

LUCIANO CÉSAR PEREIRA CAMPOS LEONEL

**Descrição anatômica, topográfica e microscópica do Seio Emissário
do Forame Oval (SEFO) em humanos adultos**

São Paulo

2019

LUCIANO CÉSAR PEREIRA CAMPOS LEONEL

**Descrição anatômica, topográfica e microscópica do Seio Emissário
do Forame Oval (SEFO) em humanos adultos**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Anatomia dos Animais Domésticos e Silvestres da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Doutor em Ciências.

Departamento:

Cirurgia

Área de concentração:

Anatomia dos Animais Domésticos e Silvestres

Orientador:

Prof. Dr. Edson Aparecido Liberti

Co-orientador:

Dr. Rainer Haetinger

São Paulo

2019

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

(Biblioteca Virginie Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo)

T. 3840
FMVZ

Leonel, Luciano César Pereira Campos
Descrição anatômica, topográfica e microscópica do Seio Emissário do Forame Oval (SEFO) em humanos adultos / Luciano César Pereira Campos Leonel. – 2019.
164 f. : il.

Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Departamento de Cirurgia, São Paulo, 2019.

Programa de Pós-Graduação: Anatomia dos Animais Domésticos e Silvestres.

Área de concentração: Anatomia dos Animais Domésticos e Silvestres.

Orientador: Prof. Dr. Edson Aparecido Liberti.

Coorientador: Dr. Rainer Haetinger.

1. Anatomia. 2. Seio cavernoso. 3. Seios durais. 4. Sistema venoso intracraniano. 5. Nervo trigêmeo. I. Título.



São Paulo, 13 de julho de 2017
CEUAX N 5963190216

Ilmo(a). Sr(a).

Responsável: Edson Aparecido Liberti
Área: Instituto De Ciências Biomédicas
Edson Aparecido Liberti (orientador)

Título do projeto: "DESCRIÇÃO ANATÔMICA, TOPOGRÁFICA E MICROSCÓPICA DO SEIO EMISSÁRIO DO FORAME OVAL (SEFO) EM HUMANOS ADULTOS".

Parecer Consubstanciado da CEUA FMVZ/USP

A Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, na reunião de 14/04/2016, **ANALISOU** e **APROVOU** o protocolo de estudo acima referenciado. A partir desta data, é dever do pesquisador:

1. Comunicar toda e qualquer alteração do protocolo.
2. Comunicar imediatamente ao Comitê qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento do protocolo.
3. Os dados individuais de todas as etapas da pesquisa devem ser mantidos em local seguro por 5 anos para possível auditoria dos órgãos competentes.
4. **Relatórios parciais** de andamento deverão ser enviados **anualmente** à CEUA até a conclusão do protocolo.

Profa. Dra. Denise Tabacchi Fantoni
Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade
de São Paulo

Roseli da Costa Gomes
Secretaria Executiva da Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade
de São Paulo



CERTIFIED

We certify that the Research "ANATOMICAL, TOPOGRAPHIC AND MICROSCOPIC DESCRIPTION OF EMISSARY SINUS OF FORAMEN OVALE (ESFO) IN ADULTS HUMAN", protocol number CEUAX 5963190216 (ID 000470), under the responsibility Edson Aparecido Liberti, agree with Ethical Principles in Animal Research adopted by Ethic Committee in the Use of Animals of School of Veterinary Medicine and Animal Science (University of São Paulo), and was approved in the meeting of day April 14, 2016.

Certificamos que o protocolo do Projeto de Pesquisa intitulado "DESCRIÇÃO ANATÔMICA, TOPOGRÁFICA E MICROSCÓPICA DO SEIO EMISSÁRIO DO FORAME OVAL (SEFO) EM HUMANOS ADULTOS ", protocolado sob o CEUAX nº 5963190216, sob a responsabilidade de Edson Aparecido Liberti, está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, e foi aprovado na reunião de 14 de abril de 2016.

Profa. Dra. Anneliese de Souza Traldi
Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade
de São Paulo

Roseli da Costa Gomes
Secretária
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade
de São Paulo



Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira", Butantã, São Paulo, SP · Av. Professor Lineu Prestes, 2415 - ICB III - 05508 000
Comissão de Ética em Pesquisa - Telefone (11) 3091-7733 - e-mail: cep@icb.usp.br

São Paulo, 19 de abril de 2016.

PARECER 1281/CEPSH

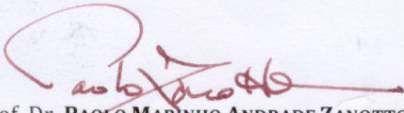
CAAE nº 54988416.1.0000.5467

A Comissão de Ética em Pesquisas em Seres Humanos do ICB, nesta data, **APROVOU** o projeto intitulado: "**Descrição Anatômica, Topográfica E Microscópica Do Seioemissário Do Forame Oval (Sefo) Em Humanos Adultos**" dos pesquisadores Prof. Dr. **Edson Aparecido Liberti** e do aluno **Luciano César Pereira Campos Leonel**.

Cabe aos pesquisadores elaborar e apresentar a este Comitê, relatórios anuais (parciais e final) de acordo com a Resolução nº 466/12, item II, II.19 e II.20, do Conselho Nacional de Saúde, conforme modelo constante no site: www.icb.usp.br, como também finalizar o processo junto à Plataforma Brasil quando do encerramento deste projeto.

O primeiro relatório deverá ser encaminhado à Secretaria deste CEP em **19/04/2017**, bem como anexado uma cópia à Plataforma Brasil.

Atenciosamente,


Prof. Dr. **PAULO MARINHO ANDRADE ZANOTTO**
p/ Coordenador da Comissão de Ética em
Pesquisas com Seres Humanos - ICB/USP

FOLHA DE ROSTO PARA PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS

Hospital Beneficência Portuguesa de São Paulo

(Para projetos Coparticipantes)

PROJETO DE PESQUISA: (Título)

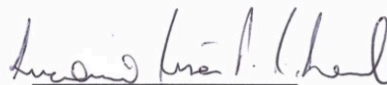
DESCRIÇÃO ANATÔMICA, TOPOGRÁFICA E MICROSCÓPICA DO SEIO EMISSÁRIO DO FORAME OVAL (SEFO) EM HUMANOS ADULTOS

PESQUISADOR RESPONSÁVEL: (Nome Completo)

Luciano César Pereira Campos Leonel

Termo de Compromisso: Declaro que conheço e cumprirei os requisitos da resolução 466/12 e suas complementares. Comprometo-me a utilizar os materiais e dados coletados exclusivamente para fins previstos no protocolo e publicar os resultados seja eles favorável ou não. Aceito as responsabilidades pela condução científica do projeto acima. Tenho ciência que essa folha será anexada ao projeto devidamente assinada por todos os responsáveis e fará parte integrante da documentação do mesmo.

Data: 26/09/17



(Carimbo e assinatura)

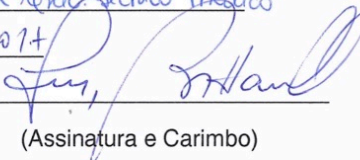
Termo de Compromisso (Responsável pela Instituição): Declaro que conheço e cumprirei os requisitos da Resolução CNS 466/12 e suas complementares e como esta instituição tem condições para o desenvolvimento deste projeto, autorizo sua execução.

Responsável: Luiz Eduardo Loureiro Bettarello

CPF: 375.564.878-49

Cargo: Superintendente Técnico Médico

Data: 18/09/2017



(Assinatura e Carimbo)

Dr. Luiz Eduardo Loureiro Bettarello
Superintendente Executivo Médico

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Autor: LEONEL, Luciano César Pereira Campos

Título: **Descrição anatômica, topográfica e microscópica do Seio Emissário do Forame Oval (SEFO) em humanos adultos**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Anatomia dos Animais Domésticos e Silvestres da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Data: ____ / ____ / ____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

DEDICATÓRIA

Primeiramente, gostaria de oferecer meus cumprimentos a você estimado leitor, por me oferecer parte de seu precioso tempo lendo este trabalho no qual dediquei meu sangue, suor e lágrimas dos últimos quatro anos. Agradeço mais ainda, por ter tido interesse na leitura deste tópico em específico, eu e você sabemos que muitas vezes ele é simplesmente ignorado. Em respeito a você, sinto-me na necessidade de lhe pedir permissão para duas coisas: a primeira delas, contar-lhe uma breve história e a segunda, que eu me refira deste momento em diante a apenas uma pessoa, a qual desempenha papel crucial na história que irei lhe contar e a quem dedico este trabalho.

O ano era 2013 Prof. Edson, iniciei a procura por orientação no mestrado e lembro com bastante clareza o momento em que minha mãe com lágrimas escorrendo pelo seu rosto dizia: “eu não quero que você vá, mas sei que preciso deixar você ir”. Em minha cabeça aquilo pareceu como um suspiro de alívio e a certeza de que uma grande jornada viria pela frente. Para isso, contei com a ajuda de meus dois `padrinhos` que me acolheram dentro do laboratório de Anatomia ao longo dos quatro anos em que exerci a função de aluno monitor, Prof. Dr. Zenon Silva e Profa. Dra. Roseâmely Angélica de Carvalho Barros, incentivando fortemente a minha vinda para São Paulo.

Sendo bem sincero, eu não tinha muitas informações a seu respeito, exceto claro pelas histórias e experiências compartilhadas pelos meus orientadores e aquelas disponíveis em seu currículo Lattes. No entanto, o pouco que sabia já era o suficiente para me garantir um sentimento de enorme ansiedade e satisfação em saber que este poderia ser meu ‘possível’ orientador.

Depois de muito esforço conseguimos agendar nossa reunião, para a qual eu viajei durante toda madrugada por uma distância de aproximadamente 700 quilômetros, retornando no fim do dia para que às 07:00hs do dia seguinte eu estivesse novamente no centro-cirúrgico em que eu estagiava. Na época, o esforço necessário e os gastos financeiros foram preocupações secundárias já que meu maior sonho estava tomando formas mais concretas.

Cheguei em seu laboratório e fui recebido gentilmente por dois de seus pós-graduandos, Jodonai Barbosa e Any Kelly, me convidando para entrar e aguardar sua

chegada. Não consigo me lembrar ao certo o que se passava em minha cabeça naquele momento, provável que uma mistura de angústia, medo, aflição e principalmente esperança.

Eis que o senhor chega, me cumprimenta e me convida para a sala ao lado. Sentamos à mesa e eu logo começo a explicar o motivo de minha viagem. Então, o senhor se levanta e me leva novamente para a sala em que eu estava anteriormente e mostra uma folha fixada na parede dizendo: “Está vendo isso aqui? Esses são todos os alunos que estão esperando para serem meus orientados. Se fosse em outros tempos, poderíamos sentar e discutir um projeto, mas agora eu não tenho disponibilidade”. Tentei prolongar nossa conversa questionando se no futuro eu poderia procurá-lo novamente para orientação de Doutorado. Desta vez a resposta foi ainda mais inesperada e se me permite dizer, dada de uma forma bem mais indigesta: “Filho, o que você vai fazer depende de você e é escolha sua. Eu não posso falar do que vai ser no futuro. Agora me dê licença que preciso aguardar as plantas”.

Desta forma termina nosso primeiro contato, nem ao menos *`obrigado, por ter me recebido`* eu pude falar. Mesmo inexperiente, naquela época eu já tinha consciência de que na maioria das vezes nossas escolhas têm metade das chances de darem certo e outra metade de darem errado, é uma equação simples. Dizia a mim mesmo que eu deveria estar preparado para um *`não`*, mas eu não estava.

Com toda certeza aquela havia sido a pior primeira impressão que eu já havia tido de alguém em toda minha vida. Sem muito o que fazer, eu voltei para a rodoviária, derramei algumas (muitas) lágrimas e claro, julguei sua atitude. Eu poderia ter poupado o meu tempo caso o seu e-mail afirmasse as mesmas coisas ditas pessoalmente. O tempo passou, no mesmo semestre voltei para São Paulo e consegui a tão sonhada orientação e assim segui minha jornada acadêmica.

Já no meu segundo ano de mestrado, me inscrevi para o Programa de Aperfeiçoamento de Ensino na turma de Odontologia noturno, a qual inesperadamente seria coordenada pelo senhor. De certo modo o medo e uma certa decepção tomaram conta de mim. No entanto Prof. Edson, eu tento sempre avaliar o lado positivo dos fatos que ocorrem em minha vida e logo pensei que essa poderia ser uma grande oportunidade

para descobrir se os rumores sobre sua excelência dentro da sala de aula seriam verdadeiros.

No mesmo período tive o privilégio de morar com um de seus orientados (e admirador confesso) o Prof. Dr. Flávio Silva Tampelini. Ele logo me cativou devido a sua índole e caráter sólido, somado ao fato de possuir um enorme e sensível coração. Nos tornamos amigos e passei a confiar fielmente em seus conselhos, opiniões e julgamentos. Quando ele se referia ao senhor era sempre com um intenso brilho nos olhos, amor e admiração que só um filho teria por um pai. Isso me deixava de certo modo intrigado, `esta é a mesma pessoa com quem eu conversei há um ano?`. Eu descobriria a resposta mais breve do que eu imaginava.

A disciplina começa e não lembro de ter tido acompanhado nenhum professor que possuísse tamanho cuidado e dedicação na preparação de suas aulas, sempre preocupado se o que estava fazendo seria suficiente para seus alunos. O momento mais marcante em meu primeiro contato ao vê-lo exercendo sua profissão, acontece quando uma folha é colocada em cima da bancada, contendo um desenho esquemático do livro Testut representando a fissura petroescamosa. Segundo o senhor, ela era uma estrutura um tanto quanto difícil de ser mostrada, mas importante o suficiente para os alunos estudarem e termina dizendo: `Bom, tudo está pronto. Agora só nos resta esperar os protagonistas`.

Fomos nos aproximando ao longo do tempo, até que em um dia durante sua disciplina de `Técnicas Anatômicas` (na qual eu estava inscrito), indiretamente tenho a oportunidade de questionar sobre uma possível orientação de Doutorado. Oportunidade esta, pavimentada pelo auxílio de dois amigos Prof. Flávio Tampelini e Prof. César Carvalho.

Neste dia Deus mais uma vez me mostrou que tudo tem seu tempo, tudo tem sua hora certa de acontecer. Tudo.

Hoje Prof. Edson eu entendo nosso primeiro encontro. Hoje eu lhe peço desculpas pelos meus julgamentos precipitados. Hoje eu entendo que no momento de nossa conversa o senhor estava aprendendo a lidar com uma de suas maiores perdas. Hoje Prof. Edson eu entendo que o senhor me concedeu aquela reunião em seu laboratório não para que eu perdesse meu tempo, mas sim, para demonstrar seu respeito e

compromisso em me olhar nos olhos e dizer que não poderia me orientar. Hoje Prof. Edson eu agradeço a sua atitude. Hoje eu entendo.

Sem mais prolongamentos, dedico todo trabalho realizado nestes quatro anos ao senhor. Talvez eu não tenha sido o melhor e mais inteligente de seus alunos, ou aquele que demonstrou incríveis habilidades manuais para dissecação, ou o que publicou em revistas de maior impacto, mas sempre tentei ser o melhor que eu poderia ser. Além da dedicatória de meu trabalho, tenho pensando incansavelmente em algo mais para lhe oferecer de modo a demonstrar minha gratidão, respeito e carinho.

No fim, conhecendo o senhor como acho que conheço, ousou dizer que nenhum presente material com tal propósito seria de seu agrado. Sendo assim, eu lhe ofereço duas coisas a partir deste momento. A primeira delas são minhas orações, pedindo a Deus pela sua saúde, de sua família e rogando para que Ele lhe conceda paz de espírito e disposição para continuar mudando a vida de outros `Lucianos` que aparecerão em seu caminho.

A segunda oferta, assim como a primeira irá me acompanhar pelo resto de minha vida, lhe ofereço uma promessa. Prometo sempre me empenhar e me dedicar de modo a ser o melhor profissional que eu puder ser, seja qual for a minha área de atuação. Prometo encarar com seriedade e responsabilidade o trabalho que me for designado, o desempenhando de forma respeitosa, digna e correta, como o presenciei fazer desde aquele primeiro dia de aula em sua companhia.

Hoje eu o entendo Prof. Edson Liberti e espero de todo coração que o senhor aceite meu trabalho como um simbólico presente e saiba que como afirmou Cunha Bueno uma vez: “nunca procedi tão bem quanto deveria ter procedido, mas fiz o melhor que pude com franqueza e retidão; não pude mais do que isso, mas também não tinha o direito de fazer menos”.

Ah, e antes que eu me esqueça: **Obrigado, muito obrigado por ter me recebido Prof. Edson.**

AGRADECIMENTOS

Um trabalho com essa amplitude jamais poderia ser realizado sem o auxílio e colaboração de inúmeras e diferentes pessoas ao longo de quatro anos de estudo. Desta forma, eu gostaria de usar este espaço para dedicar meus singelos, porém mais profundos agradecimentos para todas as pessoas que de modo direto ou indireto contribuíram para a finalização de meu Doutorado.

Primeiramente agradeço a Deus por todas as oportunidades e privilégios que têm sido concedidos a mim durante toda minha trajetória acadêmica que se iniciou no ano de 2009. Agradeço por todo trabalho que realizei, pelas pessoas que conheci, pelos momentos que eu vivenciei, por todas as lições aprendidas e as falhas cometidas, assim como pelas dificuldades e obstáculos que enfrentei ao longo do caminho.

Em seguida, me sinto no dever de agradecer minha amada família. Minha mãe *Cleonice Fonseca de Campos* e minha `mãe-vó` *Etelvina Pereira Campos*, exemplos de força, caráter, humildade e resiliência. Sei que houveram momentos em que se sentiram tristes por não poderem me oferecer tudo o que eu queria, mas no fim, me deram tudo o que eu mais precisava: amor e educação.

Ao meu irmão *Matheus César Pereira Campos*, tios, tias e primos: *Ana Cláudia, Almerinda, Araquem, Ilva, Ivaneth, Paulo César, Pedro Henrique, Rodrigo, Sandra, Thiago Silva* e *Vandir*, agradeço o apoio e orações. Nos momentos em que os meus pés já cansados da caminhada pareciam fraquejar, me agarrei na força de cada um, lembrando que eram uma das razões pela qual eu estava aqui. Com isso, as batalhas do dia-a-dia se tornavam menos difíceis. Essa vitória de hoje, também é de vocês.

Aos meus amigos-irmãos eternos que fiz durante minha graduação: *Carolina Sverzut, Érica Silva Rocha, Eryelg Moura Tomé, Gabriella Cristine Guerra de Carvalho, Michelly Melo Alves, Núbia Inocência de Paula, Orenito Simão Borges Júnior* e *Rafaela Pereira de Lima*. Apesar da distância estiveram sempre comigo. Obrigado por ainda serem presentes em minha vida, mesmo longe, ainda estamos perto!

Aos meus amigos de pós-graduação: *Aline Gonçalves, Aline Rosa, André Cruz de Oliveira, Bruna Andrade, Elizamara Gonçalves, Jessica Borghesi, Jodonai Barbosa, Heloisa Alonso, Igor Rocha, Inaeh Oliveira, Kátia de Oliveira Guimarães, Lara Carolina*

Mario, Liz Anne Vaiciulis, Marcos Vinícius Silva, Mirella Ribeiro Bento, Raony Moraes, Rodrigo Barreto, Victoria Oliveira, Victor Oliveira pela amizade, divertimentos, por todo carinho com o qual me receberam na maravilhosa cidade de São Paulo. Cada um à sua maneira, agora faz parte de minha vida.

Agradeço ainda aos meus queridos e fiéis companheiros de alma, para os quais reservo lugar especial nestes agradecimentos e em meu coração por puro merecimento: *Carla Maria Miranda, Diego Cury, Flávio Tampelini, Franceliusa Delys e João Guilherme Silvestre*. Vocês foram o tipo de pessoa que realmente valeu a pena conhecer; são vocês que em um futuro não muito distante, serão responsáveis pelas melhores lembranças de minha estadia em São Paulo. Sei que muito em breve estaremos separados, seguiremos nossas vidas e é para frente que se anda (sempre!). Estou confortável com isso, pois cada pessoa que conhecemos na vida mesmo quando se vão, 'jamais nos deixam sós, pois deixam um pouquinho de si.... e levam um pouquinho de nós'.

Gostaria de agradecer aos amigos que fiz durante os seis meses em que residi na cidade de Albany, Nova Iorque – EUA: *Louis, Marissa, Simba, Tim Bebe, Dr. Marcelo Charles-Pereira, Patrícia e Ana*. A saudade é grande e sentida em diversos momentos, no entanto as lembranças de nossos momentos juntos trazem um enorme sorriso ao meu rosto. Obrigado por terem feito parte da maior e melhor jornada de toda minha vida acadêmica e pessoal.

Aos meus amigos 'anatomossaurinhos', irmãos de orientação, companheiros de laboratório e dissecções: *Adriano Silva, Mariane Donato, Maurício Silva, Regiane Nogueira e Severino Denicio*. Obrigado pela parceria dos últimos anos, em especial a ajuda oferecida nos últimos meses. Dissecamos, nos divertimos, aprendemos e demos risadas juntos, serão esses os momentos que lembrarei com grande alegria e nostalgia.

A minha querida e especial amiga do coração *Malu Motta*, por sempre estar presente e disposta em ajudar, muitas das vezes colocando em segundo plano suas próprias obrigações. Obrigado pela amizade, mas principalmente por todo cuidado e zelo com nosso estimado mestre e professor.

Aos meus professores de graduação, primeiros mentores, mestres e padrinhos na 'Anatomia Humana' *Prof. Dr. Zenon Silva e Profa. Dra. Roseâmely Angélica de Carvalho Barros*. Foram vocês os responsáveis pelo incentivo e início de minha carreira dentro da

Anatomia, ciência que logo se tornou paixão e a partir deste momento minha profissão e sustento. A única forma possível que encontrei em mostrar tal gratidão foi através de meu empenho diário e honrando toda confiança que em mim foi depositada.

Ao *Prof. Dr. César Alexandre Fabrega Carvalho* o qual acompanhei desde meu Mestrado como aluno monitor. Agradeço a oportunidade e companhia dentro do laboratório onde assisti e vivenciei inúmeras vezes suas aulas e metodologias de ensino, despertando ainda mais a vontade de seguir a carreira acadêmica.

A todos os monitores e equipe administrativa responsável pelo `Museu de Anatomia Humana Professor Alfonso Bovero`, *Ana Paula Rodrigues, Cristiane Pinheiro, Nilson Souza, Profa Dra. Silvia Lacchini e Profa Dra. Simone Motta*.

A toda equipe de limpeza e segurança do `Instituto de Ciências Biomédicas III da Universidade de São Paulo`, pela simpatia durante nosso convívio diário, em especial ao *Sr. João, Ana Andrade, Dona Marli, Paulinha, Marcelo*.

A *Andrea de Oliveira Queiroz Souza Santos, Luís Fernando Rocha Simonetti Pereira e Lenilza Ferreira de Sales Lopes* pela doação dos espécimes injetados utilizados neste trabalho.

A *Sebastião Aparecido Boleta, Sonia Regina Yokomizo Almeida, Marta Maria da Silva Righetti e Ronaldo Agostinho* por todo suporte técnico durante a preparação e execução dos experimentos descritos na metodologia deste trabalho. Agradecimentos também devem ser oferecidos para a *Dra. Rose Eli Grassi Rici* e o `Centro Avançado em Diagnóstico por Imagem (CADI) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da USP` pela aquisição das imagens de Microscopia Eletrônica de Varredura.

Agradeço ainda *Dra. Sonja Ellen Lobo*, a qual me orientou durante meu Mestrado, cujo exemplo e ensinamentos se fazem presentes ainda hoje em minhas lembranças. “Não se nivele para baixo Luciano, nunca”. Não irei *Dra. Sonja*, jamais! Muito obrigado.

