v. 8, n. 3, p. 205–221, Jul. 2017.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ARTIGO 1

Análise do forame magno na Malformação de Chiari tipo I e Invaginação Basilar tipo B

Elayne Cristina de Oliveira Ribeiro¹; Daniel Pereira Maurício de Barros²; José Jailson Costa do Nascimento³; Eulâmpio José da Silva Neto⁴; Severino Aires de Araújo Neto⁵; Marcelo Moraes Valença⁶

^{1,6} Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco

³ Departamento de Anatomia da Universidade Federal de Pernambuco

¹⁻⁵ Centro de Ciências Médicas da Universidade Federal da Paraíba

Resumo

Objetivo. Analisar as alterações morfométricas do forame magno (FM) na Malformação de Chiari tipo I (MCI), invaginação basilar (IB) e ambas (MCI+IB). **Métodos.** Trata-se de um estudo controlado com base em 161 ressonâncias magnéticas (RM) de adultos, tendo 37 controles selecionados de forma aleatória e com malformações (IB=31; MCI=37 e MCI+IB=56) selecionados por conveniência. As RMs foram analisadas no software de visualização Osirix versão 3.8.2. Foram realizadas mensurações lineares, angulares e de área no FM. Utilizamos Anova univariada seguida do teste post-hoc de Tukey para avaliar a diferença entre médias das variáveis quantitativas entre os agrupamentos e o teste t avaliou a diferença entre os sexos. **Resultados.** Os diâmetros do FM tiveram comportamento variado, o grupo MCI+IB feminino apresentou maior diâmetro AP ($p=0,02$) e LL ($p<0,001$), este último também observado no masculino ($p=0,03$). As linhas real e relativa do FM na IB e MCI+IB, em ambos os sexos, evidenciaram uma anteriorização e obliquidade da margem anterior do FM ($p<0,001$). Todos os ângulos do FM mostraram que a IB e MCI+IB em ambos os sexos apresentam uma maior abertura (inclinação) do FM ($p<0,001$). Na MCI e MCI+IB foi observado uma maior área de ocupação do FM e redução da área do espaço liquórico ($p<0,001$). **Conclusão.** Os grupos IB, MCI ou MCI+IB apresentam comportamentos distintos do FM. A obliquidade e inclinação do FM são características da presença da IB evidenciadas pela perda óssea e elevação

da margem anterior do FM. O espaço liquórico está reduzido na MCI e MCI+IB pela superlotação das estruturas nervosas no FM. Todavia, a forte obliquidade do FM na MCI+IB prejudicam o espaço da circulação liquórica.

Palavras-chave: Forame magno. Malformação de Chiari I. Invaginação basilar.

1. Introdução

As malformações da junção craniovertebral (JCV) alteram a conformação óssea da base do crânio (Smith *et al.*, 2010). As doenças mais comuns são a invaginação basilar (IB) e o Chiari tipo I (MCI). A IB tipo B é caracterizada pela elevação do clivo e projeção superior do dente do eixo (Goel *et al.*, 2016; Smoker, 1994). A IB é frequentemente associada a MCI, sendo esta última definida pela herniação das tonsilas cerebelares no forame magno (FM) (Aboulezz *et al.*, 1985; Mcclugage; Oakes, 2019).

Desta forma, podemos entender o FM dentro de uma zona de vulnerabilidade nas malformações da JCV. Enquanto na IB a parte anterior do FM se encontra elevada (Smith *et al.*, 2010; Smoker, 1994), na MCI, as tonsilas cerebelares podem interromper parcialmente o fluxo do líquido cefalorraquidiano no FM (Botelho *et al.*, 2020).

Além disso, o FM é utilizado como ponto de referência para a maioria das medidas craniométricas que auxiliam no diagnóstico radiológico da IB e MCI (Amaral *et al.*, 2004). O FM é também uma área de interesse cirúrgico, especialmente nas cirurgias descompressivas da fossa posterior (Klekamp, 2015; Smith *et al.*, 2010). Outro fator relevante é o fluxo do líquido cefalorraquidiano no FM e a relação com o aumento da pressão intracraniana quando há obstrução do fluxo (Botelho *et al.*, 2020).

O objetivo deste estudo foi analisar as alterações morfométricas do FM na MCI e IB com e sem associação.

2. Métodos

2.1 Desenho de estudo e considerações éticas

Trata-se de um estudo retrospectivo, observacional e controlado. Esta pesquisa foi aprovada pelo comitê de ética da instituição, número: 46952921.4.0000.8069.

2.2 Participantes

A nossa amostra foi composta de 161 exames de ressonâncias magnéticas (RMs) de crânio que foram disponibilizadas por um serviço privado de radiologia. O grupo controle foi selecionado de forma aleatória num banco de RMs entre 2011 e 2020. Já os pacientes portadores de MCI e IB foram previamente triados por meio de busca na ferramenta Radiology Information System (RIS), utilizando os termos “invaginação basilar”, “impressão basilar” e “Malformação de Chiari” nos laudos das RMs.

Foram incluídas no estudo ressonâncias magnéticas de crânio de adultos com 18 anos ou mais e com indicações clínicas disponíveis, sendo um grupo controle randomizado (n=61) e pacientes com MCI e/ou IB (n=108). Alguns exames de ressonância magnética foram excluídos devido à presença de artefatos (n=4), número insuficiente de cortes (n=6), cirurgia descompressiva prévia (n=4), lesões no parênquima cerebral (n=20), deformidade da calota craniana (n=1), ventriculomegalia (n=4), doença neurodegenerativa (n=1). Desse modo, a amostra foi composta por 161 RMs, agrupadas controle (n=37), IB tipo B isolada (n=31), MCI isolada (n=37) e MCI associada à IB (n=56).

As RMs já possuíam laudo médico radiológico e passaram por dupla checagem para validação dos diagnósticos e posterior agrupamento. Foi utilizado um protocolo padronizado para mensuração da posição da tonsila cerebelar (Barros *et al.*, 2022), a MCI foi definida como herniação maior ou igual a 5mm através do FM (Haas, 1952). Já a posição do processo odontóide foi mensurada utilizando a distância do ápice à linha de Chamberlain com ponto de corte de 7 mm (Nascimento *et al.*, 2019). Os exames que compuseram o banco de dados foram realizados por demanda espontânea e indicações clínicas diversas, não motivadas por este protocolo de pesquisa. Os participantes apresentaram diversas indicações clínicas para a realização dos exames de imagem. Em todos os grupos, a maioria dos participantes tiveram requisições de exames semelhantes, predominante para: cefaleia [controle (n=24;64,9%); IB (n=13;40,6%); MCI (n=24;64,9%); MCI+IB (n=23;41,1%)] e tontura

[controle (n=7;18,9%); IB (n=9;28,1%); MCI (n=10;27,0%); MCI+IB (n=9;16,1%)].

2.3 Especificações dos exames

Os exames de RM foram realizados em um Magnetom C! Campo aberto de 0.35 Teslas (Siemens Medical Solutions, Erlangen, Germany). As características descritas a seguir foram do protocolo da clínica onde os exames foram realizados. Apenas a sequência de pulso T1 sagital volumétrica foi usada, denominada magnetization-prepared rapid gradient-echo (MP-RAGE), na fase sem contraste intravenoso. Todos os exames foram armazenados no formato “Digital Imaging and Communications in Medicine” (DICOM). Os dados sobre a imagem são: Voxel isotrópico com espessura do corte que variou de 0.9 a 1.1mm, FOV 270 mm e fase de 81.3%; resolução base de 256; fase e resolução de 100%; número de aquisições, 1; TE de 6.5 s; TR, 18 s; ângulo de giro de 30°. Os cortes foram de 158 a 160 slices por exame. Por se tratar de imagens de baixo campo, para obtenção de imagens com sinal/ruído satisfatório o tempo de execução do exame foi aumentado para um tempo mais longo de 7 minutos e 52 segundos.

2.4 Mensurações do FM

Nas análises consideramos a estratificação da amostra pelos grupos: controle; IB; MCI e MCI+IB, bem como categorizamos pelo sexo. Na análise descritiva, o FM foi classificado quanto o seu formato em 5 tipos: redondo, oval, losango, hexágono e irregular.

2.4.1 Medidas lineares

As medidas lineares do FM foram realizadas utilizando a opção “Linha” do Osirix. Na secção sagital da RM uma linha mediana foi utilizada para mensurar a maior distância ântero-posterior (AP) do FM (mm). Na secção axial da RM uma linha foi utilizada para mensurar a maior distância látero-lateral (LL) do FM (mm). O índice do FM foi calculado pelo diâmetro LL do FM x 100 / diâmetro AP do FM (Kumar; Dave; Anwar, 2015). Com base no resultado, o FM foi classificado em: estreito, abaixo de 81,9; médio, de 82,0 a 85,9; ou largo, acima de 86,0 (Govsa *et al.*, 2011).

Além disso, projetamos duas linhas no FM denominadas de linha real e relativa. Na secção sagital da RM, utilizamos como referência duas retas verticais e paralelas que tangenciaram os pontos da margem anterior e posterior do FM, então a linha real ligou as duas margens do FM (mm). Posteriormente, a linha real foi comparada a linha relativa (medida arbitrária que mediu a distância das duas retas de referência, servindo como modelo do que seria o comprimento ideal do FM, tendo evidenciado a obliquidade que o FM adquiriu no seu desenvolvimento (Fig. 1).

A partir das linhas real e relativa, foi verificado o segmento da linha real que ultrapassa a linha relativa no sentido ântero-posterior, ou seja, a projeção anterior do bácio (margem anterior) no FM (Fig. 1). Por fim, a altura entre as linhas foi a distância súpero-inferior que a linha real toma em relação a posição relativa, ou seja, indica quanto a margem anterior do FM se elevou, em relação à posição ideal (Fig. 1). Para tanto, foi realizado o cálculo do Teorema de Pitágoras: $a^2 + b^2 = c^2$, sendo $a = \sqrt{c^2 - b^2}$.

2.4.2 Medidas angulares

Para realizar as medidas de ângulo foi utilizada a ferramenta “ângulo” do Osirix, que a partir de 3 pontos anatômicos atribuiu valores em graus. O ângulo do FM proposto para IB por Nascimento e colaboradores (2021) (13), neste estudo foi reproduzido e considerando também a presença de MCI. Este ângulo parte da espinha nasal posterior até o opístio, deste até o bácio. Realizamos ainda o ângulo do FM, obtido através das linhas real e relativa, sendo o cálculo feito através da fórmula matemática: $\alpha = \arccos\left(\frac{b}{c}\right)$ (Fig.1).

2.4.3 Medidas de área

Para todas as medidas de área utilizamos a ferramenta 3D multi-planar reconstruction (3D MPR). Inicialmente, o FM foi localizado e posicionado anatomicamente nos 3 planos (sagital, axial e coronal), após esta etapa, escolhemos o plano axial da RM para mensurar a área do FM e para obter o resultado utilizamos a ferramenta polígono fechado em (mm²). O FM foi classificado como: Tipo I (pequena) com área inferior a 499 mm²; o tipo II (intermediária) variando de 500 a 599 mm²; o

tipo III (grande) com valores acima de 600 mm² com adaptações de (Tubbs *et al.*, 2010).

Calculamos a área de ocupação do FM e área do espaço do líquido cerebrospinal. Na área de ocupação do FM, foram delimitadas individualmente todas as áreas de estruturas que atravessavam o FM: medula espinal ou bulbo; artérias vertebrais (direita e esquerda); tonsilas cerebelares (direita e/ou esquerda); membranas e o ápice do dente do eixo (quando presente) (Fig. 2). Enquanto a área do espaço do líquido cerebrospinal está inscrita na área do FM e é o local de passagem do líquido cerebrospinal, sendo obtido através do cálculo de subtração de todas as áreas das estruturas que ocupam o FM (Fig. 3).

2.5 Análise estatística

Análise descritiva e inferencial foram executadas no software SPSS versão 20. A análise descritiva das variáveis categóricas foi realizada por meio de frequência absoluta e relativa. Todos os testes foram calculados no intervalo de confiança de 95%, assumindo como diferença estatisticamente significativa um p-valor menor ou igual a 0,05. A normalidade foi avaliada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. O Teste t foi utilizado para avaliar se houve diferença entre os sexos dentro de cada um dos agrupamentos (controle, MCI isolada, IB isolada, MCI associada à IB). A Anova univariada seguida do teste post-hoc de Tukey foi utilizada para avaliar a diferença entre os agrupamentos, de modo independente para cada um dos sexos.

3. Resultados

3.1 Caracterização da amostra

A amostra foi composta por 161 exames de imagens de RM. Um total de 37/161 (22,8%) pacientes sem doença (MCI e/ou IB) foi alocado no grupo controle, sendo 21/37 (56,8%) do sexo feminino. Os grupos de pacientes portadores de MCI e/ou IB foram organizados da seguinte forma: IB isolada 31/161 (19,3%), destes 19/32 (59,4%) feminino; MCI isolada 37/161 (22,9%), sendo 31/37 (83,8%) feminino; MCI+IB 56/161 (34,7%), destes 29/56 (51,8%) feminino. A idade da amostra variou de 18 a 90

anos ($52,1 \pm 17,3$). A braquicefalia foi observada em 140/161 (87%) dos casos, mantendo prevalência acima de 75% em todos os grupos do estudo.

3.2 Análise descritiva do FM

O formato do FM no grupo controle apresentou uma maior prevalência do hexágono, tanto no sexo feminino 12/21 (57,1%), quanto no sexo masculino 8/16 (50,0%). Todos os grupos portadores de MCI e/ou IB o formato losango foi mais prevalente, apenas no grupo MCI masculino foi observado o hexágono. O formato irregular foi observado apenas nos grupos doentes, sendo mais evidente no grupo MCI+IB masculino 4/27 (14,8%) (Tabela 1).

De acordo com a classificação de Govsa e colaboradores (2011) (12) para o índice do FM, a nossa amostra mostrou o FM largo em todos os grupos e ambos os sexos (Tabela 1). Quanto à classificação do FM utilizando o estudo de Tubbs e colaboradores (2010) (14), todos grupos e ambos os sexos apresentaram o FM grande (Tabela 1).

3.3 Análise das medidas lineares do FM

As descrições detalhadas estão disponíveis na Tabela 2.

Diâmetros do FM

Não houve diferença significativa no diâmetro AP do FM entre os grupos da amostra masculina ($p=0,079$). O diâmetro AP do FM apresentou diferença significativa entre os grupos da amostra feminina ($p=0,023$), porém as comparações múltiplas não revelaram significância estatística no teste post-hoc. Não houve diferença entre os sexos para o diâmetro AP do FM em nenhum dos agrupamentos.

Entre as RMs masculinas, constatou-se aumento significativo do diâmetro LL do FM no grupo MCI+IB em comparação ao grupo controle ($p=0,021$). Não houve diferença significativa nas comparações IB versus MCI+IB/MCI/controle ($p=0,896/p=0,998/p=0,244$) e MCI versus MCI+IB/controle ($p=0,887/p=0,576$). Já na amostra feminina, houve um aumento significativo do diâmetro LL do FM no grupo

MCI+IB em comparação aos grupos MCI ($p=0,008$) e controle ($p=0,002$). Não houve diferença significativa nas comparações IB versus MCI+IB/MCI/Controle ($p=0,084/p=0,974/p=0,678$) e MCI versus controle ($p=0,841$). Não houve diferença entre os sexos para o diâmetro LL do FM em nenhum dos agrupamentos.

Linha real e relativa do FM

Na amostra masculina, a diferença entre as linhas relativa e real foi significativamente maior nos grupos MCI+IB e IB quando comparados ao grupo controle ($p=0,001/p=0,010$), bem como o grupo MCI apresentou valores significativamente menores que no grupo MCI+IB ($p=0,029$). Não houve diferença significativa nas comparações IB versus MCI+IB/MCI ($p=1,000/p=0,056$) e MCI versus controle ($p=0,999$). Em se tratando da amostra feminina, a diferença entre as linhas relativa e real foi significativamente maior no grupo MCI+IB quando comparado aos grupos MCI ($p<0,001$) e controle ($p=0,002$). Não houve diferença significativa nas comparações IB versus MCI+IB/MCI/controle ($p=0,520/p=0,072/p=0,192$) e MCI versus controle ($p=0,990$). A diferença entre as linhas relativa e real não apresentou variação em relação ao sexo em nenhum dos agrupamentos.