Ao meu Programa de Pós-graduação em `Anatomia dos Animais Domésticos e Silvestres` e seus coordenadores *Profa. Dra. Maria Angélica Miglino, Prof. Dr. José Roberto Kfoury e Prof. Dr. Antônio Assis Chaves Neto* por permitirem mais uma vez a oportunidade de titulação nesta instituição de tamanho renome e respeito. Agradeço ainda à *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)*, pelas bolsas de fomento com as quais fui contemplado, em especial a que se refere ao

Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior (PDSE) processo 88881.189716/2018-01. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradeço as secretárias Daura Vaz e Catia Silene do Carmo Pimenta por toda ajuda com questões burocráticas referentes a Pós-Graduação.

Me faltam palavras para agradecer todo aprendizado oferecido por *Dra. Maria Peris-Celda*, *Dr. Carlos Diogenes Pinheiro-Neto* e *Dr. Alan Boulos* no *`Northeast Professor Rhoton Surgical Anatomy Laboratory`* localizado no *`Department of Neuroscience and Experimental Therapeutics`* do Albany Medical Center, Albany, Nova Iorque – EUA. Com toda certeza as experiências obtidas durante minha *fellowship* contribuíram de forma singular para a finalização de minha tese e produção científica. Muito mais que uma oportunidade acadêmica os senhores me permitiram inigualáveis experiências pessoais e emocionais que jamais serão esquecidas. A vocês, minha eterna gratidão e respeito.

Os mais sinceros agradecimentos ao meu co-orientador *Dr. Rainer Haetinger* que tão gentilmente aceitou fazer parte deste trabalho oferecendo total acesso, orientação técnica e teórica do banco de dados de tomografias computadorizadas da *'BP Medicina Diagnóstica' ("Med Imagem")* do *'Hospital Beneficência Portuguesa de São Paulo'*.

Por último, mas não menos importante, agradeço ao meu mestre, orientador e amigo ***Prof. Dr. Edson Aparecido Liberti*** por toda sabedoria e exemplo de vida lecionando há mais de 40 anos e contribuindo com a Anatomia Humana. Me sinto honrado, orgulhoso e privilegiado em poder dizer que fui seu orientado e graciosamente ter podido aprender com o senhor. Obrigado por me formar não só como profissional, pesquisador, professor, mas também como ser humano. Espero que daqui para frente o senhor possa se referir a mim carinhosamente como uma de suas mestístases. Sobretudo Prof. Edson, obrigado por comprovar que **“nada, absolutamente nada, resiste ao trabalho”**.

Os mais profundos e sinceros agradecimentos a *Sylvio Scacchetti Simões* por ter iniciado o presente estudo e posteriormente oferecé-lo ao meu orientador com a responsabilidade de finalizá-lo.

“Sou levado a crer que o jovem Locchi havia adotado o lema de Sêneca, um conselho de Epicuro [...] sugerido a seu amigo Lucilio *‘Aliquis vir bonus nobis diligendus est ac semper ante oculos habendus, ut sic tamquam illo spectante vivamus et omnia tamquam illo vidente faciamus.’* Para os que não se sentem familiarizados com o latim, julgo dever transcrever a versão, tanto quanto possível literal, para o idioma português esperando que outros jovens encontrem Homens como Bovero ou, como eu encontrei um Homem como Locchi:

‘Admire um homem de alto caráter e tenha-o sempre diante de seus olhos, vivendo como se ele o estivesse observando e agindo como se ele ditasse suas ações’

L. J. A. DiDio

RESUMO

LEONEL, L. C. P. C. **Descrição anatômica, topográfica e microscópica do Seio Emissário do Forame Oval (SEFO) em humanos adultos.** 2019. 164 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

O conhecimento do sistema de drenagem sanguínea intracraniano é indispensável para intervenções cirúrgicas. Permanece confusa e negligenciada a descrição do canal vascular entre o seio cavernoso e o plexo pterigóideo, alguns autores definindo-o como uma veia, plexo ou seio da dura-máter. Dessa forma, esta pesquisa teve como objetivo descrever seus aspectos anatômicos, topográficos e microscópicos. Considerando as análises macroscópicas, foram usados 50 blocos anatômicos da base do crânio de humanos adultos, 170 crânios secos e 1.000 imagens de tomografia computadorizada (TC). Somado a isso, a fossa média do crânio de três espécimes fixadas em álcool 70% foram dissecadas e documentadas seguindo a metodologia e técnica de dissecação propostas pelo Dr. Albert L. Rhoton Jr. Os componentes microscópicos e ultraestruturais do canal venoso foram avaliados pelas colorações histológicas de Hematoxilina e Eosina, Picrosirius, Weigert e Tricrômio de Masson, assim como por Microscopia Eletrônica de Varredura. O Seio Emissário do Forame Oval (SEFO) esteve sempre presente entre o seio cavernoso e o plexo pterigóideo em ambos antímeros, com trajeto inferior passando internamente pelos forames oval e/ou venoso (de Vesalius), anteriormente ao ramo mandibular do nervo trigêmeo e sua raiz motora. O forame venoso (FV) foi encontrado como rota alternativa de uma pequena projeção do SEFO. Durante as análises o FV foi observado em 46,8% das TCs (25,4% bilateral e 21,4% unilateral) e em 45,2% dos crânios secos (18,8% bilateral e 26,4% unilateral). Em 9,5% das tomografias e 21,1% dos crânios foi observado uma abertura na face externa da fossa média do crânio sem comunicação com sua face interna, portanto não sendo considerada como forames verdadeiros. A organização histológica do SEFO e de seu ramo em direção ao FV foi semelhante ao encontrado no seio transversal, com fibras colágenas dispostas em sentido transversal e longitudinal, não sendo observadas as camadas média e externa, características de veias. Sua camada elástica se limitava a uma fina e discreta marcação próxima ao lúmen do canal. Assim como observado no seio transversal, ambos canais

apresentaram células em formato losangular e com núcleos centrais arredondados. A injeção dos espécimes com látex colorido, fotodocumentação 3D e *High Dynamic Range* (HDR) conforme descrito por Dr. Rhoton é primordial para o ensino anatômico e neurocirúrgico. Para tanto, foi importante respeitar todas as etapas de canulação, lavagem, injeção do látex, dissecação e fotodocumentação macroscópica de modo a garantir a eficiência e qualidade das imagens ao final do processo. A técnica HDR contribuiu melhorando a nitidez, brilho e contraste das imagens finais que podem ser utilizadas para os diferentes tipos de projeções 3D as quais devem ser escolhidas considerando o objetivo da apresentação e quantidade do público alvo. Em síntese, o SEFO foi uma estrutura constante sempre comunicando o seio cavernoso com o plexo pterigóideo, sua presença não foi dependente do conteúdo do FV e ambos canais apresentaram estrutura microscópica e ultraestrutural semelhante aos seios da dura-máter. Ambos canais devem ser considerados durante procedimentos cirúrgicos na fossa média do crânio e como rotas de disseminação de infecções do meio extracraniano para a cavidade do crânio.

Palavras-chave: Anatomia. Seio cavernoso. Seios durais. Sistema venoso intracraniano. Nervo trigêmeo.

ABSTRACT

LEONEL, L. C. P. C. **Topographic and microscopic anatomical description of the Emissary Sinus of Foramen Ovale (ESFO) in adult humans.** 2019. 164 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

The knowledge of intracranial blood drainage system is indispensable during surgical interventions. The description of the vascular system located between the cavernous and pterygoid plexus remains confused and neglected. Some researchers define it as a vein, a plexus or as a dural sinus. Therefore, this work aimed to describe its anatomy, topographic and microscopic aspects. Concerning the macroscopic aspects, the study included the analysis of fifty anatomic blocks of the skull's base from adult humans, 170 dry skulls and 1.000 computed tomography (CT) images. In addition, the middle cranial fossa of three specimens were dissected and documented accordingly to the methodology proposed by Dr. Albert L. Rhoton Jr. Microscopic and ultrastructural features of the aforementioned venous channel were evaluated using histological samples stained using Hematoxylin and Eosin, Picrosirius red, Weigert and Masson's trichrome. Besides that, scanning electron microscopy was performed. The Emissary Sinus of Foramen Ovale (ESFO) was always present between the cavernous sinus and the pterygoid plexus on both sides, with its inferior path passing through the foramen ovale and/or sphenoidal emissary foramen (of Vesalius), cranially to the mandibular nerve and the motor root of the trigeminal nerve. The sphenoidal emissary foramen (SEF) was found as an alternative pathway to a small projection of the ESFO. During our analysis, the SEF was observed in 46,8% CTs (25,4% bilateral and 21,4% unilateral), and in 45,2% dry skulls (18,8% bilateral e 26,4% unilateral). In 9,5% CTs and 21,1% dry skulls it was observed an opening on the external surface of the skull's base without communication with the inner surface, therefore not being considered as a truly foramina. The histological arrangement of the ESFO and its branches towards the SEF resembled the ones found in the transverse sinus with the layers of collagen fibers organized on both transversal and longitudinal directions. It was not possible to identify the middle and adventitial layers, features characteristic of veins; the elastic layer was very thin, near the lumen. Also as found on transverse sinus, ESFO was composed with rhombus shape cells with rounded cell nuclei.

Specimen's injection with latex, 3D and HDR photodocumentation as described by Dr. Rhoton are of paramount importance to anatomy and neurosurgery teaching. So, it was important to respect all steps of the process: cannulation, flushing, latex injection, dissection and macroscopic photodocumentation to guarantee the good quality of all images at the end of the process. HDR technique improved the shapeness, brightness, and contrast of the image's final version, which can be used on different 3D presentations accordingly to their goals and target-audience. In summary, the ESFO was a frequent observed structure, always communicating the cavernous sinus with the pterygoid plexus. Its presence does not depend on SEF's content, both channels presented microscopically and the ultrastructure resembled those of a dural sinus. Thus, both channels should be considered during surgical approaches in the middle cranial fossa and, it works as a route for infectious to spread from extracranial sites to cranial cavity.

Keywords: Anatomy. Cavernous sinus. Dural sinus. Intracranial venous system. Trigeminal nerve.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Representação do sistema venoso da cavidade do crânio.....	33
Figura 2	- Anatomistas responsáveis pelas descrições dos seios da dura-máter.....	35
Figura 3	- Representação dos principais seios da dura-máter em tratados de anatomia do século XIX.....	36
Figura 4	- Representação das estruturas anatômicas presentes na fossa média do crânio apresentadas por Jean Léo Testut e André Latarjet.....	36
Figura 5	- Descrição do Seio Emissário do Forame Oval (SEFO) proposta por Sylvio Simões.....	39
Figura 6	- Descrição topográfica da vascularização lateral do nervo trigêmeo proposta por Sylvio Simões.....	40
Figura 7	- Padrões estruturais dos seios da dura-máter.....	42
Figura 8	- Padrões ultraestruturais dos seios da dura-máter.....	43
Figura 9	- Padrões estruturais e ultraestruturais das veias.....	44
Figura 10	- Delimitação do bloco anatômico contendo ambas regiões peritrigeminais.....	62
Figura 11	- Localização e exposição da região peritrigeminal e seu conteúdo.....	62
Figura 12	- Equipamento e instrumental cirúrgico utilizado nas dissecções da região peritrigeminal.....	63
Figura 13	- Canulação e injeção dos espécimes com látex colorido.....	65
Figura 14	- Equipamento utilizado para fotodocumentação dos espécimes..	67
Figura 15	- Descrição macroscópica do SEFO.....	71
Figura 16	- Aspectos topográficos e comunicações do SEFO.....	73
Figura 17	- Aspectos internos do SEFO.....	74
Figura 18	- Aspectos macroscópicos do SEFO após injeção dos espécimes com látex colorido e fotodocumentação HDR.....	75
Figura 19	- Análise microscópica (Hematoxilina-Eosina) do SEFO.....	77

Figura 20	-	Análise microscópica (Weigert e Picrosirius) do SEFO.....	78
Figura 21	-	Análise ultraestrutural do SEFO (MEV).....	80
Figura 22	-	Tomografias Computadorizadas apresentando o forame venoso	97
Figura 23	-	Variações no trajeto do forame venoso (não-patentes/cegos).....	98
Figura 24	-	Prevalência do forame venoso em crânios secos.....	100
Figura 25	-	Aspectos macroscópicos e topográficos do forame venoso e seu conteúdo.....	101
Figura 26	-	Aspectos microscópicos da veia emissária esfenoidal.....	102
Figura 27	-	Aspectos ultraestruturais da veia emissária esfenoidal.....	103
Figura 28	-	Canulação, lavagem e injeção de látex dos espécimes.....	124
Figura 29	-	Equipamento para fotodocumentação 3D.....	127
Figura 30	-	Técnica para fotodocumentação 3D de imagens macroscópicas	128
Figura 31	-	Técnica para fotodocumentação 3D de imagens endoscópicas..	130
Figura 32	-	Técnica de processamento HDR.....	131
Figura 33	-	Dispositivos para apresentação 3D.....	133

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Distribuição dos indivíduos estudados segundo o gênero, grupo étnico.....	60
Tabela 2	- Análise quantitativa da prevalência do FV em tomografias computadorizadas.....	96
Tabela 3	- Análise quantitativa da prevalência do FV em crânios secos.....	99
Tabela 4	- Estudos anteriores descrevendo a prevalência do FV em diferentes tipos de amostragem.....	108
Tabela 5	- Processo de fixação de cadáveres realizado no laboratório do Prof. Rhoton na Universidade da Flórida.....	120
Tabela 6	- Diferenças entre as técnicas dos autores e trabalhos anteriores publicados no laboratório do Prof. Rhoton.....	137

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACC – Artéria Carótida Comum

ACE – Artéria Carótida Externa

ACI – Artéria Carótida Interna

AV – Artéria Vertebral

CT – *Computed Tomography* (Tomografia Computadorizada)

dpi – *dots per inch* (pontos por polegada)

ESFO – *Emissary Sinus of Foramen Ovale* (Seio Emissário do Forame Oval)

FAVD – Fístulas arteriovenosas durais

FV – Forame venoso (de Vesalius)

HDMI – *High-Definition Multimedia Interface* (Interface Multimídia de Alta Resolução)

HDR – *High Dynamic Range* (Alto Alcance Dinâmico)

ICB/USP – Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo

JPEG – *Joint Photographic Experts Group*

ml – mililitros

mm - milímetros

MEV – Microscopia Eletrônica de Varredura

NT – Neuralgia trigeminal

SEF – *Sphenoidal Emissary Foramen* (Forame Emissário Esfenoidal)

SEFO – Seio Emissário do Forame Oval

SEM – *Scanning Electron Microscopy* (Microscopia Eletrônica de Varredura)

SEV – *Sphenoidal Emissary Vein* (Veia Emissária Esfenoidal)

SPS – Seio Petroso Superior

TC – Tomografia Computadorizada

TIFF – *Tagged Image File Format* (Formato de Arquivo de Imagens com Tags)

VEE – Veia Emissária Esfenoidal

VJI – Veia Jugular Interna

µm – micrômetros

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	28
2	(I ARTIGO) O CANAL VENOSO ENTRE O SEIO CAVERNOSO E O PLEXO PTERIGÓIDEO. ANATOMIA E RELEVÂNCIA CLÍNICA. REVISÃO DE LITERATURA.....	30
2.1	INTRODUÇÃO.....	31
2.2	A DRENAGEM VENOSA DO SEIO CAVERNOSO PARA O PLEXO PTERIGÓIDEO: BREVE CONTEXTO HISTÓRICO.....	34
2.3	PADRÕES ESTRUTURAIS DOS SEIOS DA DURA-MÁTER E VEIAS EMISSÁRIAS.....	41
2.4	O CANAL VENOSO ENTRE O SEIO CAVERNOSO E O PLEXO PTERIGÓIDEO: RELEVÂNCIA CLÍNICA.....	45
2.5	CONCLUSÃO.....	47
	REFERÊNCIAS.....	49
3	(II ARTIGO) DESCRIÇÃO ANATÔMICA, TOPOGRÁFICA E MICROSCÓPICA DO SEIO EMISSÁRIO DO FORAME OVAL (SEFO) EM ADULTOS HUMANOS.....	58
3.1	INTRODUÇÃO.....	59
3.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	60
3.2.1	COLETA E CRITÉRIO DE SELEÇÃO DAS AMOSTRAS.....	60
3.2.2	MÉTODO DE COLETA DO BLOCO ANATÔMICO DA FOSSA MÉDIA DO CRÂNIO.....	61
3.2.3	DISSECÇÃO DOS BLOCOS ANATÔMICOS SOB LUPA BINOCULAR (MESOSCOPIA).....	61
3.2.4	INJEÇÃO COM LÁTEX, DISSECÇÃO E FOTODOCUMENTAÇÃO DOS ESPÉCIMES.....	63
3.2.4.1	Canulação dos espécimes.....	63
3.2.4.2	Lavagem, injeção com látex e fixação dos espécimes.....	64
3.2.4.3	Dissecção dos espécimes.....	64

3.2.4.4	Fotodocumentação e técnica de processamento <i>High Dynamic Range</i> (HDR)	66
3.2.5	ANÁLISES HISTOLÓGICAS.....	67
3.2.6	MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV).....	68
3.3	RESULTADOS	68
3.3.1	MESOSCOPIA: FORMATO.....	68
3.3.1.1	Formato piramidal	69
3.3.1.2	Formato tubular	69
3.3.1.3	Abertura superior	69
3.3.1.4	Abertura inferior	70
3.3.2	MESOSCOPIA: TOPOGRAFIA.....	71
3.3.3	MESOSCOPIA: COMUNICAÇÕES.....	72
3.3.4	MESOSCOPIA: ASPECTOS INTERNOS.....	72
3.3.5	ANÁLISES HISTOLÓGICAS.....	76
3.3.6	MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV).....	79
3.4	DISCUSSÃO	81
3.5	CONCLUSÃO	85
	REFERÊNCIAS	86
4	(III ARTIGO) O FORAME VENOSO E A VEIA EMISSÁRIA, ANATOMIA E RELEVÂNCIA CLÍNICA	91
4.1	INTRODUÇÃO	92
4.2	MATERIAL E MÉTODOS	93
4.2.1	ANÁLISE DO FORAME VENOSO EM TOMOGRAFIAS COMPUTADORIZADAS (TCs).....	93
4.2.2	ANÁLISE DO FORAME VENOSO EM CRÂNIOS SECOS.....	94
4.2.3	ANÁLISE MACROSCÓPICA: DISSECÇÃO EM CADÁVERES.....	94
4.2.4	ANÁLISES HISTOLÓGICAS.....	95
4.2.5	MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV).....	95
4.3	RESULTADOS	95

4.3.1	ANÁLISE DO FORAME VENOSO EM TOMOGRAFIAS COMPUTADORIZADAS (TCs).....	95
4.3.2	ANÁLISE DO FORAME VENOSO EM CRÂNIOS SECOS.....	99
4.3.3	ANÁLISE MACROSCÓPICA: DISSECÇÃO EM CADÁVERES.....	101
4.3.4	ANÁLISES HISTOLÓGICAS.....	102
4.3.5	MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV).....	103
4.4	DISCUSSÃO	104
4.5	CONCLUSÃO	109
	REFERÊNCIAS	110
5	(IV ARTIGO) FUNDAMENTOS DE NEUROANATOMIA AVANÇADA: DIRETRIZES TÉCNICAS PARA PREPARAÇÃO, DISSECÇÃO E FOTODOCUMENTAÇÃO 3D DE ESPÉCIMES EM UM LABORATÓRIO DE ANATOMIA CIRÚRGICA	117
5.1	INTRODUÇÃO	119
5.2	MATERIAL E MÉTODOS	120
5.3	RESULTADOS	121
5.3.1	ETAPAS PARA PREPARAÇÃO DOS ESPÉCIMES.....	121
5.3.1.1	Canulação dos vasos	121
5.3.1.2	Lavagem dos vasos	121
5.3.1.3	Injeção com látex colorido	122
5.3.2	DISSECÇÃO.....	125
5.3.3	FOTODOCUMENTAÇÃO 3D.....	125
5.3.3.1	Aspectos gerais da técnica	125
5.3.3.2	Considerações endoscópicas	129
5.3.3.3	Processamento final das imagens	129
5.3.4	DISPOSITIVOS PARA APRESENTAÇÃO 3D.....	132
5.3.4.1	Apresentação com dois projetores 2D (3D passivo)	132
5.3.4.2	Apresentação com único projetor 3D (3D ativo)	132
5.3.4.3	Apresentação com televisão 3D (3D ativo ou passivo)	133
5.4	DISCUSSÃO	134

5.5	CONCLUSÃO.....	137
	REFERÊNCIAS.....	139
5.6	MATERIAL SUPLEMENTAR.....	140
6	CONCLUSÕES.....	143
	REFERÊNCIAS.....	144
	APÊNDICES.....	146

1 INTRODUÇÃO

A descrição das características da base do crânio com vistas às aplicações clínica e cirúrgica, têm sido objeto de estudos devido a complexidade da morfologia e da topografia dos elementos ósseos e neurovasculares dessa região (SHARMA; GARUD, 2011; BAYRAK et al., 2018). Preferencialmente, as pesquisas são conduzidas para a fossa média do crânio, local de estruturas de importância singular, muitas vezes relacionadas ao osso esfenóide, tais como a artéria carótida interna, hipófise e o seio cavernoso (PARASKEVAS; NITSA; KOUTSOUFLIANIOTIS, 2015).

Somado a isso, a complexa rede vascular existente na fossa média do crânio merece destaque, não somente pela relevância em procedimentos cirúrgicos e disseminação de processos infecciosos, mas também quando se considera a sua relação com o nervo trigêmeo e seus ramos, e as possíveis disfunções clínicas provenientes desta interação. É o caso, ainda atual, da patogenia da Neuralgia Trigeminal (NT), cuja a teoria mais aceitável é a da compressão do nervo por estruturas vasculares (arteriais e venosas) circunjacentes (PARASKEVAS; NITSA; KOUTSOUFLIANIOTIS, 2015; JONES et al. 2019; TAI; NAYAR, 2019).

Apesar de descrita no século XIX (TROLARD, 1868), a comunicação venosa existente entre o seio cavernoso e o plexo pterigóideo, ainda permanece como um tópico pouco abordado e controverso quanto a sua definição e classificação anatômica (PARASKEVAS; NITSA; KOUTSOUFLIANIOTIS, 2015; ALVES; DEANA, 2016; LIU et al., 2016).

Considerado como uma veia emissária (HAYASHI et al., 2010; MORTAZAVI et al., 2012), autores como Simões (1973) e Leonel et al. (2018) classificaram estruturalmente essa comunicação como um seio da dura-máter. De fato, as características estruturais são bem distintas, uma vez que, enquanto as veias estão constituídas pelas túnicas íntima, média e externa (HERNÁNDEZ-MORERA et al., 2017; NABZDYK; PRADHAN-NABZDYK; LOGERFO, 2017), os seios exibem paredes laminares compostas por fibras colágenas dispostas em diferentes orientações (BICHAT, 1883).

Desta forma, considerando-se as divergências nas descrições dessa comunicação venosa entre o seio cavernoso e o plexo pterigóideo, bem como as suas aplicações

clínico-curúrgicas, foram estabelecidas no presente trabalho, a sua topografia e os componentes estruturais e ultraestruturais, com o intuito de classificá-la efetivamente como um seio da dura-máter.

2 (I ARTIGO) O CANAL VENOSO ENTRE O SEIO CAVERNOSO E O PLEXO PTERIGÓIDEO: ANATOMIA E RELEVÂNCIA CLÍNICA. REVISÃO DE LITERATURA¹

Resumo

O Seio Emissário do Forame Oval (SEFO) é responsável pela comunicação entre o seio cavernoso e o plexo pterigóideo. Embora tenha sido descrito por volta do século XIX, inúmeras divergências ainda permanecem referentes à sua nomenclatura e classificação anatômica. Esta revisão teve como objetivo descrever o seu contexto histórico, levando em consideração suas características anatômicas e relevância clínica. Apesar da recente literatura descrevê-lo como uma veia emissária, há aqueles que o classificam como um seio da dura-máter devido suas características estruturais. Sua importância clínica é considerada durante procedimentos cirúrgicos, tais como procedimentos percutâneos para a Neuralgia Trigeminal, assim como no tratamento de fístulas arteriovenosas durais. Além disso, uma vez que esse canal venoso conecta o plexo pterigóideo com o seio cavernoso e é desprovido de válvulas, ele pode ser considerado uma rota de disseminação de patógenos e trombos infecciosos oriundos de regiões extracranianas. Em síntese, o canal venoso entre o seio cavernoso e o plexo pterigóideo deve ser considerado como um seio da dura-máter uma vez que suas paredes apresentam majoritariamente composição de fibras colágenas. Devido a sua topografia este vaso pode desempenhar papel importante durante procedimentos cirúrgicos realizados na fossa média do crânio.

Palavras-chave: Fossa média do crânio. Neuralgia. Nervo trigêmeo. Ultraestrutura. Vesalius.

Abstract

The Emissary Sinus of Foramen Ovale (ESFO) is responsible for communicates the cavernous sinus to pterygoid plexus. Although such structure has been described in the

¹ Trabalho submetido para `Annals of Anatomy` em 26 de Junho de 2019

XIX century, divergences still remain regarding its anatomical nomenclature and classification. This review aimed to describe its historical context, taking into account its anatomical features and clinical relevance. Although in the current literature such venous channel is reported as an emissary vein there are those who classified it as a dural sinus due to its structural features. Its clinical relevance is considered during surgical approaches, for instance percutaneous approaches for treatment of Trigeminal Neuralgia, as well as for treatment of spontaneous dural arteriovenous fistula. Furthermore, once this vessel connects the pterygoid plexus to the cavernous sinus and devoid valves it can be considered as a route to disseminate pathogens and infected thrombus from an extracranial source. In summary, the venous channel between the cavernous sinus and the pterygoid should be described as a dural sinus once its walls present mainly collagen fibers composition. Due to its topography this vessel can play an important role during surgical approaches performed in the middle cranial fossa.

Key words: Cranial fossa, middle. Neuralgia. Trigeminal nerve. Ultrastructure. Vesalius.

2.1 INTRODUÇÃO

O fluxo sanguíneo dos tecidos cerebrais e cavidade do crânio é realizado por um intrínseco sistema vascular, o qual é constituído pelos vasos cerebrais superficiais e profundos, assim como os seios da dura-máter (**Figura 1**) (GVOZDANOVIC; RIESSNER, 1953; RHOTON, 2002b; UDDIN; HAQ; RAFIQUE, 2006; PÍŠOVÁ et al., 2017). Em termos gerais, esse sistema vascular pode ser classificado como: 1) vasos cerebrais – entre os tecidos cerebrais; 2) vasos meníngeos – entre a superfície externa do cérebro e a superfície endocraniana; 3) veias diplóicas – as quais, cruzam as paredes dos ossos da calvária e 4) os seios da dura-máter associados com as veias emissárias (KILIÇ; AKAKIN, 2008; RANGEL DE LÁZARO et al., 2016; PÍŠOVÁ et al., 2017; BAYOT; ZABEL, 2018).

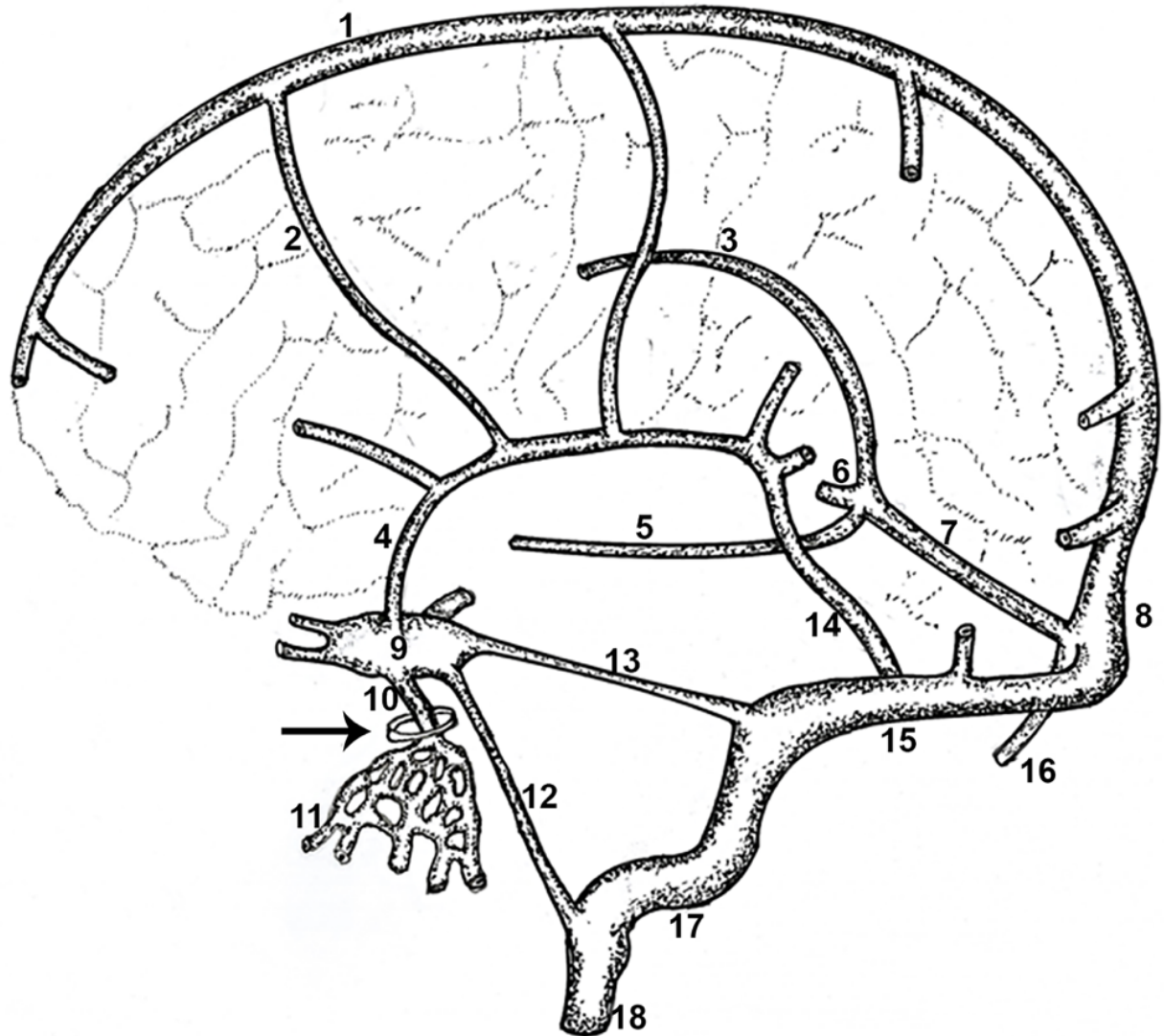
A superfície de ambos hemisférios cerebrais é drenada através das veias cerebrais superficiais para os seios sagitais, mais profundamente para os seios reto, transverso e sigmóideo, os quais drenam principalmente para as veias jugulares internas (UDDIN; HAQ; RAFIQUE, 2006; KILIÇ; AKAKIN, 2008). As veias profundas se

comunicam com as veias anastomóticas superior (de Trolard) e inferior (de Labbé); a drenagem da região superolateral ocorre na direção do seio sagital superior e da região posteroinferior para o seio transverso. Os tecidos cerebrais profundos são drenados pelas veias cerebrais internas, as quais se juntam para formar a veia cerebral magna (de Galeno), posteriormente drenando para o seio reto (RHOTON, 2002b; BAYOT; ZABEL, 2018).

Vale ressaltar que o trajeto das veias que drenam o cérebro não corresponde ao trajeto das artérias que o suprem. Geralmente, elas tendem a seguir a rota do seio da dura-máter mais próximo (CURÉ; VAN TASSEL; SMITH, 1994; UDDIN; HAQ; RAFIQUE, 2006; KILIÇ; AKAKIN, 2008; BAYOT; ZABEL, 2018). Considerando a amplitude de variações anatômicas em relação a rota de drenagem venosa (CURÉ; VAN TASSEL; SMITH, 1994; SHINOHARA et al., 2010), principalmente a que corresponde à cavidade do crânio, alguns de seus aspectos permanecem controversos ou negligenciados.

É o que se observa em relação ao canal venoso entre o seio cavernoso e o plexo petrigóideo, em alguns casos descrito com uma veia emissária, em outros como um seio da dura-máter ou mesmo sendo considerado inexistente (KNOTT, 1881; HENDERSON, 1965; SIMÕES, 1973b; RHOTON, 2002a; HAYASHI et al., 2010; MORTAZAVI et al., 2012). Dessa forma, o objetivo dessa revisão foi abordar brevemente seu contexto histórico de descrição, conceito, topografia, assim como enfatizar sua importância clínica.

Figura 1 – Representação do sistema venoso da cavidade do crânio



Fonte: SCHUENKE et al. (2016), modificado por Leonel (2019).

Legenda: 1 – Seio sagital superior; 2 – Veia anastomótica superior (de Trolard); 3 – Seio sagital inferior; 4 – Veia cerebral superficial média (veia silviana); 5 – Veia basilar; 6 – Veia cerebral magna; 7 – Seio reto; 8 – Confluência dos seios; 9 – Seio cavernoso; 10 – *Plexo venoso do forame oval*; 11 – Plexo pterigóideo; 12 – Seio petroso inferior; 13 – Seio petroso superior; 14 – Veia anastomótica inferior (de Labbé); 15 – Seio transversal; 16 – Seio occipital; 17 – Seio sigmóideo; 18 – Veia jugular; seta preta – forame oval.

2.2 A DRENAGEM VENOSA DO SEIO CAVERNOSO PARA O PLEXO PTERIGÓIDEO: BREVE CONTEXTO HISTÓRICO

A descrição com bastante exatidão dos seios da dura-máter foi feita por Galeno, que os considerou como canais responsáveis em receber o sangue proveniente das veias cerebrais e meníngeas. Vesalius contestava as observações de Galeno, uma vez que acreditava que tais estruturas também recebiam sangue das artérias. Sua teoria recebeu forte apoio de anatomistas como Raymond Vieussens (1635 – 1715) e Johann Jakob Wepfer (1620 – 1695), muito provavelmente, pelo fato das soluções injetadas nas artérias da região da cabeça, por vezes, extravasarem para a parte interna dos seios da dura-máter (KNOTT, 1881).

No entanto, as afirmações de Vesalius foram duramente confrontadas por Gabriele Falloppio (1523 – 1562) e posteriormente corrigidas por Bernhard Siegfried Albinus (1697 – 1770) e Anton van Leeuwenhoek (1632 – 1723). Através de dissecções minuciosas e observações histológicas, esses autores comprovaram o término das artérias nos capilares sanguíneos e o consequente início da comunicação com as veias, semelhante à ligação arteriovenosa observada em outras regiões do corpo (KNOTT, 1881).

Relativamente à comunicação venosa entre o seio cavernoso e o plexo pterigóideo, ainda não existe um consenso quanto a sua nomenclatura, descrição e constituição anatômica. Alguns autores a descrevem como uma veia emissária (INOUE et al., 1990; HAYASHI et al., 2010; MORTAZAVI et al., 2012) ou uma rede/plexo venoso (BERGMANN, 1942) e outros, como um dos seios venosos da dura-máter (HENDERSON, 1966; SIMÕES, 1973b; 1993; LEONEL; DE SOUSA; LIBERTI, 2018). Tais divergências provavelmente estão relacionadas à maneira imprecisa dos autores estabelecerem a sua estrutura, uma vez que até mesmo nos tratados clássicos de anatomia essa comunicação venosa tem sido constantemente negligenciada (SIMÕES, 1973a; 1993; HAYASHI et al., 2010; MORTAZAVI et al., 2012)

De fato, muitos dos tratados clássicos de anatomia publicados ao longo do século XIX não descreveram esse canal venoso, nem tampouco fizeram alusão à sua existência, como pode ser comprovado nas publicações de Bichat (1803), Gray e Carter (1858), Leidy (1861) e Richet (1873).

Embora em sua obra Cruveilhier (1843) tenha feito alusão às comunicações entre o sistema venoso intracraniano e o plexo pterigóideo, o plexo venoso do forame oval só foi descrito mais precisamente no ano de 1868 por Trolard (1842 – 1910), e referendado por Cruveilhier e Sée (1877), que descreveram ‘na base inferior do seio cavernoso, várias veias estabelecendo comunicação extensiva com as veias externas da base do crânio, em especial com o plexo pterigóideo’. Convém ressaltar, que mesmo após a publicação de Trolard, esse canal venoso não foi citado nos tratados de Sappey (1876), Gegenbaur (1888) e Sobotta (1909) (**Figuras 2 e 3**).

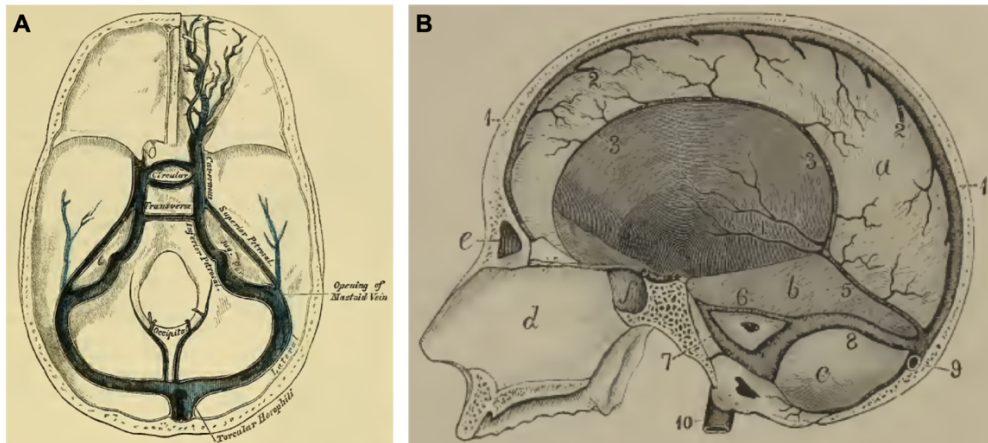
Figura 2 - Anatomistas responsáveis pelas descrições dos seios da dura-máter



Fonte: Karenberg (2004), Karamanou et al. (2010), Loukas et al. (2010), Vergani et al. (2012), Mortazavi et al. (2013), Barbero Briones (2014) e Brinkman (2015).

Legenda: **A** – Cláudio Galeno, **B** – Andreas Vesalius, **C** - Raymond Vieussens, **D** - Johann Jakob Wepfer, **E** – Gabriele Falloppio, **F** - Anton van Leeuwenhoek e **G** – Jean Baptiste Paulin Trolard.

Figura 3 - Representação dos principais seios da dura-máter em tratados de anatomia do século XIX

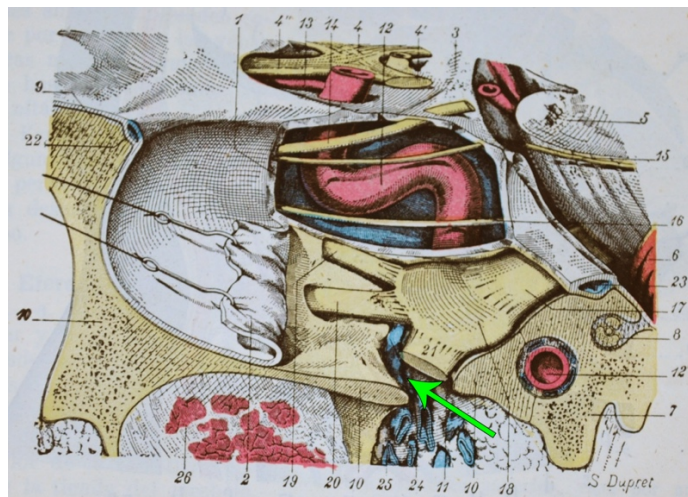


Fonte: Gray e Carter (1858) e Leidy (1861).

Legenda: Em **A** esquema da obra de Gray e Carter 1858, '*Anatomy descriptive and surgical*', representando os seios da dura-máter sem referência ao sistema de drenagem da fossa média do crânio. O mesmo acontece em **B**, no '*Elementary Treatise on Human Anatomy*' publicado no ano de 1861.

Testut (1896), descreveu a 'veia do forame oval', como um grande tronco venoso que se inicia na parte mais inferior da margem do seio cavernoso, e que se direciona para o forame oval juntamente com o nervo mandibular, para alcançar a base do crânio e se abrir no plexo pterigóideo. Na edição atualizada de 1945 (TESTUT; LATARJET, 1945), repetiu a mesma descrição, com citações sobre os achados de Trolard (1868), acrescida de uma ilustração destacando-se o referido canal venoso (**Figura 4**).

Figura 4 - Representação das estruturas anatômicas presentes na fossa média do crânio apresentadas por Jean Léo Testut e André Latarjet



Fonte: Testut e Latarjet (1945)

Legenda: A veia do forame oval (seta verde).

Knott (1881) mostrou em seus estudos grande variedade na rede vascular da região peritrigeminal. Ao descrever o seio cavernoso ele afirmou variações no trajeto e quantidade das 'veias emissárias' que se direcionavam inferiormente para a região da fossa média do crânio, próxima ao nervo trigêmeo e seus ramos. O autor descreveu a 'veia do forame oval', afirmando que passava pelo forame oval entre o plexo pterigóideo e o seio cavernoso. Em dezoito casos ele as encontrou bilateralmente assim como já descrito, em seis casos haviam duas veias emissárias no antímero direito e apenas uma no antímero esquerdo, em quatro casos ele relatou condição contrária a essa citada; em onze indivíduos ela foi encontrada unilateralmente.

Ao estudar o sistema vascular da mesma região Bergmann (1942) descreveu uma rede venosa que estabelecia íntima relação com a parede lateral da impressão trigeminal e o gânglio do nervo trigêmeo, entremeada à parede da fossa média do crânio. Destaque para duas veias emissárias, que drenavam para os forames lacerado ou oval e ocasionalmente para o forame venoso (de Vesalius).

Ao descreverem as várias comunicações do seio cavernoso com as demais veias que drenavam o sangue da cabeça Gvozdanovic e Riessner (1953) relataram que a relação deste seio com o plexo pterigóideo, fora da cavidade do crânio acontecia por meio da '*rete venosum foraminis ovalis*'.

Na dissecação de 100 cadáveres Henderson (1966) também observou um canal venoso com proporções de 8-12mm de comprimento e diâmetro entre 2-5mm sempre presente internamente ao forame oval, medialmente ao nervo mandibular e em contato com os ramos oftálmico e maxilar do nervo trigêmeo. Ao final, o autor afirmou que tal estrutura se tratava de um seio da dura-máter responsável pela comunicação (através dos forames oval ou venoso - de Vesalius) entre o seio cavernoso e o plexo pterigóideo, não sendo uma veia como descrito em grande parte dos tratados anatômicos. Tal afirmação, confirmada por análises histológicas que comprovaram que suas paredes eram formadas por lâminas de dura-máter recobertas por endotélio, nomeando-o como 'seio trigeminal'.

Em um único caso, o autor observou que o seio trigeminal adentrava o forame venoso (de Vesalius) localizado medialmente ao forame oval. O autor descreveu ainda que em geral, a porção lateral deste seio antes de adentrar o forame oval apresentava

uma comunicação com a veia meníngea média logo abaixo do ramo mandibular do nervo trigêmeo, próximo ao forame espinhoso (HENDERSON, 1966).

Simões (1971; 1973b; a; 1993) se dedicou amplamente em descrever e sistematizar a vascularização da região peritrigeminal, principalmente àquela que diz respeito à comunicação entre a margem inferior do seio cavernoso com o plexo pterigóideo.

Inicialmente, ao dissecar 20 cadáveres o autor apresentou duas redes de vascularização presentes no gânglio trigeminal. A primeira delas, uma rede vascular intrínseca localizada entre as fibras e células ganglionares e a segunda, extrínseca e se distinguia da primeira de duas formas: havia aquela localizada no interior do gânglio trigeminal e outra localizada na sua parede próxima à superfície da fossa média do crânio. Segundo o autor, localizado na margem anterior do gânglio próximo à raiz dos ramos oftálmico, maxilar e mandibular se encontrava o ‘seio trigeminal’ – conforme descrito por Henderson (1965) – apresentando relação em sua extremidade superior com o seio cavernoso e inferiormente com o plexo pterigóideo, passando sempre pelo forame oval (SIMÕES, 1968).

No mesmo trabalho, o autor discordava do que foi proposto por Henderson (1965), pois, segundo ele, apesar de atribuir o nome de ‘seio trigeminal’ a esse canal venoso, em alguns casos ele era substituído pela veia do forame oval conforme já descrito na literatura (SIMÕES, 1968).

Foi em 1973, que o autor atribuiu o termo de ‘seio emissário do forame oval (SEFO)’ para o canal venoso em questão, denominando-o de fato, como um seio da dura-máter. Ao dissecar 50 cadáveres ele pôde observar que o canal esteve sempre presente em todos os indivíduos, localizado na fossa média do crânio medialmente ao gânglio trigeminal e nas regiões proximais dos nervos maxilar e mandibular. Com duas aberturas, uma superior na margem inferior do seio cavernoso e uma inferior próxima ao forame oval, apresentando formato tubular ou triangular. Sua anatomia interna apresentava trabéculas fibrosas, em alguns casos presença de um ramo arterial proveniente da artéria carótida interna e granulações aracnóideas na superfície lateral do canal (SIMÕES, 1973a).

Ainda no ano de 1973, Simões descreveu a topografia do SEFO, mostrando sua relação posterosuperior com o gânglio trigeminal e principalmente com o nervo mandibular, em apenas dois casos o autor não observou essa relação entre o seio e o referido ramo do V nervo craniano (**Figura 5**) (SIMÕES, 1973b).

Figura 5 - Descrição do Seio Emissário do Forame Oval (SEFO) proposta por Sylvio Simões

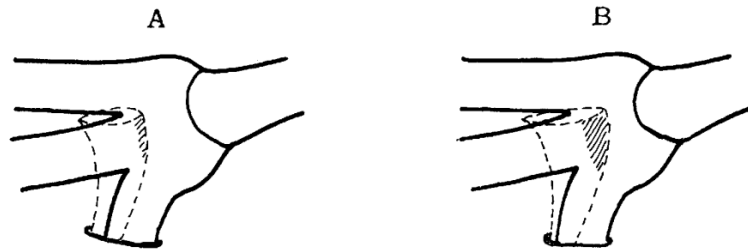


Fig. 2 — Seio emissário do forame oval (linha interrompida), relacionando-se (em hachurado) de modo variável com o gânglio trigeminal: em A, relação com o bordo anterior do gânglio trigeminal; em B, com a face medial do mesmo gânglio.