A altura entre as linhas no sexo masculino foi maior nos grupos MCI+IB e IB quando comparados ao grupo controle ($p<0,001/p<0,001$) e ao grupo MCI ($p=0,007/p=0,005$). Não houve diferença significativa nas comparações MCI+IB versus IB ($p=0,947$) e MCI versus controle ($p=0,998$). O mesmo padrão foi constatado entre as RMs femininas, sendo a altura entre as linhas maior nos grupos MCI+IB e IB quando comparados ao grupo controle ($p<0,001/p=0,007$) e ao grupo MCI ($p<0,001/p=0,005$). Não houve diferença significativa nas comparações MCI+IB versus IB ($p=0,828$) e MCI versus controle ($p=0,996$). A altura entre as linhas relativa e real não apresentou variação entre os sexos em nenhum dos agrupamentos.

3.4 Análise das medidas angulares do FM

As descrições detalhadas dos tópicos 3.4 e 3.5 estão disponíveis na Tabela 3.

Ângulos do FM

Na amostra masculina, o ângulo entre as linhas foi maior nos grupos MCI+IB e IB quando comparados ao grupo controle ($p<0,001/p=0,001$) e ao grupo MCI ($p=0,003/p=0,006$). Não houve diferença significativa nas comparações MCI+IB versus IB ($p=0,998$) e MCI versus controle ($p=0,986$). O mesmo padrão foi constatado na amostra feminina, sendo o ângulo entre as linhas maior nos grupos MCI+IB e IB quando comparados ao grupo controle ($p<0,001/p=0,018$) e ao grupo MCI ($p<0,001/p=0,012$). Não houve diferença significativa nas comparações MCI+IB versus IB ($p=0,632$) e MCI versus controle ($p=0,999$). O ângulo entre as linhas relativa e real não apresentou variação entre os sexos em nenhum dos agrupamentos.

O ângulo do FM nas RMs masculinas foi maior nos grupos MCI+IB e IB quando comparados ao grupo controle ($p<0,001/p<0,001$) e ao grupo MCI ($p<0,001/p=0,022$). Não houve diferença significativa nas comparações MCI+IB versus IB ($p=0,217$) e MCI versus controle ($p=0,935$). Padrão similar foi constatado nas RMs femininas, sendo o ângulo do FM maior nos grupos MCI+IB e IB quando comparados ao grupo controle ($p<0,001/p<0,001$) e ao grupo MCI ($p<0,001/p<0,001$). Não houve diferença significativa nas comparações MCI+IB versus IB ($p=0,086$) e MCI versus controle ($p=0,989$). O ângulo do FM não apresentou variação entre os sexos em nenhum dos agrupamentos.

3.5 Análise das medidas de área do FM

Área do FM

Não houve diferença significativa na área do FM nem entre os grupos da amostra masculina ($p=0,313$), nem entre os grupos da amostra feminina ($p=0,338$). Do mesmo modo, não houve diferença entre os sexos para a área do FM em nenhum dos agrupamentos.

Área ocupada e área livre do FM

A área ocupada do FM na amostra masculina foi maior nos grupos MCI+IB e MCI quando comparados ao grupo controle ($p<0,001/p=0,007$), bem como foi maior no

grupo MCI+IB em comparação ao grupo IB ($p=0,012$). Não houve diferença significativa nas comparações IB versus MCI/controle ($p=0,174/p=0,388$) e MCI+IB versus MCI ($p=0,999$). Já na amostra feminina, a área ocupada do FM foi maior nos grupos MCI+IB e MCI quando comparados ao grupo controle ($p<0,001/p<0,001$). Não houve diferença significativa nas comparações IB versus MCI+IB/MCI/controle ($p=0,063/p=0,392/p=0,061$) e MCI+IB versus MCI ($p=0,683$). Não houve diferença entre os sexos para a área ocupada do FM em nenhum dos agrupamentos.

A área do espaço liquórico na amostra masculina foi menor nos grupos MCI+IB e MCI quando comparados ao grupo controle ($p<0,001/p=0,004$), bem como o grupo MCI+IB apresentou diminuição desse espaço quando comparado ao grupo IB ($p=0,045$). Não houve diferença nas comparações MCI versus MCI+IB/IB ($p=0,922/p=0,085$) e IB versus controle ($p=0,520$). Já na amostra feminina, a área do espaço liquórico foi menor nos grupos MCI+IB e MCI quando comparados ao grupo controle ($p<0,001/p<0,001$), bem como o grupo MCI apresentou diminuição desse espaço quando comparado ao grupo IB ($p=0,030$). Não houve diferença nas comparações MCI+IB versus IB/MCI ($p=0,071/p=0,985$) e IB versus controle ($p=0,294$). Não houve diferença entre os sexos para a área do espaço liquórico em nenhum dos agrupamentos.

4. Discussão

O presente estudo analisou o FM através de medidas morfométricas (lineares, angulares e área) na IB, MCI, MCI+IB e controle. O FM não deve ser avaliado de forma generalizada, pois existe um comportamento morfológico diferente do forame quando há IB/MCI isoladas e quando estão associadas. Na IB isolada observamos alterações ósseas, ou seja, o impacto direto no FM, porém, na MCI isolada apenas as partes moles são afetadas. Além disso, o padrão morfológico do FM na MCI isolada se aproxima ao observado no grupo controle. Enquanto na MCI+IB as alterações são mais acentuadas.

O formato do FM é um parâmetro subjetivo com vasta classificação na literatura e não existe um consenso entre os autores para a quantidade de tipos e a sua classificação. Contudo, é comum a utilização das formas geométricas como parâmetro para a categorização do FM (Kazi; Nadaf; Gai, 2014; Kumar; Dave; Anwar, 2015;

Murshed; Çiçekcibaşı; Tuncer, 2003). Tendo em vista a classificação dos formatos do FM na literatura, propomos uma categoria de formatos levando em consideração os tipos mais observados com base na geometria.

O tipo hexágono foi o mais prevalente no grupo controle. Entretanto, o formato oval é normalmente descrito para o FM (Kazi; Nadaf; Gai, 2014; Kumar; Dave; Anwar, 2015). Um estudo encontrou o formato oval numa amostra de MCI pediátrica (Kamaşak *et al.*, 2023). Na nossa amostra, a maioria dos grupos com malformações apresentaram o formato losango. Na MCI o formato do FM já foi referência na escolha da abordagem cirúrgica, formatos como hexágono são considerados com grande margem anterior do FM e os pacientes tiveram sucesso na ressecção, enquanto o losango apresenta margem anterior estreita e podem apresentar dificuldade de acesso em procedimentos cirúrgicos (Furtado *et al.*, 2010; Govsa *et al.*, 2011).

O formato irregular se configura na distorção das margens do FM (Chethan *et al.*, 2012; Kumar; Dave; Anwar, 2015; Natsis *et al.*, 2013). No nosso estudo esteve especialmente presente na IB e MCI+IB, e parece plausível que a obliquidade observada na IB acarreta um maior impacto de distorção do FM, em razão de sua alteração ser predominantemente óssea. Contudo, em outros estudos este formato também já foi observado na MCI (Furtado *et al.*, 2010; Turamanlar *et al.*, 2021).

Todos os FM avaliados em nossa amostra se enquadram como tipo III (FM grande) na classificação de Tubbs e colaboradores (2010) (14). O FM grande não implica que haverá espaço confortável para as estruturas neurovasculares, pois a inclinação do FM pode reduzir o orifício de passagem. Além disso, pacientes com IB podem ter o diâmetro AP mais curto nas primeiras vértebras cervicais e isso pode ajudar na compressão das estruturas neurais (Ji *et al.*, 2018). Observamos um índice do FM largo em todos os grupos, reflexo de um FM grande. Enquanto indivíduos saudáveis podem apresentar FM estreito (Govsa *et al.*, 2011).

O grupo MCI+IB feminino mostrou significativamente maiores diâmetros AP e LL do FM, sendo este último também no sexo masculino. O aumento do diâmetro AP pode ser justificado pela hipoplasia óssea causada pela IB que tende a ser mais acentuada na MCI+IB. Não encontramos diferença entre os sexos nos diâmetros do FM. Contudo, a literatura traz que os diâmetros do FM tendem a ser maiores em

homens, isto pode ocorrer tanto no diâmetro LL ou AP (Iqbal; Robert; Mathew, 2017; Kumar; Dave; Anwar, 2015; Manoel *et al.*, 2009), ou ambos (Göçmez *et al.*, 2014; Kazi; Nadaf; Gai, 2014). Como era esperado, não encontramos diferença nos diâmetros do FM para MCI isolado comparado ao controle já que ambos possuem comportamento similar, isto também foi observado em outros estudos (Furtado *et al.*, 2010; Noudel *et al.*, 2009). Em Turamanlar e colaboradores (2022) (22) as medidas AP, LL e área do FM na MCI feminino foram maiores que o controle, enquanto nenhuma diferença significativa foi observada em pacientes do sexo masculino.

Estabelecemos duas linhas para o FM (real e relativa), onde o comparativo entre as linhas foi mais evidente entre os portadores de IB com e sem MCI associada, caracterizando uma obliquidade e anteriorização acentuada da margem anterior do FM em ambos os sexos. Isso pode estar acontecendo em função do subdesenvolvimento do componente anterior do osso occipital (basioccipital) ou clivo hipoplásico. A hipoplasia do clivo é uma das características da IB tipo B (Goel, 2009; Smoker; Khanna, 2008), que é representativa no Nordeste do Brasil (Frade *et al.*, 2017; Nascimento *et al.*, 2018; Silva *et al.*, 1994). No grupo MCI estes parâmetros se mantiveram normais, sem impacto na estrutura óssea do FM.

Outra mensuração eficaz para demonstrar o quanto o FM está inclinado na IB foi o ângulo do FM. O nosso estudo foi o pioneiro a reproduzir numa amostra de IB, MCI, MCI+IB e controle, os grupos IB com e sem associação a MCI de ambos os sexos mostraram uma forte inclinação do FM, os ângulos entre as linhas real e relativa do FM apresentaram valores similares ao ângulo do FM. A considerável abertura do ângulo do FM na IB mostra que ela impacta fortemente no componente ósseo anterior do FM. A MCI isolada não apresenta ângulo aberto e se aproxima do controle. Inclusive, o nosso grupo já mostrou que esse pode ser um parâmetro para diagnosticar a IB do tipo B (Nascimento *et al.*, 2021), podendo ser uma medida auxiliar à medida clássica proposta por Chamberlain (Chamberlain, 1939). Este ângulo já foi reproduzido também em pacientes com IB tipo A e mostrou valores próximos com a IB tipo B (Jian *et al.*, 2022).

O nosso estudo não encontrou diferença significativa na análise da área do FM entre os grupos, achados parciais, similares a este foram descritos para MCI isolada e controle (Botelho *et al.*, 2020; Furtado *et al.*, 2010). Quanto à ocupação do FM pelas

estruturas neurovasculares, os grupos MCI com e sem associação da IB de ambos os sexos mostraram uma superlotação de estruturas neurais e a redução da circulação do líquido cefalorraquiano no FM. Isto ocorre devido uma forte presença das tonsilas cerebelares ocupando póstero-lateralmente o FM na MCI. Por sua vez, a MCI+IB apresenta uma ocupação mais severa do FM, pois existe a obliquidade da IB somada à presença das tonsilas cerebelares, devido à forte inclinação do FM também pode ser observado o bulbo e o ápice do dente do eixo.

Apesar da literatura quase sempre considerar as doenças isoladas, na MCI+IB, isto ocorre de forma mais severa. Nesses casos, a fisiopatologia e a cefaleia suboccipital é decorrente da obstrução do líquido cefalorraquiano exercidas pelas tonsilas cerebelares no FM, podendo ser corrigida com cirurgia e o restabelecimento do movimento pulsátil do líquido (Buell; Heiss; Oldfield, 2015). Pacientes do grupo MCI+IB são mais propensos a siringomielia a depender da interrupção do fluxo líquido no FM (Hadley, 2002). O aumento dos espaços de trânsito do líquido cefalorraquiano no FM melhora a sua dinâmica e podem estar associados à resolução dos sintomas clínicos (Quon; Grant; Diluna, 2015). Para o tratamento de MCI+IB e MCI a maioria inclui uma descompressão do FM com dissecação da aracnóide, abertura do quarto ventrículo e duroplastia (Klekamp, 2015).

Este estudo possui algumas limitações, pois tivemos um alto quantitativo de braquicefálicos na amostra (87%), isto inviabilizou a análise da amostra em participantes braquicefálicos e não braquicefálicos. As análises do FM levando em consideração o tipo cefálico seriam interessantes e inéditas no estudo das malformações, pois um estudo anterior do nosso grupo já mostrou a relação da braquicefalia com a IB (Nascimento *et al.*, 2018). Outro ponto, foi a estratificação da amostra por sexo que diminuiu o quantitativo de participantes por grupo, sobretudo o grupo MCI masculino. Ademais, por ser um estudo retrospectivo tivemos perda de informações clínicas dos participantes que inviabilizou a análise por grupo sintomático e assintomático.

Os grupos IB, MCI e MCI+IB apresentam expressões fenotípicas distintas do FM. A obliquidade e inclinação do FM são características da presença da IB evidenciadas pela perda óssea e elevação da margem anterior do FM. O espaço líquido está reduzido na MCI e MCI+IB pela superlotação das estruturas nervosas no nível do FM.

Todavia, a forte obliquidade do FM na MCI+IB prejudica ainda mais o espaço da circulação líquórica.

5. Referências

ABOULEZZ, Ahmed; SARTOR, Klaus; GEYER, Carl; GADO, Mokhtar. Position of cerebellar tonsils in the normal population and in patients with Chiari Malformation: A quantitative approach with MR imaging. *Journal of Computer Assisted Tomography*, v. 9, n. 6, p. 1033–1036, Nov. 1985.

AMARAL, Denise T; AMARAL, Lázaro Luis F; HERNANDEZ FILHO, Guinel; PUERTAS, Eduardo. Avaliação das relações craniométricas da transição craniovertebral Craniovertebral junction: normal anatomy and craniometry. *Coluna/Columna*, v. 3, n. 2, p. 100–103, 2004.

BARROS, Daniel PM; RIBEIRO, Elayne CO; NASCIMENTO, José JC; SILVA NETO, Eulâmpio J; ARAÚJO-NETO, Severino A. Reliability and Agreement in the Cerebellar Tonsil Tip Localization: Two Methods Using the McRae Line Concept in MRI. *World Neurosurgery*, v. 165, p. e611–e618, Sep. 2022.

BOTELHO, Ricardo V; HERINGER, Lindolfo C; BOTELHO, Pedro B; LOPES, Rosimary A; WAISBERG, Jaques. Posterior Fossa Dimensions of Chiari Malformation Patients Compared with Normal Subjects: Systematic Review and Meta-Analysis. *World Neurosurgery*, v. 138, p. 521- 529.e2, Jun. 2020.

BUELL, Thomas J; HEISS, John D; OLDFIELD, Edward H. Pathogenesis and Cerebrospinal Fluid Hydrodynamics of the Chiari I Malformation. *Neurosurgery Clinics of North America*, v. 26, n. 4, p. 495–499, Oct. 2015.

CHAMBERLAIN, Edward W. Basilar impression (platybasia): A bizarre developmental anomaly of the occipital bone and upper cervical spine with striking and misleading neurologic manifestations. *Yale journal of biology and medicine*, v. 6, n. 8, p. 488–496, Apr. 1939.

CHETHAN, P; PRAKASH, KG; MURLIMANJU, BV. *et al.* Morphological analysis and morphometry of the foramen Magnum: An anatomical investigation. *Turkish Neurosurgery*, v. 22, n. 4, p. 416–419, 2012.