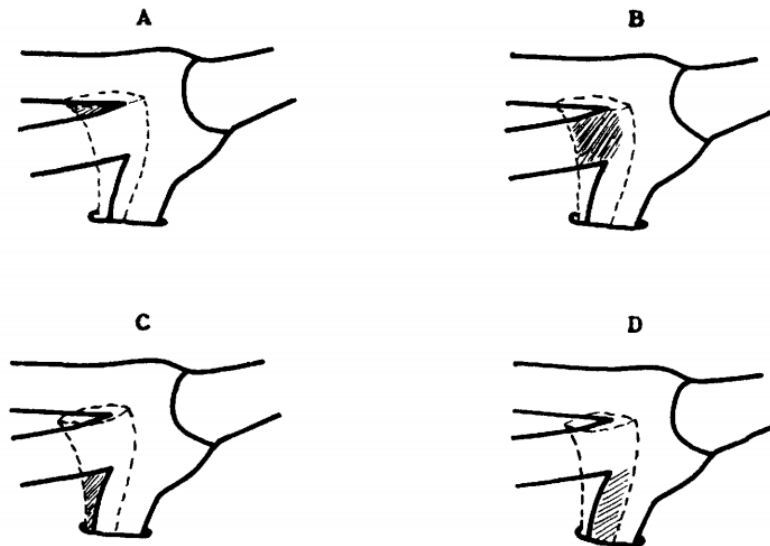


Fig. 3 — Relações (em hachurado) do seio emissário do forame oval (em linha interrompida): em A, com o “ângulo V1-V2”; em B, com o segmento proximal do nervo maxilar; em C, com o “ângulo V2-V3”; em D, com o segmento intracraniano do nervo mandibular.

Fonte: Simões (1973b).

Em outro estudo, o autor continuou as descrições da vascularização da região lateral do nervo trigêmeo mostrando a presença bilateral (em sua grande maioria) de um canal venoso da dura-máter localizado na margem lateral do gânglio trigeminal,

mantendo comunicação com o seio petroso superior e a margem medial do nervo mandibular. Segundo o autor, o sistema venoso látero-trigeminal descrito em seu estudo estabelecia pequenas conexões com outras redes venosas já observadas anteriormente, como por exemplo o plexo pterigóideo e conseqüentemente o SEFO (**Figura 6**) (SIMÕES, 1993).

Figura 6 - Descrição topográfica da vascularização lateral do nervo trigêmeo proposta por Sylvio Simões

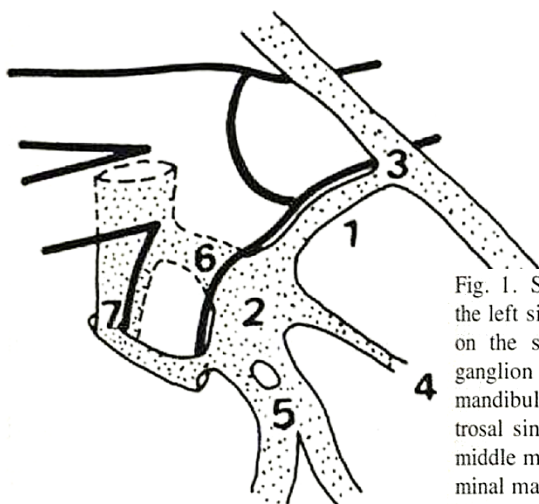


Fig. 1. Schematic view of the laterotrigeminal venous system on the left side of the middle cranial fossa, formed by a venous canal on the sensitive root and the lateral border of the trigeminal ganglion (1) and a venous lacuna on the lateral border of the mandibular nerve (2). The communication with the superior petrosal sinus (3), the satellite veins of the petrosal nerves (4), the middle meningeal veins on the foramen spinosum (5), the subtrigeminal mandibular communicating sinus (6), and the emissary sinus of the foramen ovale on the anterolateral surface of the mandibular nerve (7) are also shown.

Fonte: Simões (1993).

Ainda assim, mesmo depois das descrições feitas por Simões e Henderson, estudos mais atuais ainda apresentam controvérsias sobre a nomenclatura de tal vaso, não fornecendo informações e descrições conclusivas em relação aos seus aspectos estruturais.

Rhoton ao discutir as relações do seio cavernoso com as estruturas venosas adjacentes chamou atenção para veias emissárias que cruzavam os forames da base do crânio e se comunicavam com o plexo pterigóideo (RHOTON, 2002a; b). Williams et al. (2003) enfatizaram a presença bilateral de um plexo vascular ao redor do gânglio trigeminal próximo aos nervos maxilar e mandibular, o qual atravessa os forames oval e redondo. Considerando uma variação anatômica os casos em que esse plexo era encontrado unilateralmente.

Somado a isso, a comunicação entre o seio cavernoso e o plexo pterigóideo observado por Liang et al. (2014) foi previamente descrita como “veia emissária esfenoideal” por Hayashi et al. (2010) e como “veia emissária do forame oval” reportada por Mortazavi et al. (2012). Natsis et al. (2018) confirmam a presença de um plexo venoso (plexo venoso do forame oval) afirmando que, quando a veia emissária esfenoideal (atravessando o forame venoso) está presente, ela serve como uma rota adicional de drenagem do seio cavernoso para o plexo pterigóideo.

Assim, tais trabalhos comprovam a inconsistente descrição e nomenclatura em relação ao plexo venoso do forame oval, considerado como um seio da dura-máter ou uma veia emissária, mesmo que ambas estruturas venosas apresentem padrões estruturais bem distintos entre si.

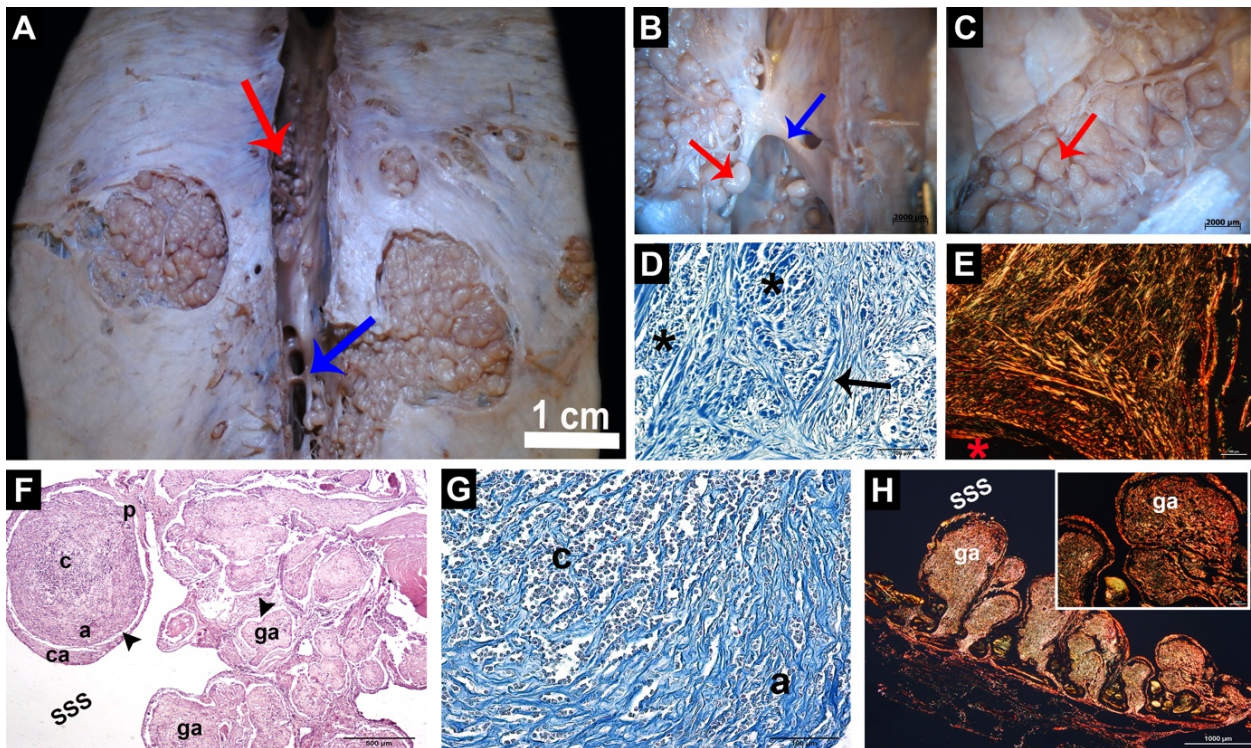
2.3 PADRÕES ESTRUTURAIS DOS SEIOS DA DURA-MÁTER E VEIAS EMISSÁRIAS

Os **seios da dura-máter** drenam o sangue venoso da cavidade do crânio para as veias jugulares (BAYOT; ZABEL, 2018). Eles são formados por duas lâminas de dura-máter – uma aderida à superfície interna dos ossos da cavidade do crânio e a outra em contato com a superfície do cérebro –, as quais são cobertas internamente por uma camada endotelial. Dessa forma, elas delimitam um espaço por onde o sangue flui livremente (BICHAT, 1803; BROWNING, 1884) onde se encontram trábeculas fibrosas (SHARIFI et al., 2004; SHAO et al., 2009), e granulações aracnóideas (BROWDER; BROWDER; KAPLAN, 1972; AYAZ et al., 2017) (**Figuras 7 e 8**).

Considerando a sua localização dentro do crânio, podem ser divididos nos seguintes grupos: grupo posterosuperior, contendo os seios sagital superior e inferior, reto, transverso, petroescamoso, sigmóideo e occipital, os quais drenam a maior parte do encéfalo; e o grupo anteroinferior contendo os seios intercavernosos, petrosos inferior e superior e esfeno-parietais, os quais são responsáveis pela drenagem das veias cerebrais superficiais médias (silvianas), regiões basais e médias do cérebro para as veias jugulares e plexos pterigóideos (CURÉ; VAN TASSEL; SMITH, 1994; MORTAZAVI et al., 2012).

Os seios sigmóideos são as principais comunicações entre os seios da dura-máter com o sistema de vasos extracraniano, uma vez que drenam o sangue para as veias jugulares internas. Por outro lado, os seios cavernosos drenam o sangue das veias oftálmicas para o plexo pterigóideo (BAYOT; ZABEL, 2018) através do canal venoso que atravessa os forames oval e/ou venoso (de Vesalius).

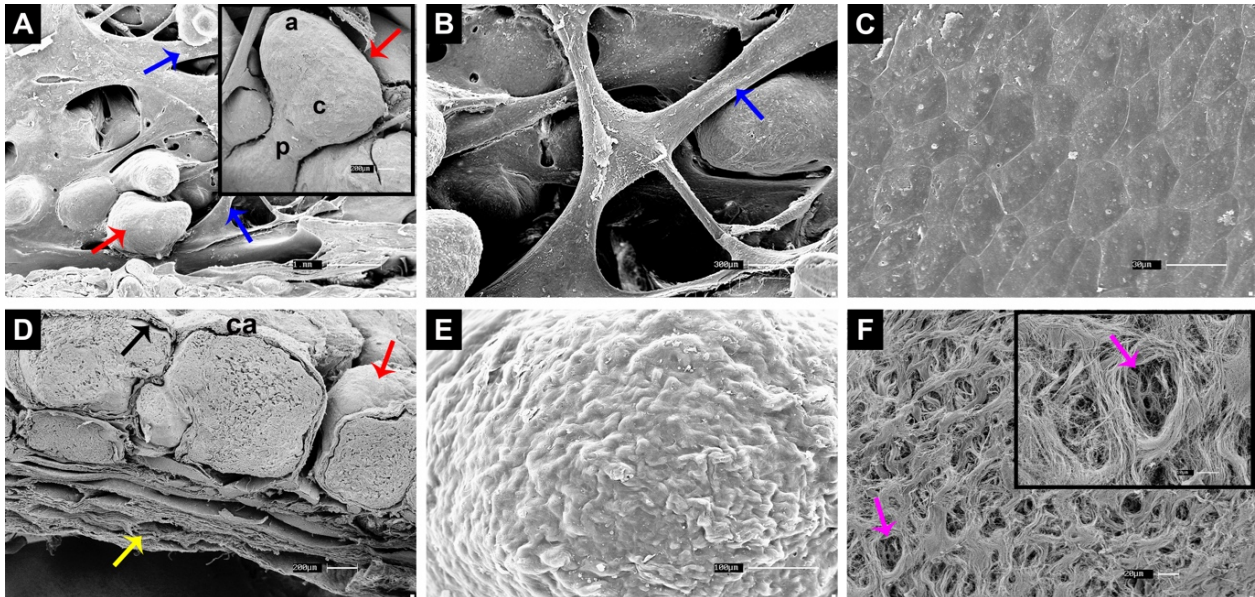
Figura 7 - Padrões estruturais dos seios da dura-máter



Fonte: Leonel (2019).

Legenda: **A – C** aspectos macroscópicos do seio sagital superior, as granulações aracnóideas (seta vermelha) e trabéculas fibrosas (seta azul) são amplamente distribuídas na região interna do seio. Em suas paredes (**D**) é possível observar fibras colágenas dispostas na longitudinal (asterisco preto) e transversal (seta preta), as quais em sua maioria são fibras colágenas do tipo I (vermelhas, laranjas e amarelas) como comprovado em **E**. Em **F** as principais regiões de uma granulação aracnóidea são apresentadas: **p** – pedículo, **c** – corpo, **a** – ápice, **ca** – cápsula e espaço subcapsular (cabeça de seta preta), **SSS** – seio sagital superior. Em **G** o arranjo de fibras colágenas encontrado nas granulações aracnóideas tende a ser mais organizado paralelamente na região do ápice (**a**) do que no corpo (**c**). Há predominância de fibras colágenas do tipo I na composição histológica das granulações, como mostrado em **H**, **ga** – granulação aracnóidea, **SSS** – seio sagital superior. **D e G** – coloração de Tricrômio de Masson; **F** – coloração de Hematoxilina-Eosina; **E e H** – coloração de Picrosirius sob luz polarizada.

Figura 8 - Padrões ultraestruturais dos seios da dura-máter



Fonte: Leonel (2019).

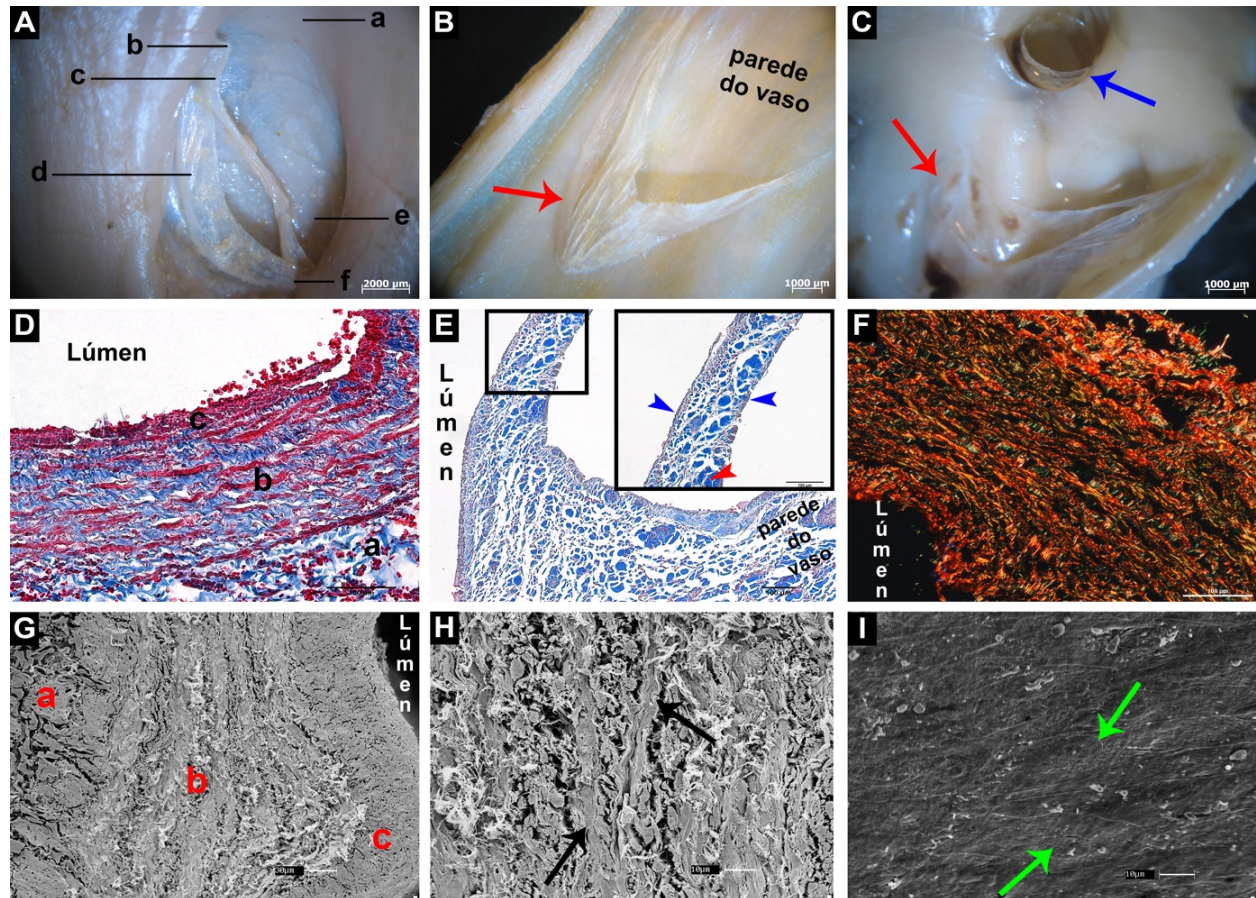
Legenda: **A – C** superfície interna do seio sagital superior. Em **A e B** destaque para as granulações aracnóideas (seta vermelha) e as trabéculas fibrosas (seta azul), **a** – ápice, **c** – corpo e **p** – pedículo da granulação aracnóidea. **C** – endotélio do seio sagital superior. **D – F** granulações aracnóideas. **D** – corte sagital das granulações (seta vermelha), parede do seio (seta amarela), cápsula (**ca**) e espaço subcapsular (seta preta). **E** destaque para o aspecto rugoso da superfície externa das granulações em maior aumento. Em **F** é possível observar os seus poros (seta rosa) após corrosão com NaOH por três dias e o aspecto circular de arranjo das fibras colágenas.

As **veias** apresentam paredes relativamente mais finas e maior diâmetro do que as artérias (TRETBAR, 1995; NIKLASON; DAI, 2018), com valvas compostas por duas ou três cúspides impedindo o fluxo retrógrado de sangue (LEPAGE et al., 1991; TRETBAR, 1995) e paredes compostas por três túnica (intíma, média e externa) (HERNÁNDEZ-MORERA et al., 2017; NABZDYK; PRADHAN-NABZDYK; LOGERFO, 2017) (**Figura 9**).

Histologicamente, sua camada mais interna, a túnica intíma, é constituída basicamente por endotélio, lâmina basal e menor quantidade de tecido colágeno (TILKI et al., 2007; HERNÁNDEZ-MORERA et al., 2017; NABZDYK; PRADHAN-NABZDYK; LOGERFO, 2017). Na túnica média há presença de fibras musculares lisas e a túnica externa é caracterizada por grande quantidade de tecido colágeno, fibras elásticas

dispersas e a *vasa vasorum* e *nervi vasorum* (RITMAN; LERMAN, 2007; ARAGÃO et al., 2011; HERNÁNDEZ-MORERA et al., 2017) (**Figura 9**).

Figura 9 - Padrões estruturais e ultraestruturais das veias



Fonte: Leonel (2019).

Legenda: A – C aspectos macroscópicos das valvas venosas e seus componentes, a – parede venosa, b – cornos da valva, c – comissura, d – cúspide, e – seio e f – ângulo. De acordo com sua localização as valvas podem ser classificadas como parietais (B e C – seta vermelha) ou ostiais (C – seta azul). D e G camadas histológicas das veias, a – túnica externa, b – túnica média, c – túnica interna. Em E, aspectos histológicos das valvas venosas mostrando sua composição interna de fibras colágenas (cabeça de seta vermelha) coberta por uma camada endotelial (cabeça de seta azul). F – as fibras colágenas do tipo I (vermelho, laranja e amarelo) são os principais componentes da parede venosa. Em H – maior aumento do arranjo das fibras musculares (seta preta) da túnica média. I – endotélio venoso com células fusiformes e núcleo arredondado (seta verde). D, E – Coloração de Tricrômio de Masson; F – Coloração de Picosirius sob luz polarizada.

As veias emissárias conectam o sistema venoso extracraniano com os seios da dura-máter, deixam o crânio através dos forames emissários e podem ser encontradas como um único vaso ou formando plexos venosos na base do crânio (AHMAD et al., 2011; HAMPL et al., 2018). Nestes vasos o fluxo de sangue ocorre do meio externo para

dentro da cavidade do crânio, no entanto, como tais vasos são desprovidos de válvulas, esse fluxo unidirecional pode ser alterado, por exemplo, com o aumento da pressão intracraniana (MORTAZAVI et al., 2012).

Somado a isso, elas podem desempenhar um importante papel no processo chamado de resfriamento cerebral seletivo, condição na qual o organismo tenta manter a temperatura cerebral durante episódios de hipotermia (CABANAC; BRINNEL, 1985; IRMAK; KORKMAZ; EROGUL, 2004).

As principais veias emissárias do crânio e conseqüentemente as mais estudadas no que diz respeito ao seu trajeto, topografia e importância clínica são as veias emissárias condilar posterior, mastóidea, occipital e parietal (PEKCEVIK; SAHIN; PEKCEVIK, 2014; BULBUL et al., 2015; SALEM et al., 2016; OTA et al., 2017; TSUTSUMI; ONO; YASUMOTO, 2017). Em contraste à elas, estudos objetivando elucidar tais aspectos da veia emissária que cruza o forame oval (veia emissária do forame oval) são escassos (MORTAZAVI et al., 2012; LIBERMAN et al., 2017).

Dando continuidade às pesquisas de Simões (1973b; a) Leonel et al. (2018), comprovaram que o canal venoso entre o seio cavernoso e o plexo pterigóideo apresenta características de um seio da dura-máter com trabéculas fibrosas e granulações aracnóideas em seu interior. Somado a isso, durante as análises suas paredes apresentaram composição colágena distribuídas nas direções longitudinal e transversal e células endoteliais com formato losangular e núcleos arredondados. Tais descrições serão apresentadas e discutidas com maiores detalhes no próximo capítulo desta tese (**II Artigo**).

2.4 O CANAL VENOSO ENTRE O SEIO CAVERNOSO E O PLEXO PTERIGÓIDEO: RELEVÂNCIA CLÍNICA

Procedimentos cirúrgicos invasivos realizados nas regiões trigeminal e do cavo de Meckel, exigem o conhecimento preciso e detalhado da sua anatomia neurovascular, apresentando em muitos casos acesso cirúrgico complexo e desafiador (SABANCI et al., 2011; LIANG et al., 2014). Dentre os procedimentos comumente realizados na base do crânio estão os tratamentos percutâneos da Neuralgia Trigeminal (NT), os quais inclui a

rizólise com glicerol (ARISHIMA et al., 2016; CHAMPEAUX; SHIEFF, 2016; NORTHCUTT et al., 2016), termocoagulação por radiofrequência (GUO et al., 2016; TANG et al., 2016), compressão por balão (ZHU et al., 2015; GREWAL et al., 2018) e alcoolização do nervo trigêmeo (SHAH et al., 2011; HAN et al., 2017).

No entanto, para sua realização o neurocirurgião pode enfrentar algumas dificuldades no acesso ao cavo de Meckel quando a rota de acesso escolhida for o forame oval, como por exemplo inserir acidentalmente a agulha próximo à lâmina lateral do processo pterigóide na tentativa de alcançar o gânglio trigeminal e seus ramos (YANG et al., 2010; NADER et al., 2013; ARISHIMA et al., 2016).

Além disso, o canal venoso referenciado nesta revisão pode limitar o espaço do nervo mandibular dentro do forame oval (LIANG et al., 2014), causando o seu aprisionamento principalmente nos casos em que o forame oval se apresenta mais estreito, resultando assim em limitado espaço para o fluxo sanguíneo ou mesmo isquemia do nervo trigêmeo. Somado a isso, as mudanças na dinâmica do fluxo sanguíneo e das características estruturais de tal canal venoso podem influenciar o tamanho do forame afetando direta ou indiretamente o nervo trigêmeo e seus ramos (LIANG et al., 2014; LIU et al., 2016).