FRADE, Heitor C. *et al.* Cranio-vertebral transition assessment by magnetic resonance imaging in a sample of a northeast Brazilian population. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*,

v. 75, n. 7, p. 419–423, Jul. 2017.

FURTADO, Sunil V; THAKRE, Darpan J; VENKATESH, Parsanna K; REDDY, Kalyan, HEGDE, AS. Morphometric analysis of foramen magnum dimensions and intracranial volume in pediatric Chiari I Malformation. *Acta Neurochirurgica*, v. 152, n. 2, p. 221–227, Feb. 2010.

GÖÇMEZ, Cüneyt. *et al.* Three-dimensional analysis of foramen magnum and its adjacent structures. *Journal of Craniofacial Surgery*, v. 25, n. 1, p. 93–97, Jan. 2014.

GOEL, Atul; NADKARNI, Trimurti; SHAH, Adhidha; SATHE, Prashant; PATIL, Manoj. Radiologic Evaluation of Basilar Invagination Without Obvious Atlantoaxial Instability (Group B Basilar Invagination): Analysis Based on a Study of 75 Patients. *World Neurosurgery*, v. 95, p. 375–382, Nov. 2016.

GOEL, Atul. Basilar invagination, Chiari Malformation, syringomyelia: A review. *Neurology India*, v. 57, n. 3, p. 235, May. 2009.

GOVSA, Figen; OZER, Mehmet A; CELIK, Servet; OZMUTAF, Nezh M. Three-dimensional anatomic landmarks of the foramen magnum for the craniovertebral junction. *Journal of Craniofacial Surgery*, v. 22, n. 3, p. 1073–1076, May. 2011.

HAAS, LL. Roentgenological skull measurements and their diagnostic applications. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med*, v. 67, n. 2, p. 197–209, Feb. 1952.

HADLEY, Donald M. The chiari malformations. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, v. 72, p. ii38–ii40, Jun. 2002.

IQBAL, Showkathali; ROBERT, Ambooken P; MATHEW, Dominic. Computed tomographic study of posterior cranial fossa, foramen magnum, and its surgical implications in Chiari malformations. *Asian Journal of Neurosurgery*, v. 12, n. 03, p. 428–435, Jul-sep. 2017.

JI, Wei. *et al.* Radiological evaluation of craniocervical region in patients with basilar invagination. *Spine*, v. 43, n. 22, p. E1305–E1312, Nov. 2018.

JIAN, Qiang. *et al.* Basilar Invagination: A Tilt of the Foramen Magnum. *World Neurosurgery*, v. 164, p. e629–e635, Aug. 2022.

KAMAŞAK, Burcu. *et al.* A new supportive approach in the diagnosis of Chiari malformation type 1 in pediatric patients. *Child's Nervous System*, p. 1581–1587, Jun. 2023.

KLEKAMP, Jörg. Chiari I malformation with and without basilar invagination: A comparative study. *Neurosurgical Focus*, v. 38, n. 4, p. 1–13, Apr. 2015.

KUMAR, Anil; DAVE, Mitesh; ANWAR, Sanam. Morphometric Evaluation of Foramen Magnum in Dry Human Skulls. *International Journal of Anatomy and Research*, v. 3, n. 2, p. 1015–1023, 2015.

MANOEL, CC; PRADO, FB; CARIA, PHF; GROPPA, FC. Morphometric analysis of the foramen magnum in human skulls of brazilian individuals: Its relation to gender. *Brazilian Journal for Morphological Sciences*, v. 26, n. 2, p. 104–108, 2009.

MCCLUGAGE, Samuel G.; OAKES, Jerry W. The Chiari I malformation. *Journal of Neurosurgery: Pediatrics*, v. 24, n. 3, p. 217–226, Sep. 2019.

MURSHED, Khalil; ÇIÇEKÇİBAŞI, Aynur; TUNCER, Isik. Morphometric evaluation of the foramen magnum and variations in its shape: A study on computerized tomographic images of normal adults. *Turkish Journal of Medical Sciences*, v. 33, n. 5, p. 301–306, 2003.

NASCIMENTO, José Jailson C. *et al.* Diagnostic accuracy of classical radiological measurements for basilar invagination of type B at MRI. *European Spine Journal*, v. 28, n. 2, p. 345–352, Nov. 2019.

NASCIMENTO, José Jailson C. *et al.* Foramen Magnum Angle: A New Parameter for Basilar Invagination of Type B. *World Neurosurgery*, v. 152, p. 121–123, Aug. 2021.

NASCIMENTO, José Jailson C. *et al.* Relationship between basilar invagination and brachycephaly in Northeastern Brazil. *European Journal of Radiology*, v. 104, p. 58–63, May. 2018.

NATSIS, K. *et al.* A morphometric anatomical and comparative study of the foramen magnum region in a Greek population. *Surgical and Radiologic Anatomy*, v. 35, n. 10, p. 925–934, Apr. 2013.

NOUDEL, Rémy. *et al.* Incidence of basioccipital hypoplasia in Chiari malformation Type I: Comparative morphometric study of the posterior cranial fossa - Clinical article. *Journal of Neurosurgery*, v. 111, n. 5, p. 1046–1052, Nov. 2009.

QUON, Jennifer L; GRANT, Ryan A; DILUNA, Michael L. Multimodal evaluation of CSF dynamics following extradural decompression for Chiari malformation Type I. *Journal of Neurosurgery: Spine*, v. 22, n. 6, p. 622–630, Jun. 2015.

SILVA, José Alberto G. *et al.* Achados cirúrgicos de 260 casos de impressão basilar. *Arq Neuropsiquiatr*, v. 52, n. 3, p. 363–369, Set. 1994.

SMITH, Justin S; SHAFFREY, Christopher I; ABEL, Mark F; MENEZES, Arnold H. Basilar invagination. *Neurosurgery*, v. 66, n. 3, p. 39–47, Mar. 2010.

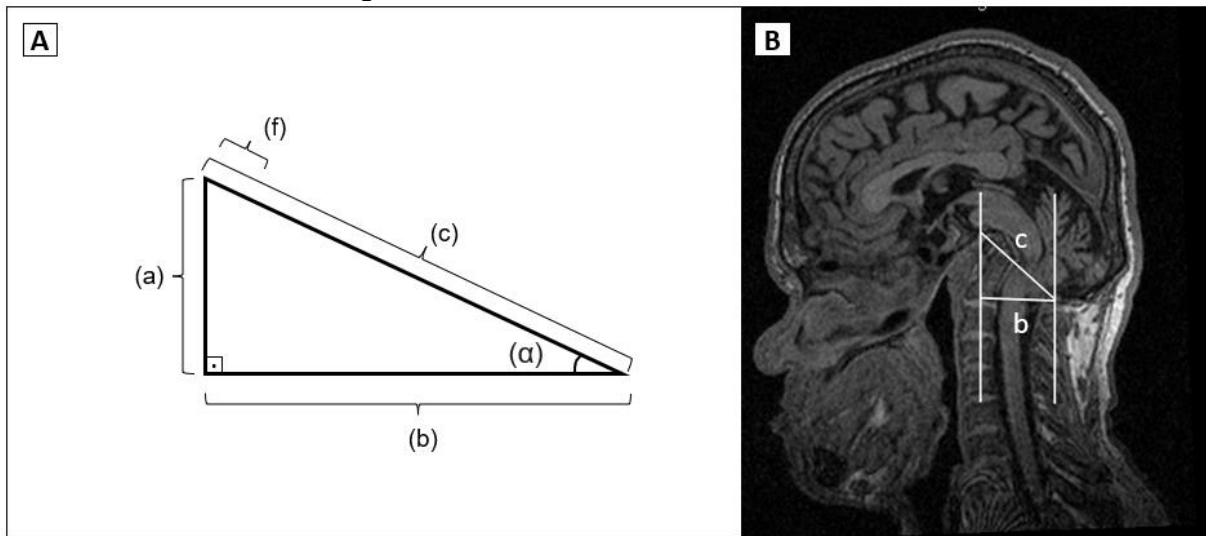
SMOKER, Wendy R. Craniovertebral Junction : Normal and Congenital Anomalies. *Radiographics*, v. 14, n. 2, p. 255–277, Mar. 1994.

SMOKER, Wendy R; KHANNA, Geetika. Imaging the craniocervical junction. *Child's Nervous System*, v. 24, n. 10, p. 1123–1145, Oct. 2008.

TUBBS, Shane R. *et al.* Morphometric analysis of the foramen magnum: An anatomic study. *Neurosurgery*, v. 66, n. 2, p. 385–388, Feb. 2010.

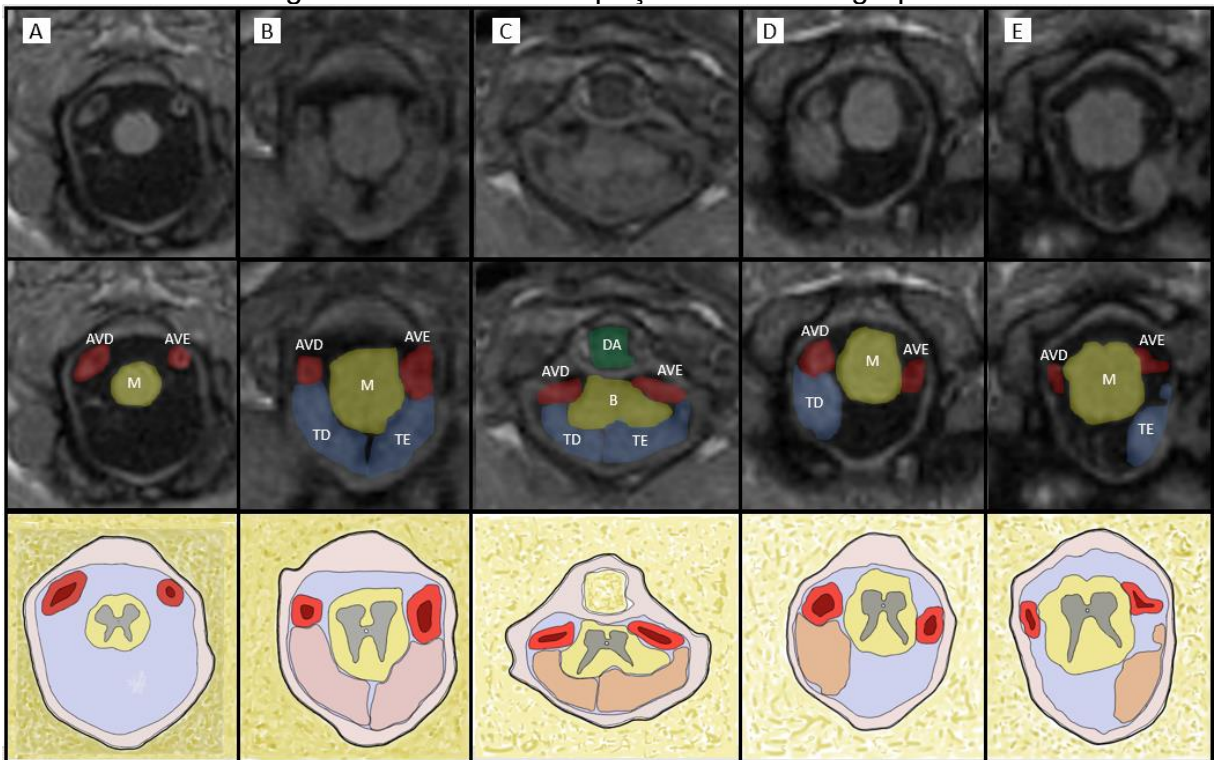
TURAMANLAR, Ozan. *et al.* Does Foramen Magnum Morphometry Influence the Development of Chiari Malformation?. *Turkish Neurosurgery*, v. 31, n. 5, p. 704–709, 2021.

Figura 13 - Linha real e relativa do FM.



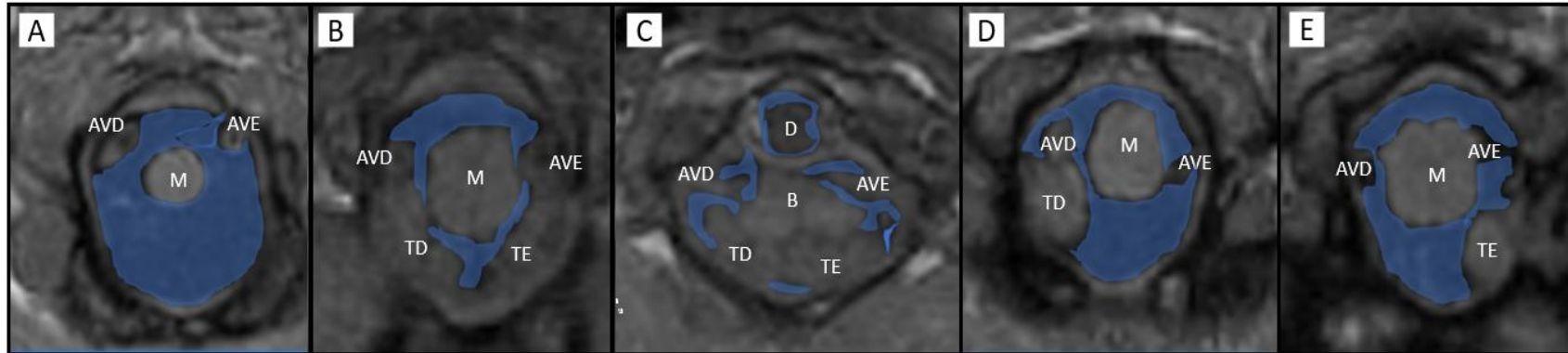
Legenda: A. a = Altura entre as linhas; b = Linha relativa; c = Linha real; f = Diferença entre as linhas; α = Ângulo entre as linhas. B. RM de indivíduo com MCI+IB demonstrando a linha real e relativa do FM. Fonte: NEPI/2021.

Figura 14 - Área de ocupação do FM nos grupos.



Legenda: RMs e desenhos semi-esquemáticos das estruturas neurovasculares na área do FM. A. Controle, com presença da medula espinal (M) e as artérias vertebrais direita (AVD) e esquerda (AVE); B. MCI, presença de grande extensão das duas tonsilas herniadas direita (TD) e esquerda (TE); C. MCI+IB, com presença do bulbo (B) e atenção ao dente do eixo (DA); D. MCI, com herniação unilateral (direita – TD); E. IB. Fonte: NEPI/2021.

Figura 15 - Espaço liquórico do FM nos diferentes grupos.



Legenda: O espaço liquórico no FM está representado em azul, a depender do grupo pode ser observado uma redução no espaço. A. Controle, grande espaço liquórico; B. MCI, com redução do espaço pela presença das tonsilas; C. MCI+IB, muita redução do espaço agravado pela presença do dente do eixo; D. MCI e E. IB. Medula espinal (M); bulbo (B); tonsila direita (TD); tonsila esquerda (TE); artéria vertebral direita (AVD); artéria vertebral esquerda (AVE) e Dente do eixo (D). Fonte: NEPI/2021.

Tabela 2 - Classificação morfológica do FM.