Embora a maioria dos procedimentos percutâneos da NT sejam considerados efetivos e não apresentem nenhuma intercorrência, graves efeitos adversos e erros de interpretação cirúrgica que resultam em falha no acesso ao forame oval, têm sido reportados (ARRESE et al., 2005; PARASKEVAS; NITSA; KOUTSOUFLIANIOTIS, 2015; ZDILLA; HATFIELD; MANGUS, 2016). Henderson (1965), afirma que em muitos pacientes a perda da sensibilidade durante tais procedimentos é resultado da punção equivocada e injeção de soluções no chamado `seio emissário venoso` que se comunica com o seio cavernoso.

O forame oval, assim como o gânglio trigeminal é amplamente circundado por estruturas neurovasculares e Kaplan et al. (2007) afirmam que a agulha usada em tais procedimentos pode causar danos diretos na anastomose venosa entre o seio cavernoso e o plexo pterigóideo, que atravessa os forames oval e venoso (de Vesalius).

Além disso, a artéria carótida interna pode ser puncionada equivocadamente em seus segmentos C2 (petroso), C3 (cavernoso) e C4 (supraclinóide), assim como, a fissura

orbital superior, canal carótico, forame jugular e forame venoso (de Vesalius) (SINDOU et al., 1987; WANG; BENDER; BETTEGOWDA, 2016). Dessa forma, quando a rota de acesso escolhida para tais procedimentos percutâneos é o forame oval a topografia da denominada `veia do forame oval` deve ser amplamente levada em consideração, de modo a evitar interpretações equivocadas que possam predispor hemorragias intracranianas (SHINOHARA et al., 2010).

Outro fator a ser considerado é que soluções injetadas acidentalmente dentro desse canal venoso podem facilmente se disseminar para dentro do seio cavernoso (HENDERSON, 1965). O mesmo pode acontecer com patógenos e trombos infecciosos oriundos de regiões extracranianas (GUPTA et al., 2014; PARASKEVAS; NITSA; KOUTSOUFLIANIOTIS, 2015; ALVES; DEANA, 2016), como por exemplo do seio maxilar, células etmoidais, nasofaringe, palato e face (CALCATERRA; CHERNEY; HANAFEE, 1973) devido o fluxo retrógrado de sangue pelo vaso aqui em estudo (CHAIKUSUNT et al., 2012).

A veia emissária esfenoide (localizada dentro do forame venoso) e outras veias emissárias do crânio são relacionadas com o tratamento de fístulas arteriovenosas durais (FAVD) do seio cavernoso por meio de cateterização (URDANETA-MONCADA; FENG; CHEN, 2013). De Andrade et al. (2012) descreveram recentemente uma rota alternativa para o tratamento da FAVD do seio cavernoso quando o mesmo não pôde ser alcançado através do seio petroso superior, seios intercavernosos anterior e posterior, veia facial e plexo pterigóideo. Os autores usaram a veia emissária que atravessa o forame oval para realizar a cateterização seguida de embolização e oclusão da FAVD. Os autores afirmaram ainda que o forame venoso e sua veia emissária podem ser considerados como possíveis causas de complicações durante o procedimento.

2.5 CONCLUSÃO

Devido à importância clínica atribuída nesta revisão à comunicação venosa do seio cavernoso com o plexo pterigóideo, é intrigante verificar que mesmo depois de quase 150 anos de sua primeira descrição, ainda não haja um consenso em relação a sua nomenclatura e classificação anatômica na atual literatura médica. Baseado em estudos

iniciados por Simões (1973a; b) e continuados por nosso grupo (LEONEL; DE SOUSA; LIBERTI, 2018), não há dúvidas de que tal canal venoso é efetivamente um seio da dura-máter e não uma veia emissária ou plexo venoso.

REFERÊNCIAS

AHMAD, R.; ALI, I.; NAIKOO, G. M.; CHOO, N. A.; JAN, F. Giant Mastoid Emissary Vein: Source of Profuse Bleeding During Mastoid Surgery. **Indian Journal of Otolaryngology and Head & Neck Surgery**, v. 63, n. 1, p. 102-103, 2011.

ALVES, N.; DEANA, N. F. Cavernous sinus thrombosis of odontogenic origin. **International Journal of Clinical and Experimental Medicine**, v. 9, n. 3, p. 5301-5307, 2016.

ARAGÃO, J. A.; REIS, F. P.; SILVA, J. C. C. B.; MIRANDA, F. Arrangement of collagen fibers in the wall of the main gastrocnemius venous trunk in humans. **Annals of Anatomy**, v. 193, n. 1, p. 33-36, 2011.

ARISHIMA, H.; KAWAJIRI, S.; ARAI, H.; HIGASHINO, Y.; KODERA, T.; KIKUTA, K.-I. Percutaneous Glycerol Rhizotomy for Trigeminal Neuralgia Using a Single-Plane, Flat Panel Detector Angiography System: Technical Note. **Neurologia Medico-chirurgica**, v. 56, n. 5, p. 257-263, 2016.

ARRESE, I.; LOBATO, R. D.; ALÉN, J. F.; LAGARES, A.; MIRANDA, P. Acute subdural and intratemporal hematoma as a complication of percutaneous compression of the gasserian ganglion for trigeminal neuralgia. **Neurocirugia**, v. 16, n. 2, p. 177-182, 2005.

AYAZ, E.; ATALAY, B.; BAYSAL, B.; SENTURK, S.; ASLAN, A. Giant Arachnoid Granulation Mimicking Dural Sinus Thrombosis. **Northern Clinics of Istanbul**, v. 4, n. 2, p. 185-187, 2017.

BARBERO BRIONES, S. La ceguera de las nieves en el resplandor de la Antigüedad. **Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología**, v. 89, n. 8, p. 1058-1060, 2014.

BAYOT, M. L.; ZABEL, M. K. Neuroanatomy, Brain, Sinuses, Dural Venous Sinuses. **StatPearls**, 2018. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482257/>. Acesso em: 20 mar 2018.

BAYRAK, S.; KURŞUN-ÇAKMAK, E. Ş.; ATAKAN, C.; ORHAN, K. Anatomic Study on Sphenoidal Emissary Foramen by Using Cone-Beam Computed Tomography. **Journal of Craniofacial Surgery**, v. 29, n. 5, p. 1-3, 2018.

BERGMANN, L. Studies on the blood vessels of the human Gasserian ganglion. **The Anatomical Record**, v. 82, n. 4, p. 609-631, 1942.

BICHAT, X. **Traité d'anatomie descriptive**, Paris: Chez, vol. 4. 1803. 496 p.

BRINKMAN, R. J.; HAGE, J. J. Andreas Vesalius' 500th anniversary: the initiation of hand and forearm myology. **Journal of Hand Surgery**, v. 40, n. 9, p. 987-994, 2015.

BROWDER, J.; BROWDER, A.; KAPLAN, H. A. The venous sinuses of the cerebral dura mater. I. Anatomical structures within the superior sagittal sinus. **Archives of Neurology**, v. 26, n. 2, p. 175-180, 1972.

BROWNING, W. **The veins of the brain and its envelopes: Their anatomy and bearing on the intracranial circulation**. Brooklyn, NY: F. B. O'Connor, 1884. 79 p.

BULBUL, E.; YANIK, B.; DEMIRPOLAT, G.; KOKSAL, V. Extraordinary cerebral venous drainage pathway with mastoid emissary and posterior external jugular veins detected by contrast-enhanced neck computed tomography. **Surgical and Radiologic Anatomy**, v. 37, n. 10, p. 1191-1194, 2015.

CABANAC, M.; BRINNEL, H. Blood flow in the emissary veins of the human head during hyperthermia. **European Journal of Applied Physiology and Occupational physiology**, v. 54, n. 2, p. 172-176, 1985.

CALCATERRA, T. C.; CHERNEY, E. F.; HANAFEE, W. F. Normal variations in size and neoplastic changes of skull foramina. **The Laryngoscope**, v. 83, n. 9, p. 1385-1397, 1973.

CHAIKUSUNT, V.; KWATHAI, L.; NAMONTA, K.; RUNGRUANG, T.; APINHASMIT, W.; CHOMPOOPONG, S. Occurrence of the Foramen of Vesalius and Its Morphometry Relevant to Clinical Consideration. **The Scientific World Journal**, v. 2012, p. 1-5, 2012.

CHAMPEAUX, C.; SHIEFF, C. Middle Meningeal Arteriovenous Fistula Following Percutaneous Retrogasserian Glycerol Rhizotomy. **Clinical Neuroradiology**, v. 26, n. 1, p. 103-107, 2016.

CRUVEILHIER, J. **Traité d'anatomie descriptive**. Paris: LABÉ, success, Libraire de la Faculté de Médecine: Paris, 1843. 730 p.

CRUVEILHIER, J.; SÉE, M. **Traité d'anatomie descriptive**. Paris: P. Asselin, Libraire de la Faculté de Médecine, 1877. 736 p.

CURÉ, J. K.; VAN TASSEL, P.; SMITH, M. T. Normal and variant anatomy of the dural venous sinuses. **Seminars in ultrasound, CT, and MR**, v. 15, n. 6, p. 499-519, 1994.

DE ANDRADE, G. C.; ALVES, H. P.; PARENTE, R.; SALVARANI, C. P.; CLÍMACO, V. M.; PEREIRA, E. R. Spontaneous Isolated Dural Arteriovenous Fistula of the Cavernous Sinus: Endovascular Approach via the Foramen Ovale. **Interventional Neuroradiology**, v. 18, n. 4, p. 458-462, 2012.

GEGENBAUR, C. **Lehrbuch der anatomie des menschen**. Leipzig: Verlag von wilhelm engelmann, 1888. 1057 p.

GRAY, H.; CARTER, H. V. **Anatomy: descriptive and surgical**. London: John W. Parker and Son, 1858. 750 p.

GREWAL, S. S.; KEREZOUZDIS, P.; GARCIA, O.; QUINONES-HINOJOSA, A.; REIMER, R.; WHAREN, R. E. Results of Percutaneous Balloon Compression in Trigeminal Pain Syndromes. **World Neurosurgery**, v. 114, p. e892-e899, 2018.

GUO, Z.; WU, B.; DU, C.; CHENG, M.; TIAN, Y. Stereotactic Approach Combined with 3D CT Reconstruction for Difficult-to-Access Foramen Ovale on Radiofrequency Thermocoagulation of the Gasserian Ganglion for Trigeminal Neuralgia. **Pain Medicine**, v. 17, n. 9, p. 1704-1716, 2016.

GUPTA, N.; YADAV, D. A.; THOMAS, P. R. J.; SHRIVASTAVA, A. Incidence of Foramen Vesalius in Adult Human North Indian Crania. **IOSR Journal of Dental and Medical Sciences**, v. 13, n. 5, p. 34-38, 2014.

GVOZDANOVIC, I. M.; RIESSNER, D. Angiographic studies in the problem of brain revascularization. **Acta Radiologica**, v. 40, n. 2-3, p. 139-154, 1953.

HAMPL, M.; KACHLIK, D.; KIKALOVA, K.; RIEMER, R.; HALAJ, M.; NOVAK, V.; STEJSKAL, P.; VAVERKA, M.; HRABALEK, L.; KRAHULIK, D.; NANKA, O. Mastoid foramen, mastoid emissary vein and clinical implications in neurosurgery. **Acta Neurochirurgica**, n. 7, p., 2018.

HAN, K. R.; CHAE, Y. J.; LEE, J. D.; KIM, C. Trigeminal nerve block with alcohol for medically intractable classic trigeminal neuralgia: long-term clinical effectiveness on pain. **International Journal of Medical Sciences**, v. 14, n. 1, p. 29-36, 2017.

HAYASHI, N.; SATO, H.; TSUBOI, Y.; NAGAI, S.; KUWAYAMA, N.; ENDO, S. Consequences of preoperative evaluation of patterns of drainage of the cavernous sinus in patients treated using the anterior transpetrosal approach. **Neurologia Medico-chirurgica**, v. 50, n. 5, p. 373-377, 2010.

HENDERSON, W. R. The anatomy of the gasserian ganglion and the distribution of pain in relation to injections and operations for trigeminal neuralgia. **Annals of the Royal College of Surgeons of England**, v. 37, n. 6, p. 346-373, 1965.

HENDERSON, W. R. A note on the relationship of the human maxillary nerve to the cavernous sinus and to an emissary sinus passing through the foramen ovale. **Journal of Anatomy**, v. 100, n. 4, p. 905-908, 1966.

HERNÁNDEZ-MORERA, P.; TRAVIESO-GONZÁLEZ, C. M.; CASTAÑO-GONZÁLEZ, I.; MOMPEÓ-CORREDERA, B.; ORTEGA-SANTANA, F. Segmentation of elastic fibres in images of vessel wall sections stained with Weigert's resorcin-fuchsin. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, v. 142, p. 43-54, 2017.

INOUE, T.; RHOTON, A. L.; THEELE, D.; BARRY, M. E. Surgical approaches to the cavernous sinus: a microsurgical study. **Neurosurgery**, v. 26, n. 6, p. 903-932, 1990.

IRMAK, M. K.; KORKMAZ, A.; EROGUL, O. Selective brain cooling seems to be a mechanism leading to human craniofacial diversity observed in different geographical regions. **Medical Hypotheses**, v. 63, n. 6, p. 974-979, 2004.

KAPLAN, M.; EROL, F. S.; OZVEREN, M. F.; TOPSAKAL, C.; SAM, B.; TEKDEMIR, I. Review of complications due to foramen ovale puncture. **Journal of Clinical Neuroscience**, v. 14, n. 6, p. 563-568, 2007.

KARAMANOU, M.; POULAKOU-REBELAKOU, E.; TZETIS, M.; ANDROUTSOS, G. Anton van Leeuwenhoek (1632-1723): father of micromorphology and discoverer of spermatozoa. **Revista Argentina de Microbiologia**, v. 42, n. 4, p. 311-314, 2010.

KARENBERG, A. Johann Jakob Wepfer (1620-1695). **Journal of Neurology**, v. 251, n. 4, p. 501-502, 2004.

KILIÇ, T.; AKAKIN, A. Anatomy of cerebral veins and sinuses. **Frontiers of Neurology and Neuroscience**, v. 23, p. 4-15, 2008.

KNOTT, J. F. On the Cerebral Sinuses and their Variations. **Journal of Anatomy and Physiology**, v. 16, n. 1, p. 27-42, 1881.

LEIDY, J. **Elementary treatise on human anatomy**. Philadelphia: J. B. Lippincott & CO., 1861. 663 p.

LEONEL, L. C. P. C.; DE SOUSA, S. D. G.; LIBERTI, E. A. Topographic and microscopic anatomical description of the emissary sinus of foramen ovale in adult humans. **Clinical Neurology and Neurosurgery**, v. 169, p. 77-85, 2018.

LEPAGE, P. A.; VILLAVICENCIO, J. L.; GOMEZ, E. R.; SHERIDAN, M. N.; RICH, N. M. The valvular anatomy of the iliac venous system and its clinical implications. **Journal of Vascular Surgery**, v. 14, n. 5, p. 678-683, 1991.

LIANG, L.; DIAO, Y.; XU, Q.; ZHANG, M. Transcranial segment of the trigeminal nerve: macro-/microscopic anatomical study using sheet plastination. **Acta Neurochirurgica**, v. 156, n. 3, p. 605-612, 2014.

LIBERMAN, A. L.; RAMCHAND, P.; GANNON, K.; ZAGER, E. L.; PUKENAS, B.; BRESS, A. L.; EZEKOWITZ, M. D.; HURST, R.; MESSÉ, S. R. Internal Carotid Artery and Sphenoidal Emissary (Vesalian) Vein Fistula Mimicking a Carotid-Cavernous Sinus Fistula. **The Neurohospitalist**, v. 7, n. 3, p. NP1-NP2, 2017.

LIU, P.; ZHONG, W.; LIAO, C.; LIU, M.; ZHANG, W. Narrow foramen ovale and rotundum: a role in the etiology of trigeminal neuralgia. **The Journal of Craniofacial Surgery**, v. 27, n. 8, p. 2168-2170, 2016.

LOUKAS, M.; SHEA, M.; SHEA, C.; LUTTER-HOPPENHEIM, M.; ZAND, P.; TUBBS, R. S.; COHEN-GADOL, A. A. Jean Baptiste Paulin Trolard (1842–1910): his life and

contributions to neuroanatomy. **Journal of Neurosurgery**, v. 112, n. 6, p. 1192-1196, 2010.

MORTAZAVI, M. M.; TUBBS, R. S.; RIECH, S.; VERMA, K.; SHOJA, M. M.; ZURADA, A.; BENNINGER, B.; LOUKAS, M.; COHEN GADOL, A. A. Anatomy and pathology of the cranial emissary veins: a review with surgical implications. **Neurosurgery**, v. 70, n. 5, p. 1312-1319, 2012.

MORTAZAVI, M. M.; ADEEB, N.; LATIF, B.; WATANABE, K.; DEEP, A.; GRIESSENAUER, C. J.; TUBBS, R. S.; FUKUSHIMA, T. Gabriele Fallopio (1523–1562) and his contributions to the development of medicine and anatomy. **Child's Nervous System**, v. 29, n. 6, p. 877-880, 2013.

NABZDYK, C. S.; PRADHAN-NABZDYK, L.; LOGERFO, F. W. RNAi therapy to the wall of arteries and veins: anatomical, physiologic, and pharmacological considerations. **Journal of Translational Medicine**, v. 15, n. 1, p. 164, 2017.

NADER, A.; KENDALL, M. C.; DE OLIVERIA, G. S.; CHEN, J. Q.; VANDERBY, B.; ROSENOW, J. M.; BENDOK, B. R. Ultrasound-guided trigeminal nerve block via the pterygopalatine fossa: an effective treatment for trigeminal neuralgia and atypical facial pain. **Pain Physician**, v. 16, n. 5, p. E537-545, 2013.

NATSIKIS, K.; PIAGKOU, M.; REPOUSI, E.; TEGOS, T.; GKIOKA, A.; LOUKAS, M. The size of the foramen ovale regarding to the presence and absence of the emissary sphenoidal foramen: is there any relationship between them? **Folia Morphologica**, v. 77, n. 1, p., 2018.

NIKLASON, L.; DAI, G. Arterial Venous Differentiation for Vascular Bioengineering. **Annual Review of Biomedical Engineering**, v. 20, p. 431-447, 2018.

NORTHCUTT, B. G.; SEEBURG, D. P.; SHIN, J.; AYGUN, N.; HERZKA, D. A.; THEODROS, D.; GOODWIN, C. R.; BETTEGOWDA, C.; LIM, M.; BLITZ, A. M. High-Resolution MRI Findings following Trigeminal Rhizotomy. **American Journal of Neuroradiology**, v. 37, n. 10, p. 1920-1924, 2016.

OTA, N.; TANIKAWA, R.; YOSHIKANE, T.; MIYAMA, M.; MIYAZAKI, T.; KINOSHITA, Y.; MATSUKAWA, H.; YANAGISAWA, T.; SAKAKIBARA, F.; SUZUKI, G.; SAITO, N.; MIYATA, S.; NODA, K.; TSUBOI, T.; TAKEDA, R.; KAMIYAMA, H.; TOKUDA, S.; KAMADA, K. Surgical Microanatomy of the Posterior Condylar Emissary Vein and its Anatomical Variations for the Transcondylar Fossa Approach. **Operative Neurosurgery**, v. 13, n. 3, p. 382-391, 2017.

PARASKEVAS, G.; NITSA, Z.; KOUTSOUFLIANIOTIS, K. Bilateral Osseous Interclinoid Bridges Associated with Foramina of Vesalius: A Case Report. **Journal of Clinical and Diagnostic Research**, v. 9, n. 7, p. AD03-AD04, 2015.

PEKCEVIK, Y.; SAHIN, H.; PEKCEVIK, R. Prevalence of clinically important posterior fossa emissary veins on CT angiography. **Journal of Neurosciences in Rural Practice**, v. 5, n. 2, p. 135, 2014.

PÍŠOVÁ, H.; RANGEL DE LÁZARO, G.; VELEMÍNSKÝ, P.; BRUNER, E. Craniovascular traits in anthropology and evolution: from bones to vessels. **Journal of Anthropological Sciences**, v. 95, p. 35-65, 2017.

RANGEL DE LÁZARO, G.; DE LA CUÉTARA, J. M.; PÍŠOVÁ, H.; LORENZO, C.; BRUNER, E. Diploic vessels and computed tomography: Segmentation and comparison in modern humans and fossil hominids. **American Journal of Physical Anthropology**, v. 159, p. 313-324, 2016.

RHOTON, A. L. The cavernous sinus, the cavernous venous plexus, and the carotid collar. **Neurosurgery**, v. 51, n. 4, p. S375-410, 2002a.

RHOTON, A. L. The cerebral veins. **Neurosurgery**, v. 51, n. 4, p. S159-205, 2002b.

RICHET, A. **Traité pratique d'anatomie médico-chirurgicale**. Paris: Lauwereyns, libraire - éditeur, 1873. 899 p.

RITMAN, E. L.; LERMAN, A. The dynamic vasa vasorum. **Cardiovascular Research**, v. 75, n. 4, p. 649-658, 2007.

SABANCI, P. A.; BATAY, F.; CIVELEK, E.; AL MEFTY, O.; HUSAIN, M.; ABDULRAUF, S. I.; KARASU, A. Meckel's Cave. **World Neurosurgery**, v. 76, n. 3-4, p. 335-341, 2011.

SALEM, M.; DOLATI, P.; FUSCO, M. R.; OGILVY, C. S.; THOMAS, A. J. Abnormal Large Central Occipital Emissary Vein: A Case Report and Review of Literature. **Cureus**, v. 8, n. 5, p. e603, 2016.

SAPPEY, C. **Traité d'anatomie descriptive**. Paris: Adrien Delahaye, 1876.

SCHUENKE, M.; SCHULTE, E.; SCHUMACHER, U.; LAMPERTI, E. D.; VOLL, M. **Head, Neck, and Neuroanatomy (Thieme Atlas of Anatomy)**. New York: Thieme Medical Pub, 2016. 600 p.

SHAH, S. A.; KHAN, M. N.; SHAH, S. F.; GHAFOR, A.; KHATTAK, A. Is peripheral alcohol injection of value in the treatment of trigeminal neuralgia? An analysis of 100 cases. **International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery**, v. 40, n. 4, p. 388-392, 2011.

SHAO, Y.; SUN, J.-L.; YANG, Y.; CUI, Q.-K.; ZHANG, Q.-L. Endoscopic and microscopic anatomy of the superior sagittal sinus and torcular herophili. **Journal of Clinical Neuroscience**, v. 16, p. 421-424, 2009.

SHARIFI, M.; KUNICKI, J.; KRAJEWSKI, P.; CISZEK, B. Endoscopic anatomy of the chordae willisii in the superior sagittal sinus. **Journal of Neurosurgery**, v. 101, n. 5, p. 832-835, 2004.

SHARMA, N. A.; GARUD, R. S. Morphometric evaluation and a report on the aberrations of the foramina in the intermediate region of the human cranial base: A study of an Indian population. **European Journal of Anatomy**, v. 15, n. 3, p. 140-149, 2011.

SHINOHARA, A. L.; DE SOUZA MELO, C. G.; SILVEIRA, E. M. V.; LAURIS, J. R. P.; ANDREO, J. C.; DE CASTRO RODRIGUES, A. Incidence, morphology and morphometry of the foramen of Vesalius: complementary study for a safer planning and execution of the trigeminal rhizotomy technique. **Surgical and Radiologic Anatomy**, v. 32, n. 2, p. 159-164, 2010.

SIMÕES, S. Estudo da vascularização venosa do 'ganglion semilunare' e da origem de seus ramos - Relações com os sistemas venosos da dura-máter dessa região. **Revista da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo**, v. 6, n. 1, p. 51-53, 1968.

SIMÕES, S. **Contribuição ao estudo do sistema venoso da área peritrigeminal: seio emissário do forame oval**. Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1971. 91 p.

SIMÕES, S. Relações anatômicas do seio emissário do forame oval e suas implicações clínico-cirúrgicas. **Arquivos de Neuro-psiquiatria**, v. 31, n. 1, p., 1973a.

SIMÕES, S. Estudo anatômico do seio emissário do forame oval. **Revista da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo**, v. 11, n. 1, p. 115 - 128, 1973b.

SIMÕES, S. An anatomical study of the laterotrigeminal venous system. **Annals of Anatomy**, v. 175, n. 2, p. 115-118, 1993.

SINDOU, M.; KERAVEL, Y.; ABDENNEBI, B.; SZAPIRO, J. Neurosurgical treatment of trigeminal neuralgia. Direct approach of percutaneous method? **Neuro-Chirurgie**, v. 33, n. 2, p. 89-111, 1987.

SOBOTTA, J. **Atlas and text-book of human anatomy**. Philadelphia: W. B. Saunders company, 1909. 342 p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ANATOMIA. **Terminologia Anatômica: terminologia anatômica internacional**. Editora Manole Ltda.: São Paulo, 2001. 248 p.

TANG, Y.; MA, L.; LI, N.; GUO, Y.; YANG, L.; WU, B.; YUE, J.; WANG, Q.; LIU, J.; NI, J.-X. Percutaneous trigeminal ganglion radiofrequency thermocoagulation alleviates anxiety and depression disorders in patients with classic trigeminal neuralgia. **Medicine**, v. 95, n. 49, p. e5379, 2016.

TESTUT, L. **Traité d'anatomie humana**. Paris: Octave Doin, Éditeur, 1896. 1092-1103 p.

TESTUT, L.; LATARJET, A. **Tratado de anatomía humana**. Barcelona, Buenos Aires: Salvat editores. S. A., 1945. 1275 p.

TILKI, D.; KILIC, E.; TAUBER, R.; PFEIFFER, D.; STIEF, C. G.; TAUBER, R.; ERGÜN, S. The Complex Structure of the Smooth Muscle Layer of Spermatic Veins and Its Potential Role in the Development of Varicocele Testis. **European Urology**, v. 51, n. 5, p. 1402-1410, 2007.

TRETBAR, L. L. Deep veins. **Dermatologic Surgery**, v. 21, n. 1, p. 47-51, 1995.

TROLARD, J. B. P. **Recherches sur l'anatomie du système veineux de l'encéphale et du crâne**. Faculté de Médecine, Faculté de Médecine de Paris, Paris, 1868. 33 p.

TSUTSUMI, S.; ONO, H.; YASUMOTO, Y. The mastoid emissary vein: an anatomic study with magnetic resonance imaging. **Surgical and Radiologic Anatomy**, v. 39, n. 4, p. 351-356, 2017.

UDDIN, M. A.; HAQ, T. U.; RAFIQUE, M. Z. Cerebral venous system anatomy. **JPMA. The Journal of the Pakistan Medical Association**, v. 56, n. 11, p. 516-519, 2006.

URDANETA-MONCADA, A.; FENG, L.; CHEN, J. Occlusion of a clival dural arteriovenous fistula using a novel approach through the foramen ovale. **Neuroimaging**, v. 5, n. 6, p. 1-5, 2013.

VERGANI, F.; MORRIS, C. M.; MITCHELL, P.; DUFFAU, H. Raymond de Vieussens and his contribution to the study of white matter anatomy. **Journal of Neurosurgery**, v. 117, n. 6, p. 1070-1075, 2012.

WANG, J. Y.; BENDER, M. T.; BETTEGOWDA, C. Percutaneous Procedures for the Treatment of Trigeminal Neuralgia. **Neurosurgery Clinics of North America**, v. 27, n. 3, p. 277-295, 2016.

WILLIAMS, L. S.; SCHMALFUSS, I. M.; SISTROM, C. L.; INOUE, T.; TANAKA, R.; SEOANE, E. R.; MANCUSO, A. A. MR imaging of the trigeminal ganglion, nerve, and the perineural vascular plexus: normal appearance and variants with correlation to cadaver specimens. **AJNR. American journal of neuroradiology**, v. 24, n. 7, p. 1317-1323, 2003.

YANG, J.-T.; LIN, M.; LEE, M.-H.; WENG, H.-H.; LIAO, H.-H. Percutaneous trigeminal nerve radiofrequency rhizotomy guided by computerized tomography with three-dimensional image reconstruction. **Chang Gung Medical Journal**, v. 33, n. 6, p. 679-683, 2010.

ZDILLA, M. J.; HATFIELD, S. A.; MANGUS, K. R. Angular Relationship Between the Foramen Ovale and the Trigeminal Impression. **Journal of Craniofacial Surgery**, v. 27, n. 8, p. 2177-2180, 2016.

ZHU, B.; WANG, H.; LIU, M.; CHENG, K.; LI, Z.; LI, Y. Morphologic Study of Foramen Oval Region on Surgery Approach for Trigeminal Neuralgia. **The Journal of Craniofacial Surgery**, v. 26, n. 2, p. 541-543, 2015.

3 (II ARTIGO) DESCRIÇÃO ANATÔMICA, TOPOGRÁFICA E MICROSCÓPICA DO SEIO EMISSÁRIO DO FORAME OVAL (SEFO) EM ADULTOS HUMANOS¹

Resumo

Apesar do Seio Emissário do Forame Oval (SEFO) ter sido descrito por Trolard em 1868, sua definição permanece confusa e negligenciada na literatura médica. Essa estrutura representa uma veia, um plexo venoso ou um seio da dura-máter? Este trabalho teve como objetivo descrever a anatomia, topografia e características microscópicas do SEFO. Amostras do SEFO, seio transverso e veia safena magna foram dissecadas e analisadas usando as colorações de Hematoxilina-Eosina, Weigert e Picrosirius e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). O SEFO esteve sempre presente entre o seio cavernoso e plexo pterigóideo em ambos antímeros atravessando os forames oval e/ou venoso (de Vesalius), anterior ao ramo mandibular do nervo trigêmeo. Seu arranjo microscópico é semelhante ao encontrado no seio transverso, o qual é composto por fibras colágenas orientadas nos planos transversal e longitudinal. As análises de MEV mostraram que assim como no seio transverso o SEFO era constituído de células paralelas apresentando formato losangular e núcleo central arredondado. Em síntese, o canal venoso que passa pelos forames oval e ou venoso é um seio da dura-máter constituído por lâminas de dura-máter e deve ser considerado durante procedimentos cirúrgicos próximos ao forame oval na fossa média do crânio.

Keywords: Base do crânio. Fossa média do crânio. Nervo trigêmeo. Ultraestrutura. Seio cavernoso.

Abstract

Although the Emissary Sinus of Foramen Ovale (ESFO) was first described by Trolard in 1868, its definition remains confused and neglected in the medical literature. This structure represents a vein, a venous plexus, or a dural sinus? This work aimed to describe the anatomy, topography, and microscopic features of the ESFO. Samples of

¹Trabalho publicado em 20 de Março de 2018 na `Clinical Neurology and Neurosurgery`. LEONEL, L. C. P. C.; DE SOUSA, S. D. G.; LIBERTI, E. A. Topographic and microscopic anatomical description of the emissary sinus of foramen ovale in adult humans. **Clinical Neurology and Neurosurgery**, v. 169, p. 77-85, 2018.

the ESFO, transverse sinus and great saphenous veins were dissected and evaluated using Hematoxylin and Eosin, Picro-sirius red and Weigert staining, and by Scanning Electron Microscopy (SEM). The ESFO was always present between cavernous sinus and pterygoid plexus on both antimeres, passing through the foramen ovale and/or sphenoidal emissary foramen (foramen of Vesalius), anterior to the mandibular branch of trigeminal nerve. Its microscopic arrangement resembled what was found on transverse sinus, that is composed by layers of collagen fibers oriented on transversal and longitudinal planes. SEM analysis showed that, like the transverse sinus, the ESFO was composed by parallel cells that presented a rhombus shape containing central rounded nuclei. In summary, the venous channel passing through the foramen ovale and/or sphenoidal emissary foramen (foramen of Vesalius) is a dural venous sinus constituted by dura mater layers and should be considered during surgical approaches near the foramen ovale in the middle cranial fossa.

Keywords: Skull base. Cranial Fossa, Middle. Trigeminal nerve. Ultrastructure. Cavernous sinus.

3.1 INTRODUÇÃO

A descrição dos principais vasos responsáveis pela vascularização e drenagem sanguínea da cavidade do crânio foi abordada com maior precisão por Andreas Vesalius (1514 – 1564) (KNOTT, 1881; MESQUITA; SOUZA JÚNIOR; FERREIRA, 2015). Já no século XIX, Cruveilhier (1843) destacou a comunicação entre os vasos da fossa média do crânio e a rede vascular fora dela, sendo Trolard (1868) o responsável pela descrição da drenagem sanguínea entre o seio cavernoso e o plexo pterigóideo.

Devido à complexidade do sistema de drenagem da cavidade do crânio, assim como o seu acesso, o avanço tecnológico e criação de novas metodologias de diagnóstico permitem que mais estudos objetivando tal descrição possam ser realizados. Com isso, tais achados contribuem não só para o aprimoramento e precisão do diagnóstico de diferentes patologias, mas também auxilia durante intervenções cirúrgicas realizadas nesta região (ZIVADINOV; CHUNG, 2013; BENIFLA et al., 2016; LEE et al., 2016).

Referente ao sistema vascular localizado próximo ao nervo trigêmeo e seus ramos, ainda hoje permanece controversa a descrição de seus aspectos anatômicos

e topográficos (SIMÕES, 1973b; ARSIC et al., 2008; KILIÇ; AKAKIN, 2008; DESA; GREEN, 2012).

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi descrever a anatomia, topografia e microscopia do seio emissário do forame oval (SEFO), uma vez que, conforme descrito anteriormente por diversos autores (HENDERSON, 1965; 1966; SIMÕES, 1973b), esse canal venoso pode ser responsável por intercorrências durante procedimentos cirúrgicos no gânglio trigeminal e seus ramos, quando o acesso escolhido for o forame oval, uma rota ainda bastante usada (ARISHIMA et al., 2016; EASWER et al., 2016; GUO et al., 2016; HAN et al., 2017)

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho obteve aprovação do comitê de ética em pesquisa com seres humanos do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo (ICB/USP), e do Comitê de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo.

3.2.1 COLETA E CRITÉRIO DE SELEÇÃO DAS AMOSTRAS

De acordo com a idade, etnia e gênero, foram utilizados 50 blocos anatômicos da fossa média do crânio de humanos adultos (contendo ambas regiões peritrigeminais), pertencentes ao acervo de Pesquisa do Departamento de Anatomia do ICB/USP (**Tabela 1**).

Tabela 1 - Distribuição dos indivíduos estudados segundo o gênero e grupo étnico

Idade (anos)	MASCULINOS		Sub-total	FEMININOS		Sub-total	Total
	Branco	Negro		Branco	Negro		
25 – 29	2	2	4	0	1	1	5
30 – 39	4	0	4	0	2	2	6
40 – 49	1	2	3	4	1	5	8
50 – 59	3	1	4	2	1	3	7
60 – 69	4	4	8	2	3	5	13
70 – 79	3	2	5	1	2	3	8
80	2	0	2	1	0	1	3
TOTAL	19	11	30	10	10	20	50

Fonte: Leonel (2019).

3.2.2 MÉTODO DE COLETA DO BLOCO ANATÔMICO DA FOSSA MÉDIA DO CRÂNIO

A sequência de abertura da calvária e remoção do encéfalo para exposição da base do crânio foi realizada de acordo com os procedimentos normais de necropsia para a região cefálica (SIMÕES, 1971). A dura-máter de revestimento da base do crânio foi mantida, de modo a preservar as estruturas peritrigeminais (**Figura 10**).

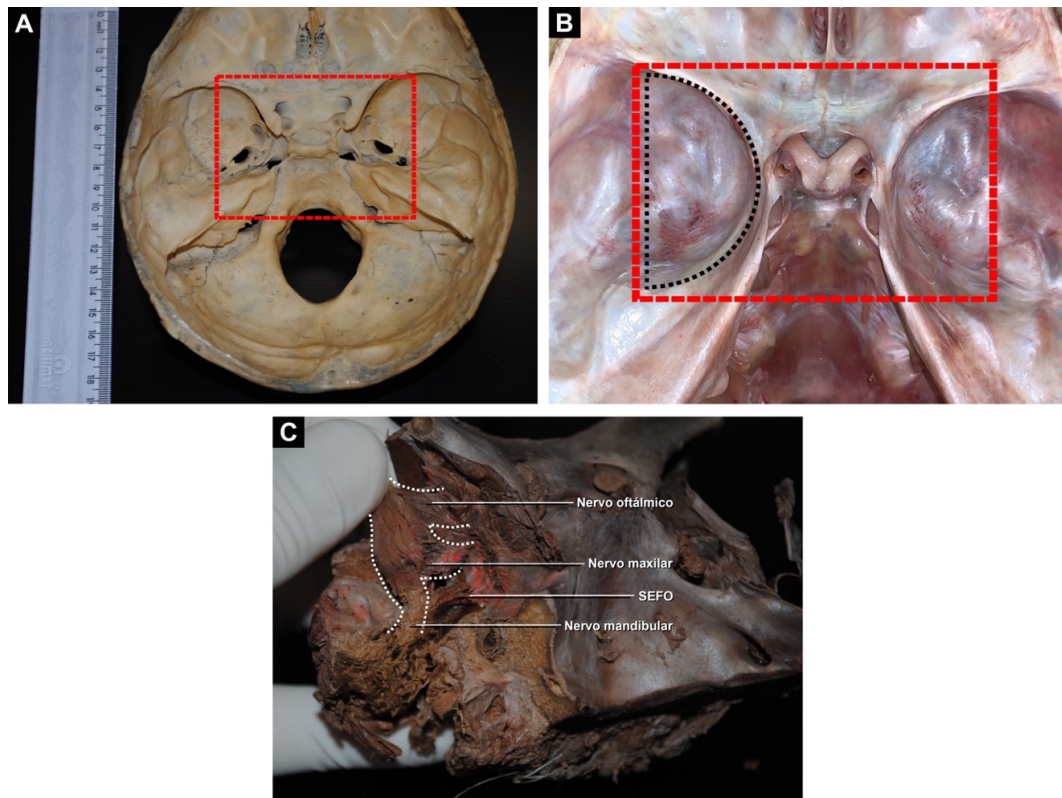
Em seguida, delimitou-se uma área contendo as regiões peritrigeminais direita e esquerda, respeitando-se os seguintes acidentes anatômicos: 1) anterior: um plano frontal passando posteriormente ao osso etmóide e anteriormente à sutura esfenofrontal; 2) posterior: também um plano frontal, paralelo ao anterior, e passando posteriormente ao poro acústico interno; 3) laterais: dois planos paralelos entre si, passando aproximadamente 15mm lateralmente aos forames espinhosos. Desta forma, respeitando-se os limites descritos, foram obtidos blocos anatômicos que, após fixados em formol 10% por um período mínimo de 20 dias, foram dissecados conforme o item a seguir (**Figura 10**).

3.2.3 DISSECÇÃO DOS BLOCOS ANATÔMICOS SOB LUPA BINOCULAR (MESOSCOPIA)

Com o auxílio de material cirúrgico apropriado a fim de expor bilateralmente a região peritrigeminal sob lupa mesoscópica², realizou-se inicialmente uma incisão contínua ao longo da dura-máter que reveste o teto dos seios petroso superior, cavernoso e esfenoparietal. Em seguida ao afastamento lateral da dura-máter, rebateu-se, também lateralmente, o complexo trigeminal (raízes, gânglio e ramos oftálmico, maxilar e mandibular), manobra que permitiu a visualização da região do SEFO que, em muitos casos, foi facilitada pela presença de um coágulo sanguíneo ao longo de todo o trajeto do seio (**Figuras 11 e 12**).

² Stemi SV6 – Carl Zeiss Microimaging; Oberkochen, Alemanha. Laboratório de Anatomia Funcional Aplicada (LAFAC). Instituto de Ciências Biomédicas III, Universidade de São Paulo.

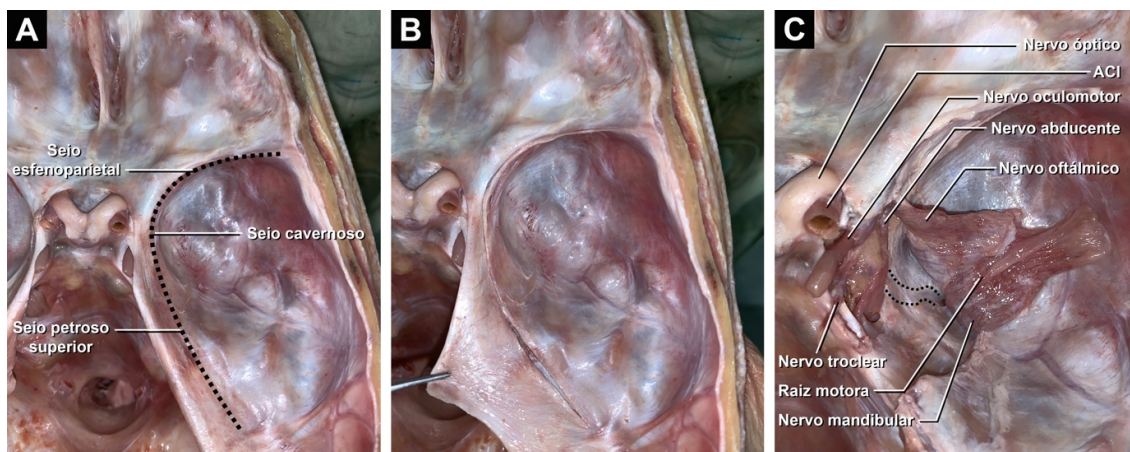
Figura 10 - Delimitação do bloco anatômico contendo ambas regiões peritrigeminais



Fonte: Leonel (2019).

Legenda: **A e B** – Fossa média do crânio evidenciando os limites de secção (linha vermelha tracejada) no crânio seco e peça a fresco, respectivamente. Em **B**, destaque para o tracejado preto evidenciando a região peritrigeminal. **C** – Bloco anatômico da fossa média do crânio, onde se observa o nervo trigêmeo (tracejado branco), seus ramos e o seio emissário do forame oval (SEFO).

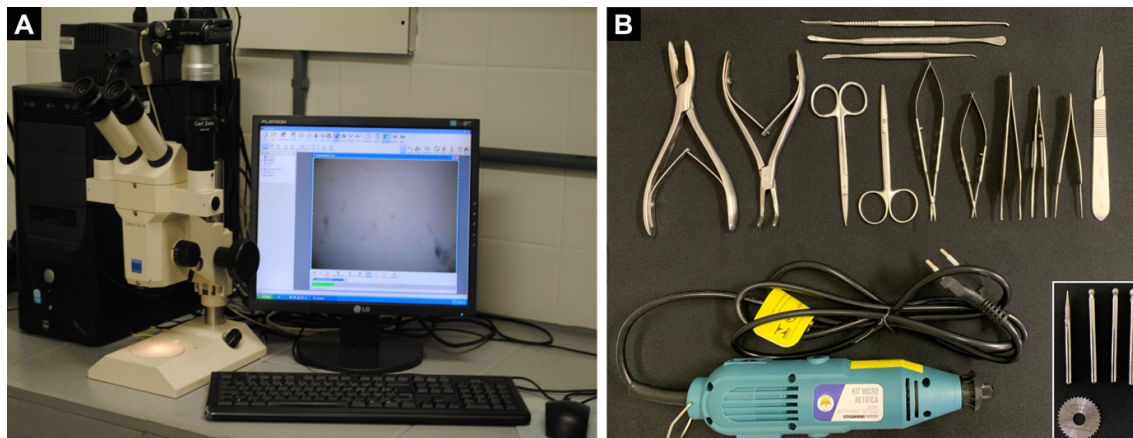
Figura 11 - Localização e exposição da região peritrigeminal e seu conteúdo



Fonte: Leonel (2019).

Legenda: **A** – delimitação do plano de secção (tracejado preto) para exposição da região peritrigeminal e seu conteúdo. **B** – secção realizada conforme descrito em **A**. Em **C**, após a dissecação da dura-máter o nervo trigêmeo e seus ramos foram lateralizados expondo todo conteúdo presente no seio cavernoso, assim como o trajeto do SEFO (tracejado preto). **ACI** – artéria carótida interna.

Figura 12 - Equipamento e instrumental cirúrgico utilizado nas dissecções da região peritrigeminal



Fonte: Leonel (2019).

Legenda: Lupa mesoscópica (A) e instrumental cirúrgico utilizados na dissecção dos blocos anatômicos contendo as regiões peritrigeminais (B).

3.2.4 INJEÇÃO COM LÁTEX, DISSECÇÃO E FOTODOCUMENTAÇÃO DOS ESPÉCIMES

Foram utilizados três espécimes para injeção de látex colorido em seus sistemas venoso e arterial, dissecção e fotodocumentação da fossa média do crânio seguindo as diretrizes que serão melhor descritas no **IV Artigo** desta tese (LEONEL et al., 2019, no prelo). Aqui, algumas alterações nas etapas de canulação, lavagem e injeção foram necessárias uma vez que os espécimes recebidos apresentavam secção losangular entre os ossos parietais e occipital e eram desprovidos de todo conteúdo encefálico (**Figura 13**).

3.2.4.1 Canulação dos espécimes

Os espécimes foram descongelados em temperatura ambiente por 12 horas dentro da pia e ambas artérias carótidas comuns (ACC) e veias jugulares internas (VJI) foram dissecadas e isoladas. Para a lavagem e injeção do látex foram inseridas cânulas plásticas nas ACCs e na abertura da veia petrosa dentro do seio petroso superior (região escolhida para injeção do sistema venoso).

O calibre de cada cânula foi considerado conforme o diâmetro dos diferentes vasos, sendo usado neste trabalho as de números 4 (CLP Medical's), 10 e 20 (MarkMed®). As cânulas inseridas nas ACCs foram fixadas com fio de seda 3-0. A fim

de se obstruir o seio petroso superior (SPS) e impedir o fluxo retrógrado das soluções injetadas em seu interior, foi realizada uma dilatação na extremidade da cânula, através de estímulo térmico (**Figura 13**).

3.2.4.2 Lavagem, injeção com látex e fixação dos espécimes

Para a lavagem de todo sistema de vasos foram injetados aproximadamente 500ml de água em cada cânula para eliminação de coágulos sanguíneos. A injeção com látex foi realizada em sequência, logo após as VJIs e artérias carótidas internas (na fossa média do crânio) terem sido obstruídas com pinças hemostáticas.

Iniciou-se com a injeção de aproximadamente 30ml de látex azul no sistema venoso, considerando o procedimento eficaz com a visualização de seu extravasamento em direção ao plexo basilar e para o seio cavernoso contralateral. Conforme necessário, foi injetado mais 10ml de solução no SPS contralateral. Para as ACCs procedeu-se com a injeção de aproximadamente 50ml de látex vermelho em cada cartéria, conforme a visualização do extravasamento da solução para a artéria meníngea média e demais artérias do couro cabeludo a injeção era interrompida.

Para evitar o extravasamento excessivo durante o processo de injeção, utilizamos um algodão embebido em ácido acético o qual acelerava o processo de secagem do látex extravasado (**Figura 13**).