Parâmetro	MCI+IB		IB		MCI		Controle	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Classificação de Govsa								
Masculino								
Estreito	3	11,1%	2	15,4%	1	16,7%	2	12,5%
Médio	3	11,1%	1	7,7%	1	16,7%	3	18,8%
Largo	21	77,8%	10	76,9%	4	66,7%	11	68,8%
Total	27	100,0%	13	100,0%	6	100,0%	16	100,0%
Feminino								
Estreito	2	6,9%	2	11,1%	3	9,7%	3	14,3%
Médio	4	13,8%	3	16,7%	7	22,6%	6	28,6%
Largo	23	79,3%	13	72,2%	21	67,7%	12	57,1%
Total	29	100,0%	18	100,0%	31	100,0%	21	100,0%
Classificação de Tubbs								
Masculino								
Pequeno	-	-	-	-	-	-	-	-
Intermediário	-	-	-	-	-	-	-	-
Grande	27	100,0%	13	100,0%	6	100,0%	16	100,0%
Total	27	100,0%	13	100,0%	6	100,0%	16	100,0%
Feminino								
Pequeno	-	-	-	-	-	-	-	-
Intermediário	-	-	-	-	-	-	-	-
Grande	29	100,0%	18	100,0%	31	100,0%	21	100,0%
Total	29	100,0%	18	100,0%	31	100,0%	21	100,0%
Formato do FM								
Masculino								
Hexagonal	3	11,1%	-	-	3	50,0%	8	50,0%
Losango	13	48,1%	7	53,8%	1	16,7%	3	18,8%
Redondo	5	18,5%	5	38,5%	1	16,7%	2	12,5%
Oval	2	7,4%	-	-	-	-	3	18,8%
Irregular	4	14,8%	1	7,7%	1	16,7%	-	-
Total	27	100,0%	13	100,0%	6	100,0%	16	100,0%
Feminino								
Hexagonal	4	13,8%	5	27,8%	6	19,4%	12	57,1%
Losango	16	55,2%	6	33,3%	12	38,7%	1	4,8%
Redondo	5	17,2%	2	11,1%	4	12,9%	5	23,8%
Oval	2	6,9%	3	16,7%	9	29,0%	3	14,3%
Irregular	2	6,9%	2	11,1%	-	-	-	-
Total	29	100,0%	18	100,0%	31	100,0%	21	100,0%

Tabela 3 - Medidas lineares do FM.

Parâmetro	MCI+IB				IB				MCI				Controle				Sig.*
	Média	DP	n	KS	média	DP	n	KS	Média	DP	n	KS	Média	DP	n	KS	
Comprimento AP do FM (mm)																	
Masculino	40,05	5,16	27	0,509	41,46	4,74	13	0,863	38,37	3,27	6	1,000	37,44	2,19	16	0,455	0,079
Feminino	39,86 ^a	7,18	29	0,252	39,84 ^a	4,02	18	0,551	36,51 ^a	2,80	31	0,934	36,94 ^a	4,69	21	0,234	0,023
Teste T p-valor				0,914				0,312				0,155				0,700	
Comprimento LL do FM (mm)																	
Masculino	35,28 ^a	4,23	27	1,000	34,52 ^{a,b}	1,92	13	0,969	34,23 ^{a,b}	2,59	6	0,872	32,25 ^b	1,95	16	0,919	0,037
Feminino	35,59 ^b	3,01	29	0,625	33,26 ^{a,b}	2,74	18	0,988	32,85 ^a	3,43	31	0,646	32,09 ^a	3,66	21	0,660	0,001
Teste T p-valor				0,751				0,164				0,356				0,863	
Diferença entre as linhas (mm)																	
Masculino	4,94 ^b	4,21	27	0,629	4,90 ^b	3,23	13	0,799	0,77 ^a	1,02	6	0,353	0,98 ^a	0,87	16	0,747	<0,001
Feminino	4,79 ^b	4,78	29	0,263	3,50 ^{a,b}	3,04	18	0,205	1,21 ^a	1,22	31	0,361	1,48 ^a	2,14	21	0,124	<0,001
Teste T p-valor				0,900				0,227				0,408				0,342	
Altura entre as linhas (mm)																	
Masculino	17,48 ^b	8,33	27	0,997	18,76 ^b	7,20	13	0,509	6,92 ^a	3,96	6	0,702	7,46 ^a	4,33	16	0,995	<0,001
Feminino	16,62 ^b	8,02	29	0,703	14,92 ^b	6,30	18	0,748	8,23 ^a	4,79	31	0,964	7,81 ^a	7,19	21	0,815	<0,001
Teste T p-valor				0,697				0,126				0,533				0,863	

* = ANOVA; a ou b = identificação de subconjuntos homogêneos (linha).

Tabela 4 - Medidas angulares e áreas do FM.

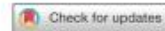
Parâmetro	MCI+IB				IB				MCI				Controle				Sig.*
	Média	DP	n	KS	Média	DP	N	KS	Média	DP	n	KS	Média	DP	n	KS	
Ângulo entre as linhas (°)																	
Masculino	25,92 ^b	12,39	27	0,976	26,53 ^b	8,47	13	0,974	9,74 ^a	6,09	6	0,500	11,38 ^a	6,64	16	0,995	<0,001
Feminino	26,10 ^b	13,18	29	0,365	22,37 ^b	9,92	18	0,591	12,69 ^a	7,20	31	0,998	12,31 ^a	10,52	21	0,867	<0,001
Teste T p-valor				0,959				0,231				0,355				0,759	
Ângulo do FM (°)																	
Masculino	27,97 ^b	8,09	27	0,307	23,50 ^b	8,12	13	0,837	13,60 ^a	2,80	6	0,987	11,69 ^a	2,89	16	0,800	<0,001
Feminino	30,90 ^b	10,67	29	0,487	25,08 ^b	6,83	18	0,941	14,96 ^a	7,09	31	0,972	14,22 ^a	6,15	21	0,966	<0,001
Teste T p-valor				0,255				0,563				0,649				0,107	
Área do FM (mm ²)																	
Masculino	1047,41	246,56	27	0,701	972,87	195,32	13	0,998	1005,7	126,21	6	0,940	932,62	103,25	16	0,886	0,313
Feminino	967,90	200,61	29	0,616	943,12	136,44	18	0,836	913,8	133,06	31	0,863	889,19	153,46	21	0,324	0,338
Teste T p-valor				0,190				0,621				0,128				0,336	
Área de ocupação do FM (mm ²)																	
Masculino	842,32 ^b	195,70	27	0,117	662,16 ^{a,b}	156,52	13	0,942	833,76 ^b	77,21	6	0,834	562,16 ^a	143,53	16	0,983	<0,001
Feminino	786,61 ^b	190,58	29	0,080	672,93 ^b	166,02	18	1,000	743,46 ^b	118,52	31	0,915	550,79 ^a	108,53	21	0,941	<0,001
Teste T p-valor				0,285				0,857				0,083				0,785	
Área do espaço líquido (mm ²)																	
Masculino	205,09 ^{a,b}	99,98	27	0,281	310,71 ^{b,c}	166,04	13	0,995	172,01 ^a	58,21	6	0,919	370,46 ^c	108,76	16	0,722	<0,001
Feminino	181,28 ^{a,b}	100,64	29	0,527	270,19 ^{b,c}	137,46	18	0,636	170,40 ^a	103,84	31	0,377	338,40 ^c	147,97	21	1,000	<0,001
Teste T p-valor				0,379				0,464				0,971				0,471	

* = ANOVA; a,b ou c = identificação de subconjuntos homogêneos (linha).

5.2 ARTIGO 2

O artigo “Anatomical implications of Chiari I and Basilar Invagination (type B) in the IV ventricle and cisterna magna” foi publicado no periódico *World Neurosurgery*, volume 178, p. e750-e757, 2023, link para acesso: 10.1016/j.wneu.2023.07.154. Epub 2023 Aug 9.

ORIGINAL ARTICLE



Anatomical Implications of Chiari I and Basilar Invagination (Type B) in the IV Ventricle and Cisterna Magna

Elayne Cristina de Oliveira Ribeiro^{1,3}, Daniel Pereira Maurício de Barros³, José Jailson Costa do Nascimento^{2,3}, Eulámpio José da Silva Neto², Severino Aires de Araújo Neto³, Marcelo Moraes Valença^{1,3}

■ **OBJECTIVE:** To analyze the anatomical changes of the IV ventricle and cisterna magna in the Chiari malformation I (CMI) and basilar invagination (type B).

■ **METHODS:** This is a controlled study with 161 exams of magnetic resonance imaging (MRI) of adults grouped into control (n = 37), basilar invagination (BI; n = 31), Chiari malformation I (CMI; n = 37), and CMI + BI (n = 56). The MRIs were analyzed using the visualization software Osirix (Pixmeo, Bernex, Geneva, version 3.8.2). The morphometric variables were: distance from the obex to the McRae line; length of the IV ventricle floor; and the area and volume of the cisterna magna. The univariate ANOVA followed by Tukey's post-hoc test was applied to evaluate the difference between the groups. The difference between sexes was evaluated by the *t* test for each group.

■ **RESULTS:** Alterations in the cisterna magna and IV ventricle were more evident only in the CMI and CMI + BI groups. For both sexes, the CMI and CMI + BI groups showed: a reduction in the CSF space ($P < 0.001$), cisterna magna with volume reduction ($P < 0.001$), low position of the obex ($P < 0.001$), and IV ventricle more elongated (male $P = 0.007$ and female $P < 0.001$). The BI group had no significant change in the analysis by sex.

■ **CONCLUSIONS:** The CMI (isolated and associated with BI) showed a low obex position and elongation of the IV ventricle due to traction towards the spinal canal. The reduction of cisterna magna volume added to the occupation of the cerebellar tonsils can impact in the

cerebrospinal fluid dynamics. The BI when isolated was not related to alterations in the parameters of cerebrospinal fluid spaces studied.

INTRODUCTION

Chiari malformation type I (CMI) and basilar invagination (BI) are frequent craniocervical abnormalities that, in some individuals, may occur associated.¹⁻³ BI type B is characterized by elevation of the axis tooth and anterior margin of the foramen magnum.^{4,5} CMI is characterized by herniation of the cerebellar tonsils (≥ 5 mm) through the foramen magnum,^{6,7} being the most common among Chiari types in adult.⁸ The association of CMI and BI type B results in evident bone changes, including compression of anterior subarachnoid space.⁹

The restriction of space in the posterior cranial fossa in CMI¹⁰ forces the occupation of the cerebellar tonsils in the cisterna magna and which can impact the flow of cerebrospinal fluid (CSF) and increase the chance of symptoms appearance.^{9,11,12} This anatomical characteristic justifies one of its main clinical manifestations, the headache.¹³⁻¹⁵

The IV ventricle and the cisterna magna are complex structures involved in the unidirectional flow of the CSF, which migrates from the “ventricular system” to the subarachnoid space through the median (of Magedie) and lateral openings (of Luschka) of the medulla. The cisterna magna occupied by cerebellar tonsils is also called “cisterna magna impacted”, and may be a risk factor for the development of syringomyelia.^{16,17}

Key words

- Basilar invagination
- Chiari I
- Cisterna magna
- Cerebrospinal fluid
- IV ventricle

Abbreviations and Acronyms

- BI: Basilar invagination
- CMI: Chiari Malformation I
- CSF: Cerebrospinal fluid
- MRI: Magnetic resonance imaging

From the ¹Postgraduate Program in Biological Sciences of the Federal University of Pernambuco, Recife; ²Department of Anatomy of the Federal University of Pernambuco, Recife; and ³Center of Medical Sciences of the Federal University of Paraíba, João Pessoa, Brazil

To whom correspondence should be addressed: José Jailson Costa do Nascimento, Ph.D. (E-mail: josejailson4@gmail.com)

Citation: World Neurosurg. (2023) 178:e750-e757.
https://doi.org/10.1016/j.wneu.2023.07.154

Journal homepage: www.journals.elsevier.com/world-neurosurgery

Available online: www.sciencedirect.com

1878-6750/\$ - see front matter © 2023 Elsevier Inc. All rights reserved.

The present study aimed to analyze the anatomical changes in the CSF spaces of the IV ventricle and cisterna magna in the individuals with CMI, BI, or both.

METHODS

Study Design and Ethical Considerations

This is a retrospective, observational, and controlled study. This research was approved by the ethics committee of the institution, with the number: 46952921.4.0000.8069.

Participants

First Phase of Sampling: Initial Screening. The sample consisted of magnetic resonance imaging (MRI) exams performed by a private radiology service. The exams were on spontaneous demand from January 1, 2011, to December 31, 2020. Non-repeated cranial MRIs were considered and performed in patients from 18 years of age, whose request was for their own clinical indications, not related to the protocol of this research.

First, in the control group, 133 MRIs were selected in the period consecutively and randomly. Twenty patients who presented characteristics suggestive of MCI and/or BI were later transferred to the MCI and BI groups. Some control exams were excluded due to the presence of artifacts ($n = 3$), insufficient number of slices ($n = 5$), previous decompression surgery of the posterior cranial fossa ($n = 1$), lesions in the cerebral parenchyma ($n = 14$), skullcap deformity ($n = 1$), and nonspecific clinical information ($n = 65$).

The MCI and BI participants were previously screened through the Radiology Information System tool, using the terms "basilar invagination", "basilar impression" and "Chiari malformation" in the radiologic reports. Duplicate results (association between diseases) and examinations contemplating only cervical spine were not included. Thus, a total of 164 MRIs were included. Some MRI exams were excluded due to the presence of artifacts ($n = 1$), insufficient number of sections ($n = 1$), previous decompressive surgery ($n = 3$), lesions in the cerebral parenchyma ($n = 6$), ventriculomegaly ($n = 4$) and nonspecific clinical information ($n = 32$).

Second Phase of Sampling: Final Definition of the Groups. Subsequently, all MRI exams underwent a double check for validation and final definition of the groups. A protocol was used to measure the cerebellar amygdala position.⁴⁸ The MCI was defined as a herniation greater than or equal to 5 mm through the foramen magnum.⁷ The position of the odontoid process was measured by the distance from the odontoid apex to the Chamberlain line with a cutoff point of 7 mm.⁴⁹ A total of 13 participants screened as non-controls (BI and MCI) in the retrospective evaluation were transferred to the control group because they did not present the radiologic criteria for any of the malformations under study. Thus, the groups of the present study were composed of 161 participants: control ($n = 37$), BI type B ($n = 31$), CMI ($n = 37$), and CMI+BI ($n = 56$).

Exams

The MRI scans were performed in a Magnetom C! Open field of 0.35 T (Siemens Medical Solutions, Erlangen, Germany). Only the

volumetric sagittal T1 pulse sequence was used, called magnetization-prepared rapid gradient-echo, in the phase without intravenous contrast. All examinations were stored in the Digital Imaging and Communications in Medicine format. The data on the images are isotropic voxel with slice thickness ranging from 0.9 to 1.1 mm, FOV 270 mm and phase of 81.3%; base resolution of 256; phase and resolution of 100%; number of acquisitions, 1; TE of 6.5 seconds; TR, 18 seconds; turning angle of 30°. The cuts were 158 to 160 slices for each exam. As a routine service protocol, the exam execution time was increased to a longer time of 7 minutes and 52 seconds. Thus, it was possible to obtain images with satisfactory signal/noise.⁴⁹

Measurements of the Magna Cistern and IV Ventricle

Linear measurements of the IV ventricle and obex, as well as area and volume of the cisterna magna, were performed. The software used in the evaluations was Osirix (Pixmeo, Bernex, Geneva, V.3.9.2) with the tool's "line" for linear measurements and the "closed polygon" for area and volume. The sagittal plane was used for craniometry.

- Position of the obex (mm): Distance from the foramen magnum line (McRae) to the obex. Positive values indicated that the obex is located below the foramen magnum (low obex) and negative values when it was above the plane of the foramen magnum (Figure 1).
- IV ventricle height (mm): Distance from the upper medullary velum to the obex (Figure 1).
- Area of the magna cistern (mm²): The delimitation of the cisterna magna followed the anatomical limits: upper limit = lower part of the cerebellum; posterior = occipital bone; anterior = inferior medullary velum and medulla; and inferior = upper limit of C1.
- "Free" area of the cisterna magna (mm²): In the median sagittal plane, the cerebellar tonsil (when present) was measured. Subsequently, the value of the area of the magna cistern was subtracted by the occupied area of the cerebellar tonsil, resulting in the CSF space (Figure 2).
- Volume of the cisterna magna (cm³): the volumetric extension of the cisterna magna through the rendering of the slice areas (Figure 3).

Statistical Analysis

Descriptive and inferential analysis were performed using SPSS software (version 20; IBM, Armonk, NY). All tests were calculated at the 95% confidence interval, assuming as a statistically significant difference a P value less than or equal to 0.05. Normality distribution was assessed by the Kolmogorov-Smirnov test. The t test was used to assess whether there was a difference between the sexes within each group (control, CMI, BI, and CMI+BI). Univariate ANOVA followed by Tukey's post-hoc test was applied to evaluate the difference between the clusters, independently for each sex.