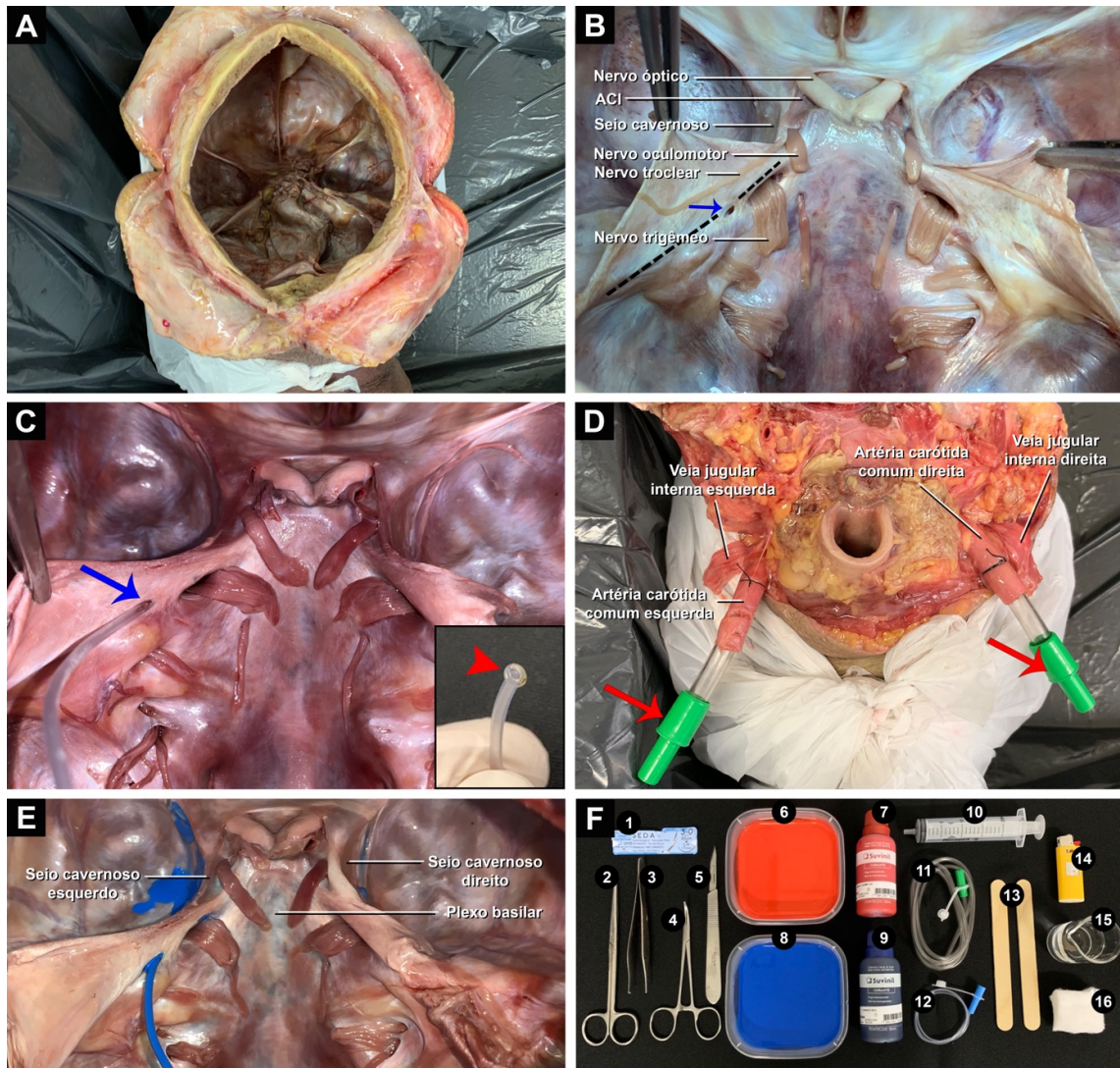
Após a injeção, os espécimes foram mantidos de cabeça para baixo dentro do freezer por 24 horas para secagem do látex. Após esse período foi realizado um corte transversal removendo a calvária e expondo toda a base do crânio. Para o processo de fixação, foram realizadas injeções de álcool 70% em toda região da face e pescoço com posterior imersão dos espécimes em um recipiente contendo a mesma solução por período de até 48hs antes do início das dissecções.

3.2.4.3 Dissecção dos espécimes

Para a dissecção, procedimento similar foi usado conforme descrito no **item 3.2.3** desta metodologia. Após secção transversal do crânio para exposição da superfície interna da base do crânio, foi realizada uma incisão através dos seios petroso superior, cavernoso e esfenoparietal. Com a exposição do nervo trigêmeo e

seus ramos, foi feita a lateralização do complexo trigeminal para visualização do SEFO injetado previamente com látex colorido.

Figura 13 - Canulação e injeção dos espécimes com látex colorido



Fonte: Leonel (2019).

Legenda: **A** mostra a secção posterior de cada espécime e ausência do encéfalo. **B** mostra abertura da veia petrosa (seta azul) no seio petroso superior (tracejado preto). Em **C** temos a canulação do seio petroso superior em direção ao seio cavernoso (seta azul) e em destaque a dilatação na extremidade da cânula no interior do seio petroso superior (cabeça de seta vermelha). Para a injeção do sistema arterial ambas artérias caróticas comuns foram dissecadas, isoladas e canuladas com cânulas de plástico (**D**). **E**, mostra a injeção com látex nos seios da dura-máter e o extravasamento da solução para o plexo basilar e o seio cavernoso contralateral. **F**, material utilizado para dissecção, canulação e injeção dos espécimes: **1** – fio de sutura seda 3-0; **2** – tesoura; **3** – pinça dente de rato; **4** – pinça hemostática; **5** – bisturi; **6** – látex vermelho; **7** – corante vermelho; **8** – látex azul; **9** – corante azul; **10** – seringa 20ml; **11** – cânula plástica nº 10; **12** – cânula plástica nº 4; **13** – espátulas descartáveis; **14** – isqueiro; **15** – ácido acético e **16** – algodão.

3.2.4.4 Fotodocumentação e técnica de processamento *High Dynamic Range* (HDR)

A fotodocumentação dos espécimes e processamento final das imagens com técnica HDR procedeu conforme descrito no **IV Artigo** desta tese (LEONEL et al., 2019, no prelo).

Brevemente, foi utilizado uma câmara `Canon EOS Rebel T3i`, um controle (disparador) remoto, um flash fotográfico 580EX II (Canon - Speedlite) e um tripé T800EX (Benro) (**Figura 14**). Os espécimes foram posicionados de modo a permitir a visualização de todo conteúdo da fossa média do crânio e umedecidos frequentemente com uma garrafa spray contendo álcool 70%, evitando o ressecamento das estruturas anatômicas.

Para a técnica de HDR foram realizadas a fotodocumentação de três imagens idênticas de cada estrutura, variando apenas o tempo de exposição à luz. A primeira foto tirada apresentava o maior tempo de exposição sendo considerada `overexposed` (5`` de exposição), a segunda imagem apresentava tempo intermediário de exposição (2`` de exposição) e a terceira e última imagem era captada com o menor tempo de exposição das três fotos, sendo considerada `underexposed` (1/4 segundo de exposição).

Para o processamento final e produção das imagens HDR foi utilizado o programa `Photomatix Pro 6.1.1 (HDRsoft®, Brighton, UK)`, para o qual eram direcionadas as três imagens com diferentes tempos de exposição à luz e feita sua fusão oferecendo uma única imagem final apresentando melhoria no brilho, contraste e nitidez das estruturas anatômicas.

Figura 14 - Equipamento utilizado para a fotodocumentação dos espécimes



Fonte: Leonel (2019).

Legenda: Equipamento montado para a fotodocumentação. 1 – Flash 580EX II (Canon Speedlite), 2 – câmera `Canon EOS Rebel T3i`, 3 – controle (disparador) remoto e 4 – tripé T800EX (Benro).

3.2.5 ANÁLISES HISTOLÓGICAS

Esse procedimento foi realizado em dez fragmentos do SEFO (cinco do trajeto superior à margem do forame oval e cinco do trajeto inferior a ela) obtidos de indivíduos diferentes, assim como em cinco fragmentos da veia jugular interna e do seio transversal, obtidos de hemi-cabeças pertencentes ao acervo didático do `Departamento de Anatomia do ICB/USP`, perfazendo o grupo controle.

Todos os espécimes foram submetidos a processo rotineiro de histologia, sendo os cortes transversais de 5 μ m corados pelos métodos de Hematoxilina-Eosina, Hematoxilina férrica para fibras elásticas (Weigert) (WEIGERT, 1898), e Picrosirius sob luz polarizada, para tipificação das fibras colágenas (JUNQUEIRA; BIGNOLAS; BRENTANI, 1979)³.

³ Microscópio Axioskop 40, programa AxionVision LE. Laboratório de Anatomia Funcional Aplicada (LAFAC), Instituto de Ciências Biomédicas III, Universidade de São Paulo.

3.2.6 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

Para a análise sob MEV foram usados sete SEFOs, três fragmentos de veia jugular interna, um fragmento da veia safena magna e três fragmentos de seio transversal, obtidos de acordo com o descrito no item anterior. As amostras foram fragmentadas e lavadas em ultrassom por dez minutos em água destilada (cinco lavagens de dois minutos cada) e imersas em álcool 70% por um período de doze horas. Após desidratadas em série crescente de álcoois (80% ao absoluto), as amostras foram submetidas ao ponto crítico⁴, metalizadas com íons de ouro⁵ e analisadas em microscópio eletrônico de varredura⁶.

3.3 RESULTADOS

Em virtude das variações morfológicas e topográficas do SEFO, bem como das comunicações com os vasos da região, serão aqui analisados as suas morfologias externa e interna, relações e comunicações, ilustradas nas **Figuras 15, 16, 17 e 18**.

3.3.1 MESOSCOPIA: FORMATO

As disseções sob lupa permitiram verificar a presença constante de um canal venoso, de calibre razoável, localizado sob o gânglio trigeminal e o segmento proximal dos ramos maxilar e mandibular do nervo trigêmeo (**Figura 15**).

Este canal, com aspecto afunilado no sentido crânio-caudal, curvilíneo com concavidade anterior possui, em suas extremidades duas aberturas. A **abertura superior**, maior, situa-se no assoalho do seio cavernoso ao nível da línula do osso esfenóide; a **abertura inferior**, menor, está voltada para o forame oval através do qual se comunica com o plexo venoso pterigóideo.

Quanto à forma, foram observados os tipos fundamentais previamente descritos por Simões (1973b): **piramidal e tubular**.

⁴ Aparelho de ponto crítico CPD 020, Balzers Union. Centro Avançado em Diagnóstico por Imagem – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da USP.

⁵ Equipamento Emitec 14550. Centro Avançado em Diagnóstico por Imagem – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da USP.

⁶ Microscópio Eletrônico de Varredura Leo 435 VP. Centro Avançado em Diagnóstico por Imagem – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da USP.

3.3.1.1 Formato piramidal

Semelhante a uma pirâmide triangular de base invertida, apresenta 3 paredes, 1 base e 1 ápice.

A parede **medial**, aderida ao osso e formada pela dura-máter contínua com aquela do assoalho do seio cavernoso, cruza verticalmente a face externa da parede lateral do corpo do esfenóide em direção ao forame oval. A parede **anterolateral** relaciona-se com a superfície medial dos nervos maxilar e mandibular, próximo à sua origem no gânglio. Relacionada com a face medial do gânglio trigeminal e com o segmento intracraniano do nervo mandibular, a parede **posterolateral** mantém estreita relação com a raiz motora do nervo trigêmeo. As paredes ântero e posterolaterais representam a continuação do revestimento superior do seio cavernoso.

Em suas margens superiores, essas paredes delimitam a abertura superior, ou **base** da pirâmide. Truncado e virtual, o **ápice** relaciona-se com o polo medial do forame oval, continuando-se inferiormente com o plexo pterigóideo.

3.3.1.2 Formato tubular

De acordo com essa conformação, o SEFO exibiu um contorno cilíndrico em toda a sua extensão, ligeiramente achatado no sentido transversal e afunilado inferiormente. Assim, identificou-se apenas duas paredes: uma **medial**, idêntica à do formato piramidal na forma, constituição e situação, e outra **lateral**, oposta à parede medial, e resultante da união das paredes ântero e posterolaterais. Nestes casos, tanto a abertura superior quanto a inferior mostram um contorno elíptico.

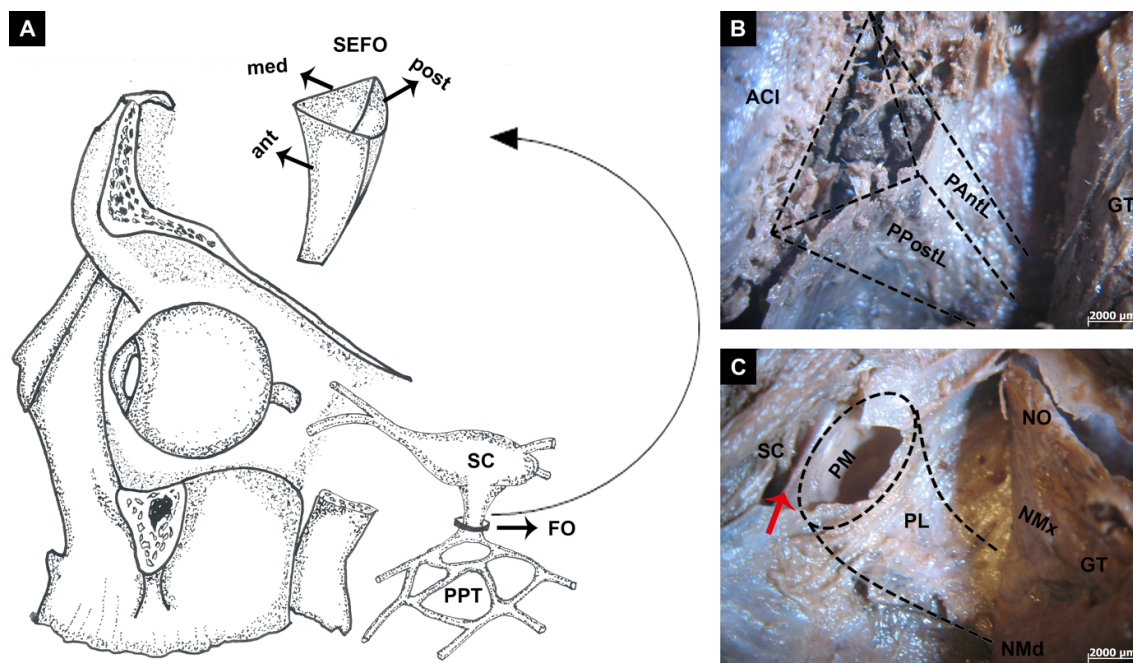
3.3.1.3 Abertura superior

Tanto para a forma piramidal como para a tubular, tem como limites: medial a margem superior da línula esfenoidal (onde se insere a parte superior da parede medial), e lateral, a margem superior das paredes laterais, no nível da margem superior do nervo maxilar, próximo à sua origem no gânglio.

3.3.1.4 Abertura inferior

A abertura inferior representava a comunicação do SEFO com o plexo pterigóideo. Em 43 dos indivíduos examinados, bilateralmente, ela correspondia a um plano transversal em contato com a margem medial do forame oval, não sendo essa a única forma de comunicação com o sistema venoso de drenagem extracraniano. Em 7 casos (3 bilateralmente e 4 unilateralmente), foi observado que ela penetrava no forame venoso do osso esfenoide (forame de Vesalius) localizado em posição ântero-medial ao forame oval. Mesmo nesses casos em que a abertura se localizava no forame venoso, o SEFO sempre se comunicava com o plexo pterigóideo. Em 3 desses casos (1 bilateralmente e 1 em cada antímero) essa abertura se localizou tanto ao nível do forame oval quanto do forame venoso (causada pela emissão de um ramo do SEFO para o referido forame), formando assim, duas rotas de drenagem sanguínea para fora da cavidade craniana (**Figura 16**).

Figura 15 – Descrição macroscópica do SEFO



Fonte: Leonel (2019).

Legenda: Em **A** esquema do seio emissário do forame oval (**SEFO**), **B** e **C** – formatos piramidal e tubular respectivamente. Três paredes foram observadas no formato triangular dispostas nos planos posterolateral (**PPostL**), anterolateral (**PAnL**) e medial (**PM**), enquanto que no formato tubular apenas duas paredes foram observadas uma lateral (**PL**) e uma medial (**PM**). **med** – medial; **ant** – anterior; **post** – posterior; **SC** – seio cavernoso; **PPT** – plexo pterigóideo; **FO** – forame oval; **ACI** – artéria carótida interna; **GT** – gânglio trigeminal; **NO** – nervo oftálmico; **NMx** – nervo maxilar; **NMd** – nervo mandibular; seta vermelha – língula esfenoidal.

3.3.2 MESOSCOPIA: TOPOGRAFIA

Em decorrência de sua situação topográfica na fossa média do crânio, o SEFO mantém relações de contiguidade com estruturas anatômicas localizadas na região peritrigeminal (**Figura 16**).

Assim, em todos os indivíduos, as paredes laterais do SEFO relacionavam-se com a margem convexa do gânglio trigeminal, bem próximo ao ponto de intersecção entre os nervos oftálmico e maxilar, e entre os nervos maxilar e mandibular.

Em seu trajeto superior, o SEFO estava aderido ao nervo mandibular pósteromedialmente, e em seu trajeto inferior, à raiz motora do nervo trigêmeo, posteriormente. Exceções foram encontradas nos indivíduos que apresentavam a saída do SEFO pelo forame venoso (de Vesalius). A relação das paredes laterais do seio com o nervo mandibular e a raiz motora é interrompida pela margem medial do forame oval.

3.3.3 MESOSCOPIA: COMUNICAÇÕES

As principais comunicações venosas observadas do SEFO podem ser verificadas na **Figura 16**. Desta forma, aquela da extremidade proximal corresponde à desembocadura do seio cavernoso no SEFO, enquanto que a distal, localizada inferiormente aos forames oval e venoso (de Vesalius) estabelece comunicação com o plexo pterigóideo, localizado na região da fossa pterigopalatina.

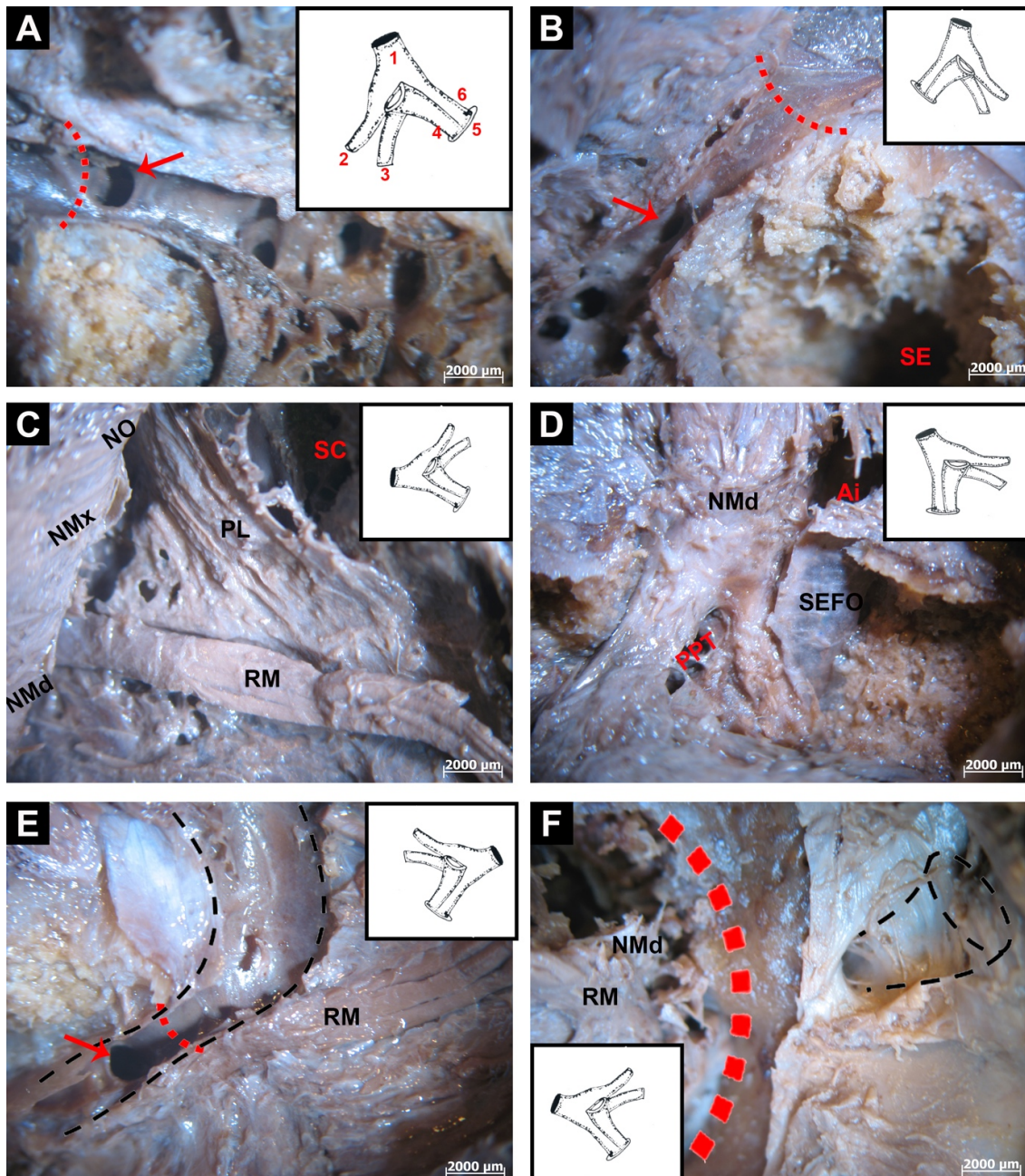
Após ultrapassar os forames, e portanto, no trajeto inferior do SEFO, as aberturas para o plexo exibiram basicamente dois padrões. Em alguns espécimes, a comunicação se estabelecia imediatamente após a margem inferior do forame oval e em outros, ocorriam bem próximo à região média da fossa pterigopalatina.

3.3.4 MESOSCOPIA: ASPECTOS INTERNOS

Na **Figura 17** verifica-se que, quanto à superfície interna principalmente a da parede medial do SEFO, que constitui o seu leito venoso, tanto a do trajeto superior (entre o seio cavernoso e o forame oval), quanto a do inferior, (abaixo dos forames oval/venoso em comunicação com o plexo pterigóideo) exibiu, na maioria dos espécimes, um aspecto liso e brilhante em toda a sua extensão. Em alguns casos, foram encontradas trabéculas fibrosas similares àquelas presentes no seio cavernoso, que se prolongavam para as paredes laterais. Estas, situavam-se principalmente no trajeto acima dos forames oval/venoso, próximo com a comunicação com o seio cavernoso (abertura superior).

Em 25 casos (9 bilateralmente, e 16 unilateralmente) observou-se a presença de um ramo arterial originado da artéria carótida interna. Esse ramo, localizado na região interna do seio cavernoso e de trajeto inferior, adentrava o SEFO e seus ramos terminais, ora dirigiam-se ao forame oval, ora abandonavam o seio em seu trajeto superior. Em geral, esses ramos arteriais estavam fixados às paredes do seio por meio de trabéculas fibrosas.