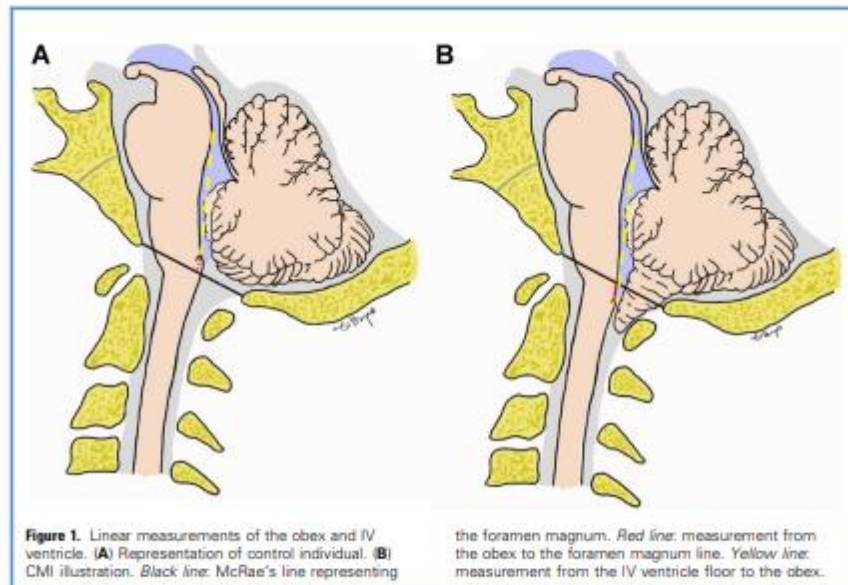


Figure 1. Linear measurements of the obex and IV ventricle. (A) Representation of control individual. (B) CMI illustration. Black line: McRae's line representing

the foramen magnum. Red line: measurement from the obex to the foramen magnum line. Yellow line: measurement from the IV ventricle floor to the obex.

RESULTS

Characterization of the Groups

The sample consisted of 161 MRI imaging exams—Control group: 37 of 161 (23%) of which 21 of 37 (56.8%) were female; BI group: 31 of 161 (19.2%), of which 18 of 31 (58%) were female; CMI group: 37 of 161 (22.9%) with 31 of 37 (83.8%) female; CMI+BI group: 56 of 161 (34.7%), with 29 of 56 (51.8%) female. The age of the sample ranged from 18 to 90 years (52.1 ± 17.3 years).

Quantitative Analysis of Variables

A detailed description of all study variables is available in the Table 1.

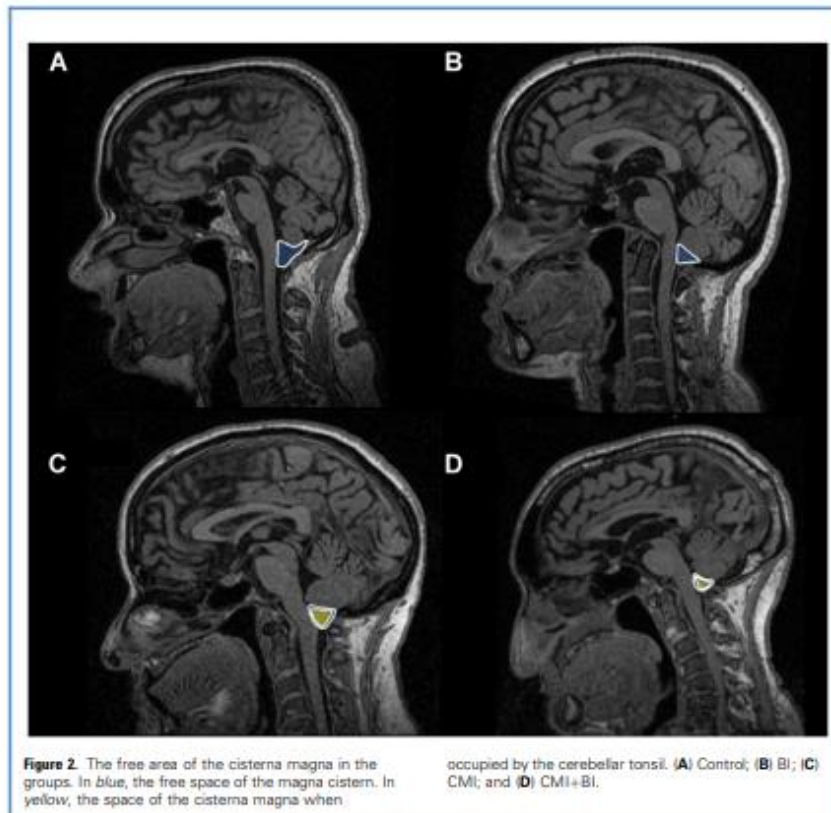
Position of the Obex and Height of the IV Ventricle. The number of cases with obex low in the sample were: Control ($n = 1$), BI ($n = 7$), CMI ($n = 26$), and CMI+BI ($n = 44$). In the male group, the position of the obex was significantly lower in the CMI+BI group when compared with the BI ($P = 0.001$) and control ($P < 0.001$) groups, not differing from the CMI group ($P = 0.153$). There was no significant difference in the comparisons BI versus CMI and control ($P = 0.861/P = 0.315$) and CMI versus control ($P = 0.146$). In the female group, the CMI+BI and CMI groups were similar to each other ($P > 0.999$) and presented the obex position significantly lower than in the BI and control groups ($P < 0.001$); these 2 groups were also similar to each other ($P = 0.953$). In the analysis between sexes, only the CMI and control groups showed significant difference ($P = 0.050/P = 0.007$), with a tendency towards low obex in females.

In male patients, the IV ventricle of the CMI+BI group showed a tendency to “stretching” compared with controls ($P = 0.037$).

There was no statistical significance in the CMI+BI versus CMI and BI comparisons ($P = 0.945/P = 0.058$); BI versus CMI and control ($P = 0.116/P > 0.999$); and CMI versus control ($P = 0.099$). In female patients, the CMI+BI and CMI groups were similar to each other ($P = 0.757$) and presented the IV ventricle more elongated in comparison with the BI ($P = 0.001/P < 0.001$) and control ($P < 0.001/P < 0.001$) groups; the latter also similar to each other ($P > 0.999$). There was no difference between the sexes for the position of the IV ventricle in any of the groups.

“Free” Area and Volume of the Cisterna Magna. In the male group, the free area of the cisterna magna of the CMI+BI and CMI groups was similar to each other ($P = 0.998$) and presented a significantly smaller cisterna magna than in the BI ($P = 0.003/P = 0.046$) and control ($P < 0.001/P = 0.017$) groups; the latter also similar to each other ($P = 0.982$). The same pattern was observed for female patients (Table 1). Regarding sexual dimorphism, a significant difference was observed only in the CMI ($P = 0.035$) and control ($P = 0.021$) groups, with a tendency towards a smaller free area of the cisterna magna in female individuals.

The volume of the cisterna magna in the male group was lower in the CMI+BI group when compared to the BI ($P < 0.001$) and control ($P = 0.036$) groups. Similarly, the CMI group presented a significantly lower cisterna magna volume than the BI group ($P = 0.014$). There was no significant difference in the comparisons CMI versus CMI+BI/Control ($P = 0.999/P = 0.334$) and BI versus Control ($P = 0.216$). In female individuals, the volume of the cisterna magna was lower in the CMI+BI group when compared with the BI ($P = 0.015$) and control ($P = 0.002$) groups. The CMI group had a smaller cistern volume than the control group ($P = 0.022$). There was no significant difference in the comparisons CMI versus CMI+BI and BI



($P = 0.827/P = 0.094$) and BI versus control ($P = 0.977$). Only the CMI group presented a significant difference in the analysis of sexual difference ($P = 0.007$), with a tendency towards a smaller volume of the cisterna magna in females.

DISCUSSION

The present study analyzed morphometric parameters of the obex, IV ventricle, and cisterna magna in the CMI and BI with and without association and categorized by sex. Only in the CMI isolated and associated with BI groups there was a lower displacement of the obex with elongation of the IV ventricle and reduction of the cisterna magna. The IV ventricle is an important region for the flow of cerebrospinal fluid, which migrates into the subarachnoid space through the median and lateral openings of the medulla. Such changes in CMI associated with herniation of the cerebellar tonsils may cause CSF flow disorders and exacerbate occipital headache.^{20,22}

In this study, the BI group did not show IV ventricular elongation or reduction of the cisterna magna. These changes were

only present when BI was associated with CMI. Alterations of the BI type B involve anterior structures of the skull base, such as clivus hypoplasia and odontoid process,²³ without direct impaction in the cisterna magna. A similar pattern has already been observed in individuals with CMI and reduced cisterna magna presenting a shorter clivus and less CSF flow in the anterior region of the brainstem.¹² In studies evaluating CSF flow dynamics in patients with CMI, it is necessary to consider BI, which may act as a confounding factor.

The CMI and CMI+BI groups presented elongation of the IV ventricle, which suggests some "inferior traction" of the central nervous system of the posterior fossa, and not only of the cerebellar tonsils. Other studies have shown that the area of the IV ventricle is larger in CMI.^{23,24} These findings may be associated with a so-called "occult tethered cord syndrome".²⁵ In CMI the IV ventricle can serve in clinical and surgical conducts, because patients undergoing surgery also had larger IV ventricles when compared to the non-surgical group.²³ As well, symptomatic patients presented a higher angle of the IV ventricle compared to the asymptomatic and control groups.²⁴

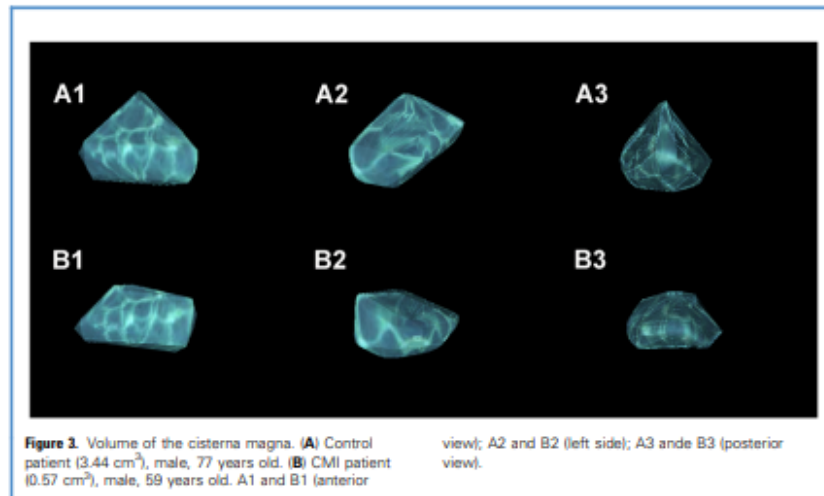


Figure 3. Volume of the cisterna magna. (A) Control patient (3.44 cm³), male, 77 years old. (B) CMI patient (0.57 cm³), male, 59 years old. A1 and B1 (anterior view); A2 and B2 (left side); A3 and B3 (posterior view).

Although the BI group did not show alteration of the IV ventricle, in BI type B an arcuate brainstem is observed due to compression of the odontoid process. It has repercussions on the floor of the IV ventricle that also ceases to be linear. On the other hand, the control and CMI groups showed an IV ventricle with linear morphological pattern and in the CMI+BI group an IV ventricle arched and elongated was observed.

The obex position was measured due to its relationship with the median opening. In healthy individuals, the obex can be found 10 to 11.5 mm above the foramen magnum.²⁶ In the present study, only in the CMI and CMI+BI groups the obex was considerably below the foramen magnum. The same mechanism that leads to herniation of the cerebellar tonsils in CMI may be involved in the descent of the obex, which reinforces a probable theory of "inferior traction" of the spinal cord and medulla. In some cases, the low obex can be severely accentuated in CMI showing an average of 14.46 ± 3.96 mm.²⁷

Since the first description of the Chiari malformation,⁷ successive classifications have been carried out based on radiologic and clinical findings, currently with variations from 0 to IV types.²⁸ Chiari 1.5 uses as a criterion the position of the obex that must be below the foramen magnum along with the cerebellar tonsil.^{27,29} Although Chiari 1.5 has a low obex and more severe tonsillar herniation compared with CMI, the difference between the 2 in the clinical and radiologic evaluation is not significant.²⁹

A previous study indicated that the position of the obex was a better indicator of occipital headache than the cerebellar tonsils in CMI.³⁰ In addition, severe syringomyelia may be present due to obstruction of the median opening.^{27,31} The obex is considered a reliable radiologic measure for CMI,³⁰ and patients with low obex may be more prone to surgical treatment.²⁷

Considering the importance of the obex position in the clinical and surgical conducts of the CMI, it is necessary to consider the

sexual differences found in our study, especially in female patients who presented the obex considerably below in the CMI. This could suggest that the female group may be the most prone to CMI symptoms. This is reinforced by the likelihood that women are more likely to be diagnosed with CMI than men,³²⁻³³ with a ratio of 3:2³⁴ and a prevalence of 70%.³⁵

Another important region for the circulation of CSF is the cisterna magna, which was reduced in CMI and CMI+BI. In these groups, the cerebellar tonsils occupy the area of the cisterna magna. In CMI, female individuals have a lower position of the cerebellar tonsils than men.³⁶ In the present study, female patients with CMI had the greatest reduction of cisterna magna compared with men. Thus, it is likely that women with CMI may be more prone to CSF flow disorders in the cisterna magna.

Quon and coworkers³⁷ evaluated CMI patients with cisterna magna fully filled by the tonsils, presenting a small space of free area for CSF flow (15.53 mm²); already in the postoperative period the area gain reached 119.56 mm² and most patients had improvement of headache. In some studies, it was not possible to measure the cisterna magna due to total occupation by the cerebellar tonsils.^{22,37} The results showed that BI group presented a cistern close to the control, which reinforces that this group does not exert important bone changes in the posterior infratentorial segment, while in the CMI group the tonsils are an important factor in the loss of space of the cisterna magna.

The area of the cisterna magna is a space of surgical interest in the CMI to reestablish CSF flow.³⁸⁻⁴⁰ A spacious cisterna magna is indicated for suboccipital decompression, while a cistern without space and with abnormal CSF flow can be indicated for duroplasty.³⁹ In another case, decompression with C1 laminectomy and division of the dura mater showed improvement of headache by reestablishing cerebrospinal fluid flow dynamics.³⁷ In CMI and syringomyelia, the reconstruction of the cisterna

Table 1. Characterization of the Obex, IV Ventricle, and Cisterna Magna Between the Sexes in the Control, CMI, BI, and CMI+BI Groups

Parameter	CMI+BI				BI				CMI				Control				P Value*
	Mean	SD	n	KS	Mean	SD	n	KS	Mean	SD	n	KS	Mean	SD	n	KS	
Obex position (mm)																	
Male	8.79 [‡]	9.47	27	0.778	-0.99 [‡]	6.04	13	0.998	1.81 ^{‡,§}	5.64	6	0.323	-5.67 [‡]	2.63	16	0.661	<0.001
Female	8.66 [‡]	7.30	29	0.907	-1.81 [‡]	3.79	18	0.284	8.62 [‡]	7.79	31	0.958	-2.87 [‡]	3.16	21	0.845	<0.001
t test P-value				0.952				0.669				0.050				0.007	
IV ventricle (mm)																	
Male	35.71 ^{‡,§}	7.06	27	0.461	30.98 [‡]	3.89	13	0.448	37.07 [‡]	3.85	6	0.994	30.98 [‡]	3.18	16	0.984	0.007
Female	37.25 [‡]	6.52	29	0.920	30.51 [‡]	4.73	18	0.314	38.72 [‡]	6.64	31	0.607	30.70 [‡]	3.62	21	0.732	<0.001
t test P-value				0.402				0.770				0.562				0.807	
Free area cisterna magna (mm ²)																	
Male	120.15 [‡]	106.01	27	0.534	254.85 [‡]	140.52	13	0.927	111.27 [‡]	55.35	6	0.888	270.10 [‡]	96.02	16	0.968	<0.001
Female	86.41 [‡]	75.28	29	0.156	173.37 [‡]	84.74	18	0.865	66.51 [‡]	43.93	31	0.584	201.61 [‡]	76.63	21	0.382	<0.001
t test P-value				0.173				0.079				0.035				0.021	
Cisterna magna volume (cm ³)																	
Male	1.96 [‡]	1.19	27	0.201	4.32 [‡]	2.25	13	0.881	2.05 [‡]	1.26	6	0.966	3.24 ^{‡,§}	1.13	16	0.978	<0.001
Female	1.52 [‡]	1.04	29	0.198	2.44 ^{‡,§}	1.31	18	0.939	1.74 ^{‡,§}	0.74	31	0.981	2.58 [§]	1.03	21	0.763	0.001
t test P-value				0.144				0.007				0.408				0.070	

KS, Kolmogorov-Smirnov test.

* = ANOVA; ‡, § = homogeneous subsets identification (row).

magna, from the reduction of the cerebellar tonsil by electrical coagulation and cauterization, with opening of the median and lateral foramina of the IV ventricle, relieves compression in the brainstem and reestablishes CSF flow.³⁸

The data of the present study also showed that the volumetric capacity of the cisterna magna is reduced in CMI and CMI+BI groups, this may be a result of the posterior cranial fossa volume reduction in CMI.^{10,11,41} Men and women with CMI may have differences in posterior fossa morphology,³³⁻³⁵ since the volume of the cisterna magna tends to be smaller in healthy women.⁴²

Interestingly, we did not observe significant sex difference in the control group of our sample; this was evident only in the BI group, which in all analyses always remained close to the control group. Note that BI was not affected in any of the analyses investigated between the groups, not even in the volume of the cisterna magna, which is surprising since in BI type B the volume of the posterior fossa may be reduced.⁴⁷ However, the presence of BI associated with CMI may potentiate the infratentorial changes in craniocervical junction malformations.

Finally, although the cerebellar tonsils are the focus of CSF space reduction in CMI, new theories have shown that it may only be the mechanical consequence of the process, which involves a set of factors such as instabilities in the atlanto-occipital and atlanto-axial joints, overload of the muscles of the occipital region and rigidity of the dura mater leading to resistance of the CSF flow.⁴³⁻⁴⁴

The research protocol of the present study can serve as a basis for future studies in the comparison of the volume of the cisterna magna in pre- and post-surgical patients, as well as the possibility of evaluating the improvement of headache in operated patients. Future studies that also evaluate cerebrospinal fluid flow could provide promising data for the literature.

This study has some limitations. The number of participants in the sample was reduced in stratification by sex. It is worth

mentioning that morphometric studies of craniocervical junction malformations have not considered sex differences, but the anatomy of the skull is different between the sexes. Finally, the lack of clinical information given that the study design was retrospective made it impossible to divide the groups into symptomatic and asymptomatic, which could be useful to aggregate clinical and surgical procedures, especially in CMI.

CONCLUSIONS

The CMI isolated and associated with BI is associated with low obex, elongated IV ventricle, and volumetric reduction of the cisterna magna. The reduction of the cisterna magna added to the occupation of the cerebellar tonsils may impact the dynamics of CSF flow. The alterations of the CMI+BI group are due to the presence of the CMI, since the isolated BI did not show alterations in the structures evaluated. In general, the analyses between sexes showed that women have lower values for area and volume of the cisterna magna, and it is relevant to consider the sex differences in future studies with Chiari malformation.

CRediT AUTHORSHIP CONTRIBUTION STATEMENT

Elayne Cristina de Oliveira Ribeiro: Conceptualization, Formal analysis, Investigation, Methodology, Writing – original draft, Writing – review & editing. **Daniel Pereira Mauricio de Barros:** Investigation, Methodology, Validation, Writing – original draft, Writing – review & editing. **José Jailson Costa do Nascimento:** Methodology, Validation, Writing – original draft, Writing – review & editing. **Eulámpio José da Silva Neto:** Conceptualization, Investigation, Visualization, Writing – review & editing. **Severino Aires de Araújo Neto:** Investigation, Methodology, Validation. **Marcelo Moraes Valença:** Conceptualization, Resources, Visualization, Validation.

REFERENCES

- Klekamp J. Chiari I malformation with and without basilar invagination: a comparative study. *Neurosurg Focus*. 2015;38:1-13.
- McCluggage SG, Oakes WJ. The Chiari I malformation. *J Neurosurg Pediatr*. 2019;24:217-226.
- De Oliveira Brito JNP, Dos Santos BA, Nascimento IF, Martins LA, Tavares CB. Basilar invagination associated with chiari malformation type I: a literature review. *Clinics*. 2019;74:1-6.
- Smoker WR. Craniocervical junction: normal anatomy, craniometry, and congenital anomalies. *Radiographics*. 1994;14:255-277.
- Goel A, Nadkarni T, Shah A, Sathe P, Patil M. Radiologic evaluation of basilar invagination without Obvious atlantoaxial instability (group B basilar invagination): analysis based on a study of 75 patients. *World Neurosurg*. 2016;95:375-382.
- Aboulezz AO, Sartor K, Geyer CA, Gado MH. Position of cerebellar tonsils in the normal population and in patients with chiari malformation A quantitative approach with MR imaging. *J Comput Assist Tomogr*. 1985;9:1033-1036.
- Chiari H. Ueber veränderungen des kleinhirns in folge von hydrocephalie des grosshirns. *Dtsch Med Wochenschr*. 1891;17:1172-1175.
- Cools MJ, Wellons JC, Iskandar BJ. The nomenclature of chiari malformations. *Neurosurg Clin N Am*. 2023;34:1-7.
- Heiss JD. Cerebrospinal fluid hydrodynamics in chiari I malformation and syringomyelia: modeling pathophysiology. *Neurosurg Clin N Am*. 2023;34:81-90.
- Botelho RV, Heringer LC, Botelho PB, Lopes RA, Waisberg J. Posterior fossa dimensions of chiari malformation patients compared with normal subjects: systematic review and meta-analysis. *World Neurosurg*. 2020;138:521-529.e2.
- Musolf AM, Ho WSC, Long KA, et al. Small posterior fossa in Chiari I malformation affected families is significantly linked to 1943-44 and 12423-24.11 using whole exome sequencing. *Eur J Hum Genet*. 2019;27:1599-1600.
- Whitney N, Sun H, Pollock JM, Ross DA. The human foramen magnum - normal anatomy of the cisterna magna in adults. *Neuroradiology*. 2013;59:1333-1339.
- De Vlieger J, Dejaegher J, Van Calenberg F. Posterior fossa decompression for Chiari malformation type I: clinical and radiological presentation, outcome and complications in a retrospective series of 105 procedures. *Acta Neurol Belg*. 2019;119:245-252.
- Buzzi MG, Formisano R, Colonnese C, Pierelli F. Chiari-associated exertional, cough, and sneeze headache responsive to medical therapy. *Headache*. 2003;43:404-406.
- Bahra A. Other primary headaches—thunderclap, cough-, exertional-, and sexual headache. *J Neurol*. 2020;267:1554-1566.
- da Silva G, Alberto J, Júnior S, Arcaño A, Rodrigues JD. Syringomyelia associated or not. *Arq Bras Neurol*. 2013;72:40-47.
- Gonçalves Da Silva JA, Holanda MMDA, Leiros MDD, Melo LRS, De Araújo AF, De Almeida EB. Basilar impression associated with impacted cisterna magna, spastic paraparesis and distress of balance: case report. *Arq Neuropsiquiatr*. 2006;64:668-671.
- Barros DFM, Ribeiro ECO, Nascimento JKC, Silva-Neto EJ, Araújo-Neto SA. Reliability and

- agreement in the cerebellar tonsil tip localization: two methods using the McRae line concept in MRI. *World Neurosurg.* 2022;165:e611-e618.
19. Nascimento JJC, Neto EJS, Mello-Junior CF, Valença MM, Araújo-Neto SA, Diniz PRB. Diagnostic accuracy of classical radiological measurements for basilar invagination of type B at MRI. *Eur Spine J.* 2019;28:345-352.
 20. McVige JW, Leonardo J. Neuroimaging and the clinical manifestations of Chiari malformation type I (CMI). *Curr Pain Headache Rep.* 2015;19:4-9.
 21. McGirt MJ, Nimjee SM, Floyd J, Bulsara KR, George TM. Correlation of cerebrospinal fluid flow dynamics and headache in Chiari I malformation. *Neurosurgery.* 2005;56:716-720.
 22. Goel A. Treatment of basilar invagination by atlantoaxial joint distraction and direct lateral mass fixation. *J Neurosurg Spine.* 2004;11:281-286.
 23. Kucukyildiz HC, Ozum U. Fourth ventricle dimensions increase in Chiari malformation type I. *Turk Neurosurg.* 2022;32:305-308.
 24. Seaman SC, Dawson JD, Magnotta V, Menezes AH, Dlouhy BJ. Fourth ventricle enlargement in Chiari malformation type I. *World Neurosurg.* 2020;133:e259-e266.
 25. Milano JB, Barcelos ACES, Onishi FJ, et al. The effect of filum terminale sectioning for Chiari I malformation treatment: systematic review. *Neurol Sci.* 2020;41:249-256.
 26. Quisling RG, Quisling SG, Mickie JP. Obex/Nucleus gracilis position: its role as a marker for the cervicomedullary junction. *Pediatr Neurosurg.* 1993;19:143-150.
 27. Tubbs RS, Iskandar EJ, Bartolucci AA, Oakes WJ. A critical analysis of the Chiari 1.5 malformation. *J Neurosurg.* 2004;101(SUPPL. 2):179-183.
 28. Azahraa Haddad F, Qaisi I, Joudeh N, et al. The newer classifications of the Chiari malformations with clarifications: an anatomical review. *Clin Anat.* 2018;31:314-322.
 29. Liu W, Wu H, Aikebaier Y, Wulabieke M, Paerhati R, Yang X. No significant difference between Chiari malformation type 1.5 and type I. *Clin Neurol Neurosurg.* 2017;157:34-39.
 30. Haller G, Sadler B, Kuensting T, et al. Obex position is associated with syringomyelia and use of posterior fossa decompression among patients with Chiari I malformation. *J Neurosurg Pediatr.* 2020;26:45-52.
 31. Guan J, Yuan C, Zhang C, et al. Intracranial pathology causing cerebrospinal fluid obstruction in syringomyelia and effectiveness of foramen magnum and foramen of magendie dredging treatment. *World Neurosurg.* 2020;144:e178-e188.
 32. Öktemer H, Dilli A, Kırkgöçlü A, Soysal H, Yazıcı C, Pelin C. Prevalence of Chiari type I malformation on cervical magnetic resonance imaging: a retrospective study. *Anatomy.* 2016;10:40-45.
 33. Houston JR, Eppelheimer MS, Pahlavian SH, et al. A morphometric assessment of type I Chiari malformation above the McRae line: a retrospective case-control study in 302 adult female subjects. *J Neuroimaging.* 2018;45:23-31.
 34. Elster AD, Chen MY. Chiari I malformations: clinical and radiologic reappraisal. *Radiology.* 1992;183:347-353.
 35. Marty P, Urbizu A, Macaya A, Sahuquillo J, Poca MA, Martín B. Gender-specific differences in adult type I Chiari malformation morphometrics. *Neurol J.* 2015;84:P.4.174.
 36. Smith BW, Strahle J, Bapuraj JR, Muraszko KM, Garton HJL, Maher CO. Distribution of cerebellar tonsil position: implications for understanding Chiari malformation. *J Neurosurg.* 2013;119:812-819.
 37. Quon JL, Grant RA, DiLuna ML. Multimodal evaluation of CSF dynamics following extradural decompression for Chiari malformation Type I. *J Neurosurg Spine.* 2015;22:622-630.
 38. Peng L, Qi ST, Zhu W. [Modified reconstruction of the cisterna magna for treatment of syringomyelia with Chiari malformation: clinical analysis of 35 cases]. *Nan Fang Yi Ke Da Xue Xue Bao.* 2009;29:284-288.
 39. Shamji MF, Ventureyra BCG, Barosia B, Nzau M, Vassilyadi M. Classification of symptomatic Chiari I malformation to guide surgical strategy. *Can J Neurol Sci.* 2010;37:482-487.
 40. Lou Y, Yang J, Wang L, Chen X, Xin X, Liu Y. The clinical efficacy study of treatment to Chiari malformation type I with syringomyelia under the minimally invasive surgery of resection of Submeningeal cerebellar Tonsillar Herniation and reconstruction of Cisterna magna. *Saudi J Biol Sci.* 2019;26:1927-1931.
 41. Khalsa SSS, Siu A, DeFreitas TA, et al. Comparison of posterior fossa volumes and clinical outcomes after decompression of Chiari malformation Type I. *J Neurosurg Pediatr.* 2017;19:511-517.
 42. Goel A, Bhatjiwale M, Desai K. Basilar invagination a study based on 190 surgically treated patients. *J Neurosurg.* 1998;88:962-968.
 43. Labuda R, Nwotchouang BST, Ibrahimy A, et al. A new hypothesis for the pathophysiology of symptomatic adult Chiari malformation Type I. *Med Hypotheses.* 2022;158:110740.
 44. Shao B, Foggi JA, Amaral-Nieves N, et al. Compromised cranio-spinal Suspension in Chiari malformation type I: a potential role as secondary pathophysiology. *J Clin Med.* 2022;11:1-12.

Conflict of interest statement: The authors declare that the article content was composed in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Received 26 July 2022; accepted 31 July 2022

Citation: *World Neurosurg.* (2023) 178:e750-e757.

<https://doi.org/10.1016/j.wneu.2023.07.154>

Journal homepage: www.journals.elsevier.com/world-neurosurgery

Available online: www.sciencedirect.com

1878-8750/\$ - see front matter © 2023 Elsevier Inc. All rights reserved.

6. SÚMULA CURRICULAR

Referente ao período do doutorado (2019-2023).

6.1 PUBLICAÇÃO DE ARTIGOS

1. **OLIVEIRA RIBEIRO, ELAYNE CRISTINA DE**; BARROS, DANIEL PEREIRA MAURÍCIO DE; NASCIMENTO, JOSÉ JAILSON COSTA DO; SILVA NETO, EULÂMPIO JOSÉ DA; ARAÚJO NETO, SEVERINO AIRES DE; VALENÇA, MARCELO MORAES. Anatomical implications of Chiari I and basilar invagination (type B) in the IV ventricle and cisterna magna. World Neurosurgery **JCR**, v. 179, p. E1-E8, 2023. Doi: [10.1016/j.wneu.2023.07.154](https://doi.org/10.1016/j.wneu.2023.07.154)
2. NASCIMENTO, JOSÉ J.C.; **RIBEIRO, ELAYNE C.O.**; ARAÚJO-NETO, SEVERINO A.; NETO, EULÂMPIO J.S. Letter to the Editor Regarding -Basilar Invagination: A Tilt of the Foramen Magnum-. World Neurosurgery **JCR**, v. 176, p. 247, 2023. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2023.03.124>
3. VALENÇA, MARCELO MORAES; SILVA, ANA CRISTINA VEIGA DA; BEM JUNIOR, LUIZ SEVERO; **RIBEIRO, ELAYNE CRISTINA DE OLIVEIRA**; VALENÇA, MARCELO ANDRADE ; SILVA, ALBERTO HENRIQUE TORRES TRINDADE DA ; CARVALHO, DÉBORAH EMMILY DE ; VALENÇA, MARTINA FALCÃO . The programmable valve of a ventriculoperitoneal shunt for hydrocephalus. Avanços em Medicina, v. 1, p. 165-167, 2022. Doi: <https://doi.org/10.52329/AvanMed.44>
4. NASCIMENTO, JOSÉ J.C.; SILVA, LEANDRO M.; **RIBEIRO, ELAYNE C.O.**; NETO, EULÂMPIO J.S.; HOLANDA, MAURUS M.A.; MELLO-JUNIOR, CARLOS F.; ARAÚJO-NETO, SEVERINO A.; DINIZ, PAULA R.B. Investigating Type B Basilar Invagination Through Cephalic Indices. World Neurosurgery **JCR**, v. 164, p. E1-E7, 2022.
5. BARROS, DANIEL P.M.; **RIBEIRO, ELAYNE C.O.**; NASCIMENTO, JOSÉ J.C.; SILVA-NETO, EULÂMPIO J.; ARAÚJO-NETO, SEVERINO A. Reliability and Agreement in the Cerebellar Tonsil Tip Localization: Two Methods Using the McRae Line Concept in MRI. World Neurosurgery **JCR**, v. 164, p. 1, 2022. Doi: [10.1016/j.wneu.2022.06.108](https://doi.org/10.1016/j.wneu.2022.06.108).
6. **RIBEIRO, ELAYNE CRISTINA DE OLIVEIRA**; SANTOS, ERLENE ROBERTA RIBEIRO DOS; MOTA, RITA DE CÁSSIA FERREIRA VALENÇA; VALENÇA, MARCELO MORAES. Anatomy, modern histology, and their mentors. Avanços em Medicina, v. 2, p. 1-7, 2022. Doi: <https://doi.org/10.52329/AvanMed.46>
7. **RIBEIRO, ELAYNE CRISTINA DE OLIVEIRA**; NASCIMENTO, JOSÉ JAILSON COSTA DO ; BARROS, DANIEL MAURÍCIO PEREIRA ; PALMEIRA, RAYSSA GOMES SANTOS ; VALENÇA, MARCELO MORAES ; NETO, EULÂMPIO JOSÉ DA SILVA . Stratum of fascial tissue of the lower limb. Jornal Memorial da Medicina, v. 4, p. 15-19, 2022. Doi

<https://doi.org/10.37085/jmmv4.n1.2022.pp.15-19>

8. Valença, MM; Reis, RS; Ferreira, MRS; Fortes, HMS; Silva, AHTT; **DE OLIVEIRA RIBEIRO, ELAYNE CRISTINA**; SANTOS, ERLENE ROBERTA RIBEIRO DOS; Andrade, JR. Modelos para o estudo da Anatomia Humana (manequins) em tamanho real e história da Faculdade de Medicina do Recife. <https://doi.org/10.52329/AvanMed.51>, v. 2, p. 23-26, 2022.
9. Valença, MM; Bem Junior, LS; Silva, ACV; **DE OLIVEIRA RIBEIRO, ELAYNE CRISTINA**; NASCIMENTO, J. J. C.; Valença, MF; VALENÇA, MARCELO ANDRADE; Silva, UAV; Andrade-Valença, LPA; Azevedo-Filho, HRC. External ventricular drainage - The most frequent neurosurgical procedure. A review and practical considerations. <https://doi.org/10.52329/AvanMed.52>, v. 2, p. 26-30, 2022.
10. **RIBEIRO, ECO**. Aspecto anatomofuncional do forame parietal. *Avanços em medicina*, v. 1, p. 80-80, 2021. Doi: <https://orcid.org/0000-0002-5243-3356>
11. NASCIMENTO, JJC.; SILVA, LM.; **RIBEIRO, ECO**; SILVA NETO, EJ.; ARAÚJO-NETO, SA. ; DINIZ, PRB. Foramen Magnum Angle: A New Parameter for Basilar Invagination of Type B. *World Neurosurgery JCR*, v. 152, p. 121-123, 2021. Doi: 10.1016/j.wneu.2021.06.028.
12. MEDEIROS, NRFC;; VALENÇA, MA.; **RIBEIRO, ECO**.; ROSO, ACBA.; SILVA, AROS.; SOUZA, MMS.; PLÁCIDO, TGQ.; SÁ, LF.; SILVA, JG.; COSTA, FBS.; ALENCAR, AAR.; SAMPAIO, T.; TENÓRIO, MO.; BELTRÃO, LF; CARVALHO, DAOP.; FERREIRA, DASP.; VALENÇA, MM. Lacunar lesion in the right thalamus in a 72-year-old woman with hypoaesthesia in the left dimidium: computed tomography of the skull. *Jornal Memorial da Medicina*, v. 3, p. 30-32, 2021. Doi: <https://orcid.org/0000-0003-4415-395X>
13. Valença, MM.; Valença, MF.; Andrade, JR.; **RIBEIRO, ECO**.; Bem Junior, LS.; Silva, ACV.; Mota, RCFV.; Silva, UAV.; Angelo Júnior, JRL. Brainstem tumor as a cause of headache triggered by Valsalva maneuver. *HEADACHE MEDICINE*, v. 12, p. 25-26, 2021. Doi: <https://doi.org/10.48208/HeadacheMed.2021.15>
14. BARROS, DPM.; NASCIMENTO, JJC.; **RIBEIRO, ECO**.; PALMEIRA, RGS.; SILVA, LMCP.; SILVA-NETO, EULÂMPIOJ. Relationship between jugular foramen dimensions and neurocranium shape. *TRANSLATIONAL RESEARCH IN ANATOMY*, v. 24, p. 100129-5, 2021. Doi: 10.1016/j.tria.2021.100129
15. **RIBEIRO, ECO**.; Magno, LAC.; Lira, MO.; Barbosa, GP.; Vieira, LC.; Nunes, DM.; Alves, SG.; Anjos, HGS.; Soares, JB.; Oliveira, MMS.; Oliveira, CR.; Melo, RHR.; Ramos, JPS.; Guedes, YRC.; Magno, LLS.; Barbosa, MLB.; SILVA NETO, EJ. A arte como ferramenta da anatomia. *O Anatomista*, v. 3, p. 7-15, 2020. Link: <https://sbanatomia.org.br/o-anatomista/>
16. **RIBEIRO, ECO**.; Palmeira, RGS ; Lima, RMB ; SILVA NETO, EJ. Os impasses no reconhecimento curricular da liga acadêmica de anatomia: relato de

experiência. O Anatomista, v. 1, p. 29-35, 2020. Link: <https://sbanatomia.org.br/o-anatomista/>

17. SILVA NETO, EJ; **RIBEIRO, ECO.**; NASCIMENTO, JJC. O anatomista e o professor de anatomia. O Anatomista, v. 2, p. 8-9, 2020. Link: <https://sbanatomia.org.br/o-anatomista/>
18. NASCIMENTO, JJC.; **RIBEIRO, ECO.**; SILVA NETO, EJ.; Araújo Neto, SA.; Valença, MMV.; Diniz, PRB. Letter to the editor regarding basilar invagination: It is not a single disease. EUROPEAN JOURNAL OF RADIOLOGY **JCR**, v. 132, p. 1-2, 2020. Doi: 10.1016/j.ejrad.2020.109280.
19. NASCIMENTO, JJC.; **RIBEIRO, ECO.**; SILVA-NETO, EJ. Letter to the Editor regarding "The tubarial salivary glands: A potential new organ at risk for radiotherapy". RADIO THERAPY AND ONCOLOGY **JCR**, v. 154, p. 323-323, 2020. [Doi: https://doi.org/10.1016/j.radonc.2020.12.014](https://doi.org/10.1016/j.radonc.2020.12.014)
20. PALMEIRA, RGS.; Soares, JB.; MORAIS, ABS.; Melo, RHR.; SILVA, JVA.; Lima, RMB.; SILVA, NC.; SILVA, LMCP.; BARROS, DPM.; FONSECA, ABO.; SOUSA, WF.; **RIBEIRO, ECO.**; NASCIMENTO, JJC.; SILVA NETO, EJ. Atuação de uma Liga de Anatomia durante a pandemia da Covid-19. O Anatomista, v. 4, p. 17-24, 2020. Link: <https://sbanatomia.org.br/o-anatomista/>
21. SILVA NETO, EJ.; **RIBEIRO, ECO.** ANATOMIA E ARTE: O BELO NATURAL E O BELO CRIADO. O Anatomista, v. 1, p. 21-30, 2019. Link: <https://sbanatomia.org.br/o-anatomista/>

6.2 PUBLICAÇÃO DE CAPÍTULOS DE LIVROS

1. SANTOS, ERLENE ROBERTA RIBEIRO DOS; LAL, A.; Valença, MM; RIBEIRO, ELAYNE CRISTINA DE OLIVEIRA. Cefaleia. In: Marcelo Moraes Valença. (Org.). Cefaleia por pressão externa: uma entidade frequente e menos reconhecida. 1ed. Recife: Advances in Science, 2022, v. 1, p. 223-.
3. SILVA NETO, E. J.; DE OLIVEIRA RIBEIRO, ELAYNE CRISTINA; NASCIMENTO, J. J. C. Preparação do esterno e cartilagens costais no preparo do esqueleto: nota técnica. In: Diego Carvalho Viana; Letícia Almeida Barbosa. (Org.). Técnicas Anatômicas na Prática. 1ed. Curitiba: CRV Ltda, 2021, v. 1, p. 91-94.

6.3 TRABALHOS APRESENTADOS EM CONGRESSOS

1. **DE OLIVEIRA RIBEIRO, ELAYNE CRISTINA**; Valença, MM ; NASCIMENTO, J. J. C. ; Palmeira, RGS ; Barros, DPM ; Araújo Neto S. A. ; SILVA NETO, E. J. . COMPORTAMENTO DO VOLUME INTRACRANIANO NA INVAGINAÇÃO BASILAR EM RESSONÂNCIA MAGNÉTICA. 2022. (Apresentação de Trabalho/Congresso).
2. **DE OLIVEIRA RIBEIRO, ELAYNE CRISTINA**; SILVA NETO, E. J. ; BARROS, DANIEL MAURÍCIO PEREIRA ; NASCIMENTO, J. J. C. ; Palmeira, RGS ;

- Araújo Neto S. A. ; Valença, MM . ANÁLISE DA ÁREA LIVRE DA CISTERNA MAGNA NA MALFORMAÇÃO DE CHIARI TIPO I E INVAGINAÇÃO BASILAR EM RESSONÂNCIA MAGNÉTICA. 2022. (Apresentação de Trabalho/Congresso).
3. Carvalho, HHT ; Costa, SN ; **DE OLIVEIRA RIBEIRO, ELAYNE CRISTINA** . REDUÇÃO DO ÂNGULO DA CABEÇA DO FÊMUR E IMPLICAÇÕES DA COXA VARA. 2022. (Apresentação de Trabalho/Congresso).
 4. VASCONCELOS JUNIOR, F. J. M. ; SANTOS, C. B. A. L. ; SANTOS, JK ; BRITO, RCS ; OLIVEIRA, JB ; **DE OLIVEIRA RIBEIRO, ELAYNE CRISTINA** . Achado de Duplicidade pieloureteral completa bilateral: Relato de Caso Clínico. 2022. (Apresentação de Trabalho/Congresso).
 5. FIRMINO, D. T. ; OLIVEIRA FILHO, A. R. S. ; MEIRA, L. B. ; SILVA NETO, E. J. ; **DE OLIVEIRA RIBEIRO, ELAYNE CRISTINA** . CRÂNIOS COM HIPERBRAQUICEFALIA E ELEVAÇÃO DA BASE: RELATO DE CASO. 2022. (Apresentação de Trabalho/Congresso).
 6. Costa, SN ; Carvalho, HHT ; SILVA NETO, E. J. ; **DE OLIVEIRA RIBEIRO, ELAYNE CRISTINA** . VARIAÇÃO ANATÔMICA DO MÚSCULO EXTENSOR RADIAL LONGO DO CARPO: RELATO DE CASO. 2022. (Apresentação de Trabalho/Congresso).
 7. FREIRE, L. M. ; FIRMINO, D. T. ; BRAZ, R. G. ; ALMEIDA FILHO, E. S. ; ARRUDA, G. A. C. ; **DE OLIVEIRA RIBEIRO, ELAYNE CRISTINA** . IDENTIFICAÇÃO DO DIMORFISMO SEXUAL EM AMOSTRA DE CRÂNIOS: RELATO DE EXPERIÊNCIA. 2022. (Apresentação de Trabalho/Congresso).
 8. MENDES, L. B. ; Melo, RHR ; FERNANDES, J. V. A. ; CARVALHO, A. A. U. ; SOUSA, A. C. ; **DE OLIVEIRA RIBEIRO, ELAYNE CRISTINA** . ANEURISMA DA AORTA E SEUS RAMOS EM CADÁVER ADULTO: RELATO DE CASO. 2022. (Apresentação de Trabalho/Congresso).
 9. MEIRA, L. B. ; BARRETO, L. O. ; OLIVEIRA FILHO, A. R. S. ; Valença, MM ; Araújo Neto S. A. ; **DE OLIVEIRA RIBEIRO, ELAYNE CRISTINA** . FORMATO DO FORAME MAGNO NA INVAGINAÇÃO BASILAR E MALFORMAÇÃO DE CHIARI TIPO I. 2022. (Apresentação de Trabalho/Congresso).
 10. Soares, JB ; ARAUJO, G. C. S. C. ; **DE OLIVEIRA RIBEIRO, ELAYNE CRISTINA** ; SILVA NETO, E. J. . NÃO EXISTEM MOLARES DECÍDUOS: UMA REVISÃO SOBRE A NOMENCLATURA DENTAL MOLARIFORME DOS MAMÍFEROS. 2022. (Apresentação de Trabalho/Congresso).
 11. **RIBEIRO, ECO.**; SANTOS, ERR.; VALENÇA, MM. Cefaleia ocasionada por uso prolongado de epi em profissionais da saúde na pandemia da covid-19. XXXV Congresso Brasileiro de Cefaleia – XVI Congresso de dor orofacial. 2021. (Apresentação de trabalho/Congresso).
 12. TARDIEUX, FM.; SILVA, MS.; SILVA, JTL.; **RIBEIRO, ECO.**; SANTOS, ERR.

Methods of therapeutic intervention to relieve tension type headache: an integrative review – XVI Congresso de dor orofacial. 2021. (Apresentação de trabalho/Congresso).

13. **RIBEIRO, ECO.**; VALENÇA, MM.; ARAÚJO NETO, SA.; SILVA NETO, EJ. Alteração no comprimento da fossa posterior na invaginação basilar em ressonância magnética. 2021. FeSB. (Apresentação de Trabalho/Simpósio).
14. RIBEIRO, ALP; SOARES, CVA; LEMOS, LAP; MORAIS, ATP; **RIBEIRO, ECO.** A FUNÇÃO DO CLAUSTRO PERMANECE DESCONHECIDA?. In: O ANATOMICS - CONGRESSO BRASILEIRO ON-LINE DE ANATOMIA HUMANA, 2020, João Pessoa. O ANATOMICS - CONGRESSO BRASILEIRO ON-LINE DE ANATOMIA HUMANA, 2020. v. 1. p. 839-840.
15. SOARES, CVA.; Palmeira, RGS; Ribeiro, ALP; RIBEIRO, F.; VIEIRA, CA.; **RIBEIRO, ECO.** IMPACTOS DO USO TERAPÊUTICO DE CANNABIS NA QUALIDADE DE VIDA DE PESSOAS COM EPILEPSIA REFRATÁRIA: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA. In: O ANATOMICS - CONGRESSO BRASILEIRO ON-LINE DE ANATOMIA HUMANA, 2020, João Pessoa. O ANATOMICS - CONGRESSO BRASILEIRO ON-LINE DE ANATOMIA HUMANA, 2020. v. 1. p. 815-816.
16. PALMEIRA, RGS.; SILVA, MHG.; SOARES, CVA.; SOARES, JB.; **RIBEIRO, ECO.** Alterações corticais na prática de meditação: revisão de literatura. In: O ANATOMICS - CONGRESSO BRASILEIRO ON-LINE DE ANATOMIA HUMANA, 2020, João Pessoa. O ANATOMICS - CONGRESSO BRASILEIRO ON-LINE DE ANATOMIA HUMANA, 2020. v. 1. p. 822-823.
17. DUARTE, RN.; BRITO, FGB.; NASCIMENTO, JJC.; LOPES, LW.; SILVA NETO, EJ.; **RIBEIRO, ECO.** ALTERAÇÕES FUNCIONAIS DE ESTRUTURAS CRANIANAS EM INDIVÍDUOS COM INVAGINAÇÃO BASILAR. In: V Simpósio Paraibano de Anatomia, 2020, Patos. Anais do V Simpósio Paraibano de Anatomia, 2019. v. 5. p. 6-6.
18. BARROS, DPM.; **RIBEIRO, ECO.**; NASCIMENTO, JJC.; ARAÚJO NETO SA.; SILVA NETO, EJ. ANÁLISE COMPARATIVA DO VOLUME DO SEIO ESFENOIDAL EM DIFERENTES FENÓTIPOS CRANIANOS. In: V Simpósio Paraibano de Anatomia, 2020, Patos. Anais do V Simpósio Paraibano de Anatomia, 2019. v. 5. p. 8-8.
19. SILVA, LMCP.; DUARTE, RN.; **RIBEIRO, ECO.**; SILVA NETO, EJ. ANÁLISE DA DISTÂNCIA ENTRE O PROCESSO CORONÓIDE E O PROCESSO CONDILAR DE MANDÍBULAS. In: V Simpósio Paraibano de Anatomia, 2020, Patos. Anais do V Simpósio Paraibano de Anatomia, 2020. v. 5. p. 9-9.
20. DUARTE, RN.; BRITO, FGB.; BANDEIRA, WGL.; SILVA NETO, EJ.; **RIBEIRO, ECO.** O ESPINHO DA FLOR: ALTERAÇÕES MORFOLÓGICAS RESULTANTES DO PÉ DE LÓTUS. In: V Simpósio Paraibano de Anatomia, 2020, Patos. Anais do V Simpósio Paraibano de Anatomia, 2019. v. 5. p. 19-19.

21. BANDEIRA, WGL.; MARTINS, MNM.; DUARTE, RN.; MEDEIROS, AS.; SILVA NETO, EJ.; **RIBEIRO, ECO**. RECURSO ÁUDIO-EXPOSITIVO NO ENSINO DA ANATOMIA. In: V Simpósio Paraibano de Anatomia, 2020, Patos. Anais do V Simpósio Paraibano de Anatomia, 2019. v. 5. p. 22-22.
22. BARROS, DPM.; SILVA, LMCP; BARROS, DPM.; **RIBEIRO, ECO**.; SILVA NETO, EJ. ENSINO DA LATERALIDADE DA FÍBULA: RELATO DE EXPERIÊNCIA. In: V Simpósio Paraibano de Anatomia, 2020, Patos. Anais do V Simpósio Paraibano de Anatomia, 2019. v. 5. p. 29-29.
23. ARAUJO, DL.; OLIMPIO, DSC.; NUNES, AVM.; VIEIRA, LS.; **RIBEIRO, ECO**. A IMPORTÂNCIA DA DOAÇÃO DE CORPOS PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA NA ANATOMIA HUMANA. In: V Simpósio Paraibano de Anatomia, 2020, Patos. Anais do V Simpósio Paraibano de Anatomia, 2019. v. 5. p. 60-60.
24. Soares, JB.; LUCENA, L. B. S.; Palmeira, RGS.; **RIBEIRO, ECO**. ASPECTOS GERAIS DA NEURALGIA DO TRIGÊMEO NA IMPRESSÃO BASILAR. In: O ANATOMICS - CONGRESSO BRASILEIRO ON-LINE DE ANATOMIA HUMANA, 2020, João Pessoa. O ANATOMICS - CONGRESSO BRASILEIRO ON-LINE DE ANATOMIA HUMANA, 2020. p. 717-718.

6.4 PRÊMIOS

1. Prêmio Advances in Science – Aluna destaque do grupo de pesquisa Avanços em Neurocirurgia (2022).
2. Prêmio Advances in Science – Aluna destaque do grupo de pesquisa Avanços em Neurocirurgia (2021).

6.5 CURSOS

1. (2022 – 2022) Coluna - Malformações da transição crânio-cervical. (Carga horária: 4h). Sociedade Brasileira de Neurocirurgia, SBN, Brasil.
2. (2022 – 2022) Base de crânio. (Carga horária: 4h). Sociedade Brasileira de Neurocirurgia, SBN, Brasil.
3. (2021 – 2021) Técnica da RT-qPCR aplicada ao diagnóstico molecular da COVID-19. (Carga horária: 3h). Federação das Sociedades de Biologia Experimental, FeSBE, Brasil.
4. (2020 – 2020) Escreva e publique seu artigo científico. (Carga horária: 20h). Jornal Memorial da Medicina, JMM, Brasil.

5. (2019 – 2019) I Encontro Regional da Sociedade Brasileira de Ciência em Animais de Labora. (Carga horária: 32h).
I Sociedade Brasileira de Ciência em Animais de Labora, SBCAL, Brasil.
6. (2019 – 2019) XVIII Curso de Técnicas Anatômicas Prof. Hildegardo Rodrigues. (Carga horária: 60h).
Sociedade Brasileira de Anatomia, SBA, Brasil.
7. (2019 – 2019) Genética Forense. (Carga horária: 8h).
Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, Brasil.

6.6 PARTICIPAÇÃO EM GRUPOS DE PESQUISA

- Grupo de pesquisa: Núcleo de ensino e pesquisa em imaginologia (NEPI-UFPB) – Orientadores: Prof. Dr. Eulâmpio José da Silva Neto e Prof. Dr. Severino Aires.
- Grupo de pesquisa: Avanços em Neurocirurgia (UFPE) – Orientador: Prof. Dr. Marcelo Moraes Valença.

6.7 MEMBRO DE CORPO EDITORIAL

- (2019 - Atual) Periódico: O Anatomista.

6.8 REVISORA DE PERIÓDICOS

- (2022- atual) Jornal Memorial da Medicina.
- (2021 – 2021) Periódico: European radiology.

6.9 ESTÁGIOS DOCÊNCIA

- Estágio docência (externo): Anatomia Humana (MIV-9), curso: Medicina, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), carga horária: 70h.
- Estágio docência (interno): Anatomia Humana (Locomotor), curso: Educação Física, Centro Acadêmico de Vitória da Universidade Federal de Pernambuco, carga horária: 60h.
- Estágio docência (interno): Anatomia Humana, curso: Nutrição, Centro Acadêmico de Vitória da Universidade Federal de Pernambuco, carga horária: 90h.

6.10 PARTICIPAÇÃO EM BANCA DE TCC

1. Araújo Neto S. A.; Barcelos, ACES; **RIBEIRO, E. C. O.**. Participação em banca de Daniel Pereira Maurício de Barros. Reliability and agreement in the cerebellar tonsil tip localization: two methods using the McRae's line concept in MRI. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina) - Universidade Federal da Paraíba.

2. **RIBEIRO, E. C. O.**; BARROS, MBSC; LIRA, MCC. Participação em banca de Gabriel Barbosa da Silva. A qualidade de vida do paciente oncológico em tratamento. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Enfermagem) - Universidade Federal de Pernambuco.
3. **RIBEIRO, E. C. O.**; VERAS, JLA; MAGALHÃES, CP. Participação em banca de Daniel Filipe dos Santos. Ansiedade de performance musical e sintomas depressivos em estudantes de música. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Enfermagem) - Universidade Federal de Pernambuco.
4. **RIBEIRO, E. C. O.**; Belarmino, ALB; Vasconcelos, SC. Participação em banca de Letícia Menezes de Oliveira. SÍNDROME DE BURNOUT EM PROFISSIONAIS DE SAÚDE NO CONTEXTO DA PANDEMIA DA COVID-19. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Enfermagem) - Universidade Federal da Paraíba.
5. **DE OLIVEIRA RIBEIRO, ELAYNE CRISTINA**; Xavier, JE; Barros-Filho, MA. Participação em banca de AMISTERDAN DE OLIVEIRA MELO JUNIOR. FREQUÊNCIA DE ESTRESSE E ANSIEDADE EM ESTUDANTES DE MÚSICA. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Educação Física) - Universidade Federal de Pernambuco.
6. **DE OLIVEIRA RIBEIRO, ELAYNE CRISTINA**; Dionísio, WAS; Oliveira, SFM. Participação em banca de ELDERSON DA SILVA GUEDES. INSATISFAÇÃO COM A IMAGEM CORPORAL E SUAS ASSOCIAÇÕES COM SINTOMAS DEPRESSIVOS E PRÁTICA DE ATIVIDADE FÍSICA EM UNIVERSITÁRIOS DURANTE A PANDEMIA DE COVID-19. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Educação Física) - Universidade Federal de Pernambuco.
7. Araújo Neto S. A.; **RIBEIRO, E. C. O.**; Mello Junior, CF. Participação em banca de Beatriz Barbosa de Vasconcelos. A INVAGINAÇÃO BASILAR CURSA COM ALTERAÇÕES NA MORFOMETRIA DO CANAL DO NERVO HIPOGLOSSO?. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina) - Universidade Federal da Paraíba.

6.11 PARTICIPAÇÃO EM EVENTOS

5.11.1 Palestrante

1. **RIBEIRO, E. C. O.**. Anatomia do Plexo Coroide. 2022. (Apresentação de Trabalho/Conferência ou palestra).
2. **RIBEIRO, ELAYNE CRISTINA DE OLIVEIRA**; SILVA NETO, E. J.; NASCIMENTO, J. J. C. Pesquisa em Morfologia: Cenário atual, desafios e perspectivas. 2022. (Apresentação de Trabalho/Conferência ou palestra).
3. **RIBEIRO, ECO.** Anatomia do Sistema Esquelético Parte II. II CAFÉ COM ANATOMIA LARDI-PI, promovido pela Liga Acadêmica de Radiologia e Diagnóstico por Imagem-LARDI 2020. (Conferência ou palestra).

4. **RIBEIRO, ECO.** Sulcos e giros. Semana do Cérebro do Jornal Memorial da Medicina. 2020. (Conferência ou palestra).
5. **RIBEIRO, ECO.** Anatomia topográfica do membro superior. I Congresso de Anatomia Topográfica (IFMSA). 2020. (Conferência ou palestra).
6. **RIBEIRO, ECO.** Ligas de Anatomia: formação, finalidades e contribuições. V Simpósio Paraibano de Anatomia. 2019. (Conferência ou palestra).
7. **RIBEIRO, ECO.** As ligas de anatomia e o tripé universitário. II Fórum Nacional Aplicado à Pesquisa em Morfologia. 2019. (Conferência ou palestra).

5.11.2 Avaliadora

1. III Fórum Nacional de Pesquisa Aplicada à Morfologia. Avaliadora. 2022. (Encontro).
2. XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE ANATOMIA. Avaliadora. 2022. (Congresso).
3. Congresso Nacional de Pesquisa, ensino, desenvolvimento e inovações em saúde. Avaliadora. 2022. (Congresso).
4. III CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS DA SAÚDE – III COINTER – PDVS. 2021. (Congresso).
5. Semana do Cérebro. Apresentações orais. 2020. (Olimpíada).
6. CINASAMA - CONGRESSO INTERNACIONAL DE SAÚDE E MEIO AMBIENTE. Trabalhos submetidos e orais. 2019. (Congresso).
7. I Encontro de Ciências de Animais de Laboratório. 2019. (Encontro).
8. V Simpósio Paraibano de Anatomia. Avaliação de pôster. 2019. (Simpósio).
9. XXIX CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRPE. Avaliadora de resumos. 2019. (Congresso).

ANEXO A – APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA

← → ↻ plataformabrasil.saude.gov.br/visao/pesquisador/gerirPesquisa/gerirPesquisaAgrupador.jsf

Portal do Governo Brasileiro

 Público Pesquisador Alterar Meus Dados

Cadastros Elayne Cris

DETALHAR PROJETO DE PESQUISA

DADOS DA VERSÃO DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ANÁLISE DO FORAME MAGNO NAS MALFORMAÇÕES CRÂNIO-CERVICAL EM RESSONÂNCIA MAGNÉTICA E TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA
Pesquisador Responsável: Elayne Cristina de Oliveira Ribeiro
Área Temática:
Versão: 3
CAAE: 46952921.4.0000.8069
Submetido em: 25/06/2021
Instituição Proponente: UFPB - Centro de Ciências Médicas/CCM
Situação da Versão do Projeto: Aprovado
Localização atual da Versão do Projeto: Pesquisador Responsável
Patrocinador Principal: Financiamento Próprio



Comprovante de Recepção:  PB_COMPROVANTE_RECEPCAO_1756711

DOCUMENTOS DO PROJETO DE PESQUISA

UFPB - CENTRO DE CIÊNCIAS
MÉDICAS DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA / CCM



Continuação do Parecer: 4.879.455

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMACOES_BASICAS_DO_PROJETO_1756711.pdf	25/06/2021 21:16:48		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_ATUALIZADO.pdf	25/06/2021 21:13:49	Elayne Cristina de Oliveira Ribeiro	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA_ATUALIZADO.pdf	25/06/2021 20:58:35	Elayne Cristina de Oliveira Ribeiro	Aceito
Brochura Pesquisa	Brochura.pdf	18/05/2021 11:13:35	Elayne Cristina de Oliveira Ribeiro	Aceito
Orçamento	Orcamento.pdf	18/05/2021 11:08:45	Elayne Cristina de Oliveira Ribeiro	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	CERTIDAO_ad_referendum_LABORATORIO_ANATOMIA.pdf	18/05/2021 11:00:54	Elayne Cristina de Oliveira Ribeiro	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Carta_anuencia_nepi.jpg	18/05/2021 11:00:16	Elayne Cristina de Oliveira Ribeiro	Aceito
Declaração de Pesquisadores	TERMO_COMPROMISSO.pdf	18/05/2021 10:56:59	Elayne Cristina de Oliveira Ribeiro	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	DISPENSA_TCLE.pdf	18/05/2021 10:56:11	Elayne Cristina de Oliveira Ribeiro	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto_assinada.pdf	18/05/2021 10:54:43	Elayne Cristina de Oliveira Ribeiro	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

JOAO PESSOA, 02 de Agosto de 2021

Assinado por:
Cristina Wide Pissetti
(Coordenador(a))

ANEXO B – CARTA DE ANUÊNCIA DA CLÍNICA RADIOLÓGICA DE PATOS**CLÍNICA
RADIOLÓGICA
DE PATOS****TERMO DE ANUÊNCIA
DO SERVIÇO DE SAÚDE QUE PARTICIPA DA PESQUISA**

Declaramos para os devidos fins que aceitamos o pesquisador “**ELAYNE CRISTINA DE OLIVEIRA RIBEIRO**”, o qual desenvolverá projeto de pesquisa “**ANÁLISE DO FORAME MAGNO NAS MALFORMAÇÕES CRÂNIO-CERVICAL EM RESSONÂNCIA MAGNÉTICA E TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA**”, por meio dos exames de imagem da Clínica Radiológica de Patos.

A autorização aqui concedida está condicionada ao cumprimento, pelo pesquisador, dos requisitos da Resolução do Conselho Nacional de Saúde nº 466 de 2012 e suas complementares. O pesquisador deve utilizar os dados pessoais dos participantes dessa pesquisa exclusivamente para fins científicos do referido projeto, garantindo o sigilo e a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou das comunidades.

Declaro ainda que a coleta de dados e execução do protocolo de pesquisa somente serão iniciados pelo pesquisador após apresentação do respectivo parecer consubstanciado devidamente aprovado e emitido pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos, credenciado ao Sistema CEP/CONEP.

Patos, 17 de Maio de 2021.

Dr. José Cadmo Wanderley P. de Araújo - CRM - 2125 - PB
Membro Titular do Colégio Brasileiro de Radiologia - 3.801
Certificado de Residência no Instituto Estadual de Radiologia e Medicina Nuclear – Manoel de Abreu - RJ

1.



**RUA BOSSUET WANDERLEY, 449 - CENTRO
TELEFAX: (83) 3421.2985
PATOS - PARAÍBA
cadmowanderley@hotmail.com
severinoaires@hotmail.com
cadmoaraujo@bol.com.br**