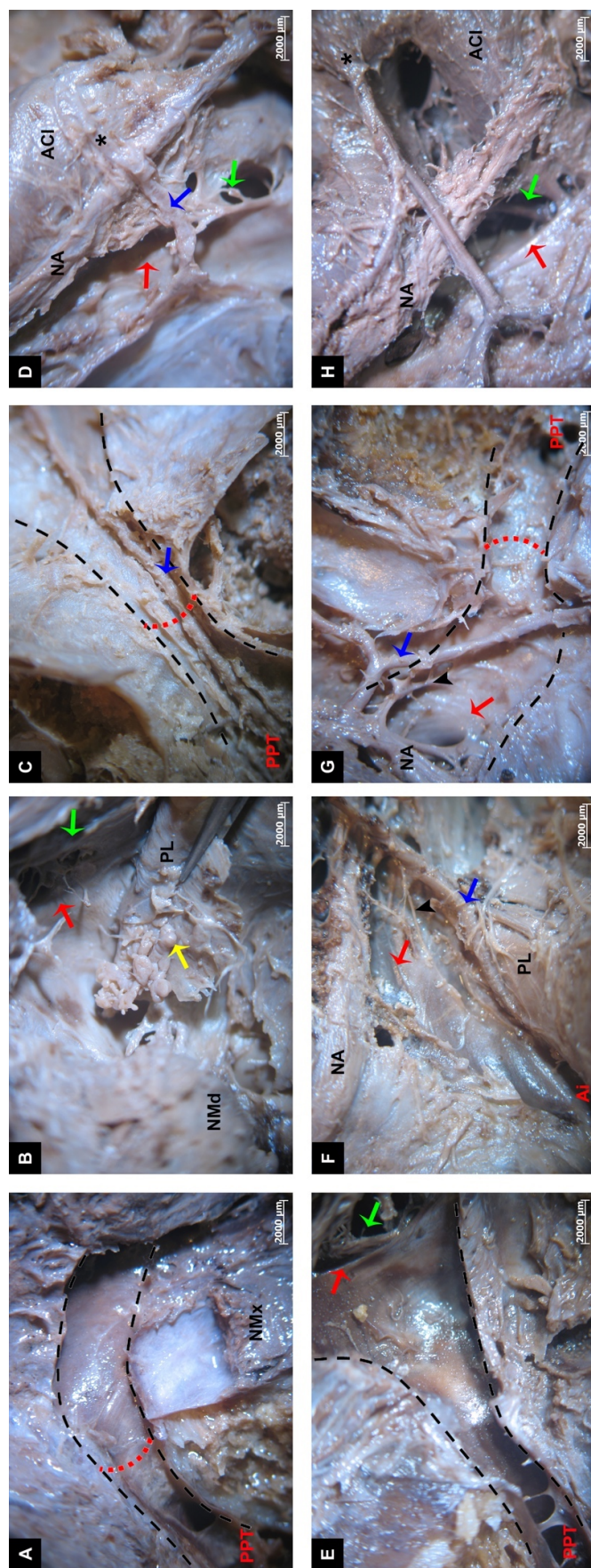
Figura 16 – Aspectos topográficos e comunicações do SEFO



Fonte: Leonel (2019).

Legenda: A comunicação com o plexo pterigóideo foi observada logo abaixo do forame oval (A – seta vermelha), e na fossa pterigopalatina (B e E – seta vermelha). As principais relações do SEFO (C) foram a margem inferior do nervo oftálmico (NO), as regiões proximais dos nervos maxilar (NMx) e mandibular (NMd) e a parte anterior da raiz motora do nervo trigêmeo (RM). O SEFO estabelecia comunicação entre o seio cavernoso (SC) em sua margem superior e com o plexo pterigóideo (PPT) em sua margem inferior (D). Nos casos em que a abertura inferior do SEFO adentrava o forame venoso (de Vesalius) (F), ele se relacionava com a margem medial do forame oval (F – tracjado vermelho). SE – seio esfenoidal; Ai – abertura inferior; seta vermelha – margem do forame oval; 1 – gânglio trigeminal; 2 – nervo oftálmico; 3 – nervo maxilar; 4 – SEFO; 5 – forame oval; 6 – nervo mandibular.

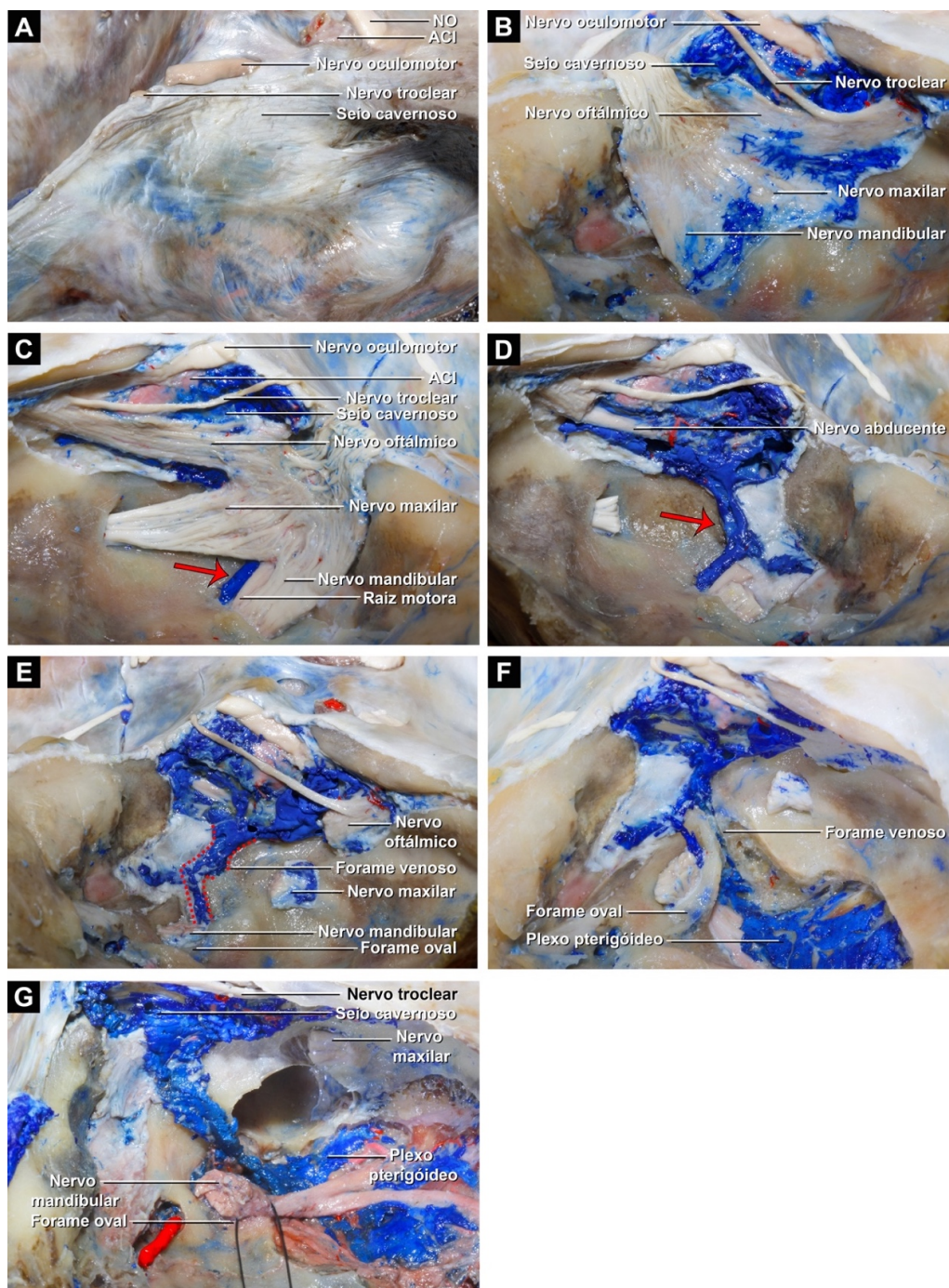
Figura 17 – Aspectos internos do SEFO



Fonte: Leonel (2019).

Legenda: O SEFO apresentou leito venoso liso e brilhante (A e E) com granulações aracnoideas (B, seta amarela) encontradas nas paredes laterais (PL) e tecido trabeculado (F e G, cabeça de seta preta) próximo à comunicação com o seio cavernoso (B, D, E, G e H, seta verde) e anastomoses arteriais (C, D, F – H, seta azul) da artéria carótida interna (ACI, asterisco preto). Esse ramo arterial adentrava a abertura superior do SEFO e seguia em direção ao plexo pterigóideo (PPT) passando pelo forame oval (C e F) ou simplesmente atravessava a parede de seu trajeto superior (G). NMD – nervo mandibular; NMx – nervo maxilar; NA – nervo abducente; forame oval (tracejado vermelho); língua estenoideal (seta vermelha).

Figura 18 – Aspectos macroscópicos do SEFO após injeção dos espécimes com látex colorido e fotodocumentação HDR



Fonte: Leonel (2019).

Legenda: Em **A** região peritrigeminal recoberta por dura-máter e em **B** exposição do conteúdo presente no seio cavernoso, assim como do nervo trigêmeo e seus ramos. Em **C** o trajeto superior do SEFO (seta vermelha) adentra o forame oval relacionando com a raiz motora do nervo trigêmeo. Após a dissecação do nervo trigêmeo e seus ramos em **D** o trajeto superior e a comunicação com o seio cavernoso foi evidenciada. **E** mostra os casos em que o SEFO (tracejado vermelho) emitia um pequeno ramo em direção ao forame venoso (quando presente), ambos comunicando inferiormente com o plexo pterigóideo (**F**). Para os casos em que o forame venoso não foi encontrado, o trajeto inferior foi observado no interior do forame oval se comunicando também com o plexo pterigóideo (**G**). **A e B, E – G:** região peritrigeminal direita; **C e D:** região peritrigeminal esquerda.

3.3.5 ANÁLISES HISTOLÓGICAS

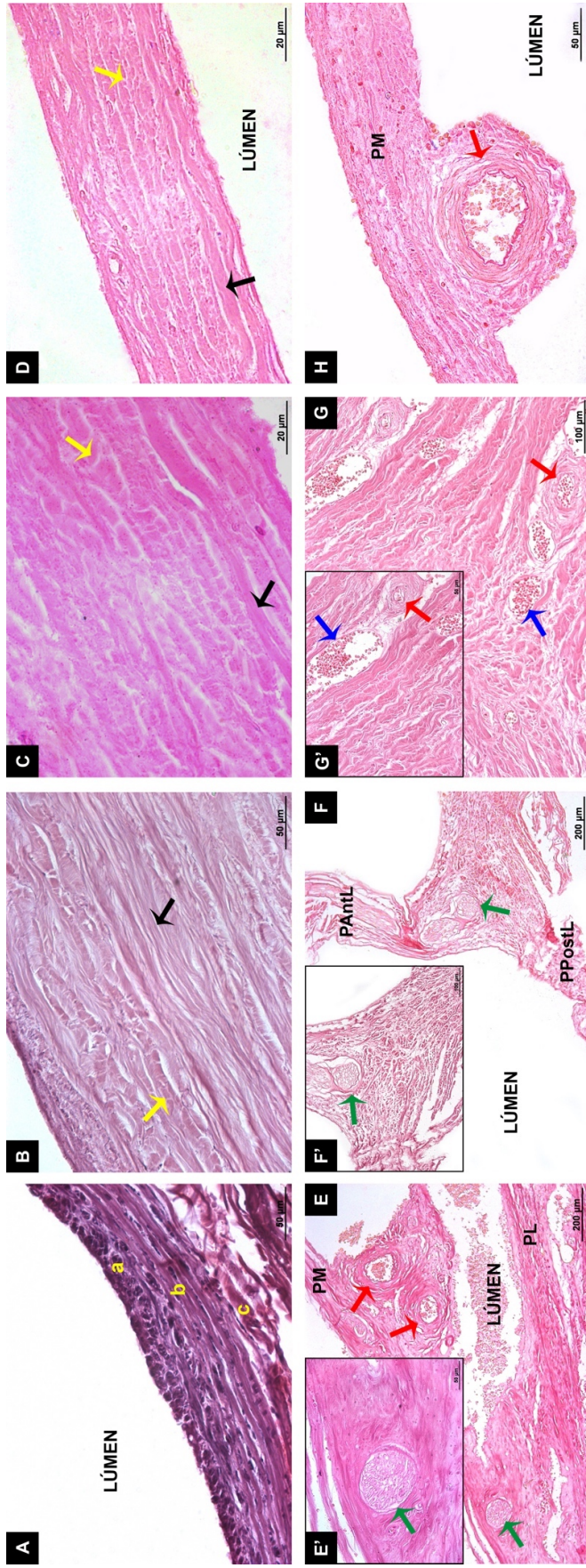
Como ilustrado na **Figura 19**, constituem estruturalmente as paredes do SEFO camadas de fibras colágenas dispostas nos sentidos longitudinal e transversal, formação típica encontrada nas análises histológicas do seio transverso. Diferentemente do observado nas paredes da veia jugular interna, onde foi possível distinguir as túnicas íntima, média e externa, constituição característica de um vaso sanguíneo.

Quando analisada no trajeto superior a parede medial do SEFO, em contato direto com o osso esfenoide, estava organizada em camadas sobrepostas, não evidenciada nas paredes laterais. No trajeto inferior, as camadas estavam dispostas concêntrica em todas as paredes, não se observando diferenças qualitativas quanto à espessura, em nenhum dos trajetos. Ramos vasculares e nervosos estavam presentes nas paredes do SEFO, preferencialmente nas laterais e, no caso do trajeto superior, na interconexão das paredes laterais com a parede medial.

Na **figura 20**, observam-se as características dos diferentes tipos de fibras que constituem as estruturas analisadas. Observou-se a presença de fibras elásticas principalmente na túnica média da veia jugular interna, e evidenciadas como lâmina elástica interna nas artérias do interior do SEFO. Embora discretamente distribuídas nas diferentes camadas de suas paredes, essas fibras estavam bem destacadas concêntrica na camada subendotelial do SEFO e do seio transverso.

Com a coloração de picrossirius sob luz polarizada, evidenciou-se em todas as estruturas analisadas (veia jugular, seio transverso e SEFO) o predomínio das fibras colágenas do tipo I (nas cores vermelha, laranja e amarela). Proporcionalmente, a densidade de fibras colágenas do tipo III (verdes) foi muito baixa.

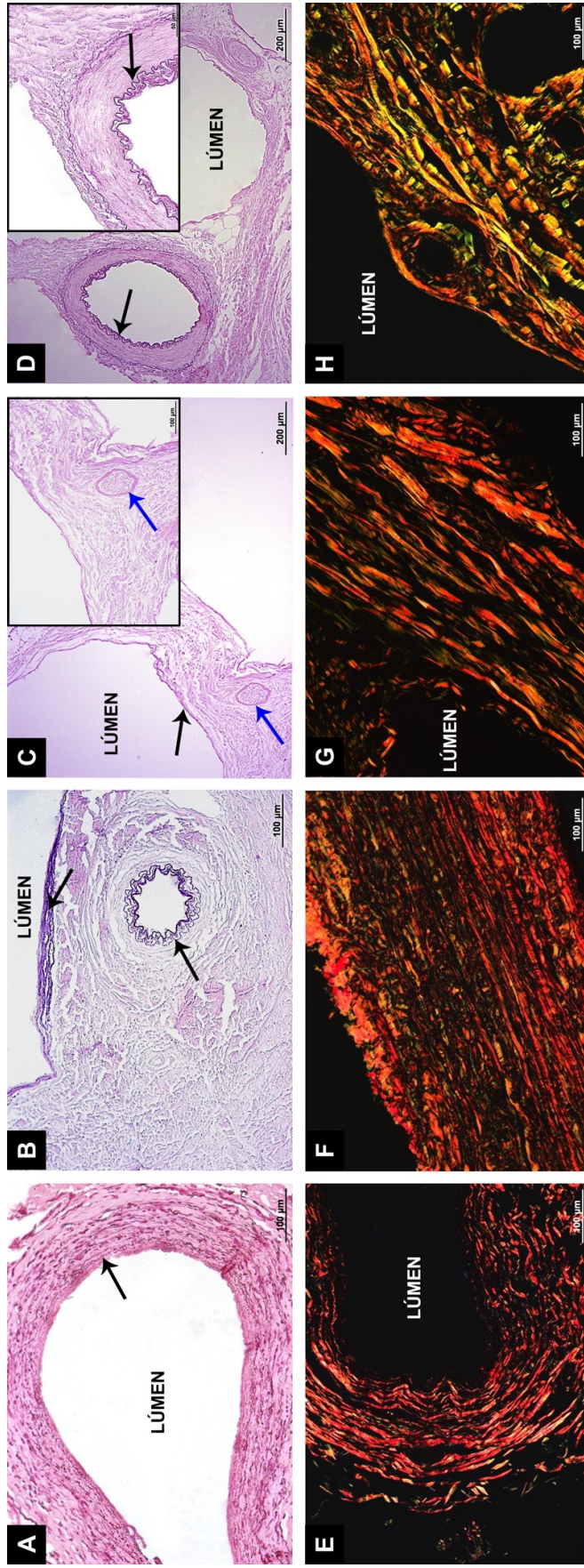
Figura 19 – Análise microscópica (Hematoxilina-Eosina) do SEFO



Fonte: Leonel (2019).

Legenda: As três camadas histológicas clássicas de um vaso foram observadas na veia jugular interna (**a** – tunica íntima; **b** – tunica média; **c** – tunica externa), enquanto que no seio transverso (**B**) apresentou camadas de fibras colágenas dispostas nos planos transversal (seta preta) e longitudinal (seta amarela). Em relação ao SEFO (**C – H**), nos cortes histológicos das aberturas superior (**C** e **E**) e inferior (**D** e **F**) foram observadas pequenas arteríolas (**E**, **G** e **H** – seta vermelha), vênulas (**G** – seta azul) e nervos (**E** e **F** – seta verde), demonstrado em maior aumento em **E'**, **F'** e **G'**, respectivamente. Suas paredes apresentaram composição de fibras colágenas dispostas transversal (**C** e **D** – seta preta) e longitudinalmente (**C** e **D** – seta amarela). **pm** – parede medial; **pl** – parede lateral; **PAnTL** – parede anterolateral; **PPostL** – parede posterolateral.

Figura 20 – Análise microscópica (Weigert e Picrosirius) do SEFO



Fonte: Leonel (2019).

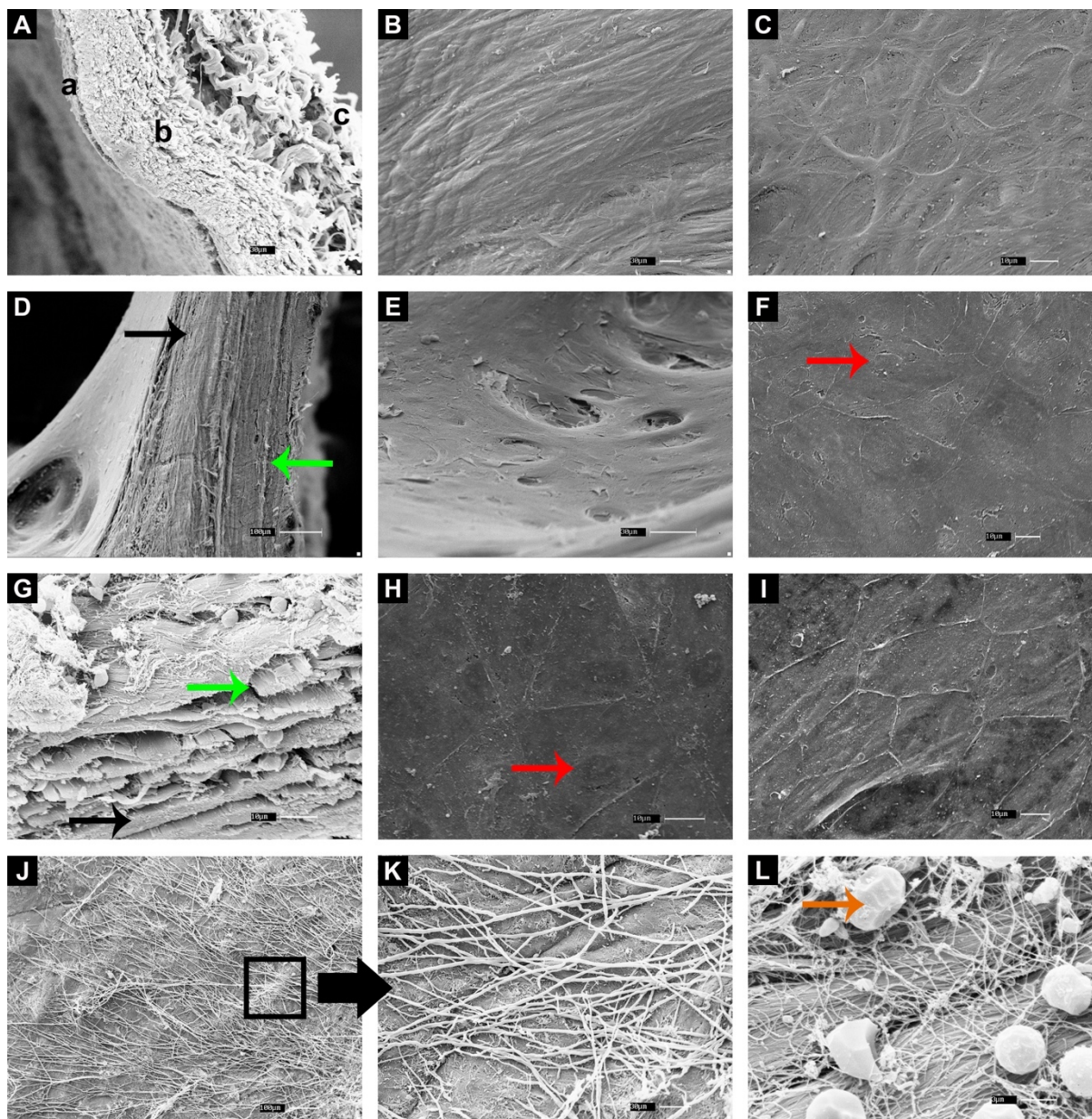
Legenda: Fibras elásticas foram observadas na túnica média da veia jugular interna (A – seta preta), enquanto que no seio transverso e no SEFO elas estiveram presentes na camada subendotelial (B e C – seta preta, respectivamente), assim como na túnica íntima das arteríolas (D – seta preta) e ao redor dos pequenos nervos (C – seta azul). Fibras colágenas de maior diâmetro (tipo I) foram predominantes em todas as amostras analisadas, veia jugular interna (E), seio transverso (F) e nas aberturas superior (G) e inferior (H) do SEFO.

3.3.6 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

Sob MEV (**Figura 21**) observou-se que o leito do SEFO possui aspecto plano e homogêneo, caracterizado por uma camada de células endoteliais de diferentes contornos e com núcleos evidentes. Diferentemente, nas veias jugular e safena magna, o mesmo padrão de formato dessas células não foi observado, sua camada endotelial apresentou aspecto liso sem núcleos celulares evidentes.

Nas paredes do SEFO e do seio transversal, as fibras colágenas formavam camadas sobrepostas e densamente compactadas, algumas orientadas longitudinal, e outras transversalmente em relação ao longo eixo dos seios. Muito embora constituída por camadas, essa organização e compactação não foram evidenciadas na veia jugular interna.

Figura 21 - Análise ultraestrutural do SEFO (MEV)



Fonte: Leonel (2019).

Legenda: Em **A** túnicas íntima (**a**), média (**b**) e externa (**c**) da veia jugular interna. A camada endotelial da veia safena magna (**B** e **C**) apresentou aspecto liso, contrastando com a do seio transversal (**E** e **F**) e SEFO (**H** e **I**) com células de formato irregular e núcleo arredondado (**F** e **H** – seta vermelha). As paredes do seio transversal e SEFO (**D** e **G**, respectivamente) apresentaram fibras colágenas dispostas em planos longitudinal (seta verde) e transversal (seta preta). A parede externa do SEFO (**J** e **K**) apresentou componentes fibrilares responsáveis pela sua fixação na superfície medial do seio esfenoidal. Sob a camada subendotelial do SEFO (**L**), a distribuição de fibras colágenas de diferentes diâmetros foram encontradas, juntamente com células sanguíneas (seta laranja).

3.4 DISCUSSÃO

De acordo com as descrições de diversos autores, a drenagem venosa da região peritrigeminal é realizada por uma veia ou plexo venoso (BERGMANN, 1942; GVOZDANOVIC; RIESSNER, 1953; HASHIMOTO et al., 2000; ARSIC et al., 2008; MORTAZAVI et al., 2012). No entanto, segundo a literatura disponível, somente Henderson (1966) e Simões (1973b; a) admitem que tal drenagem é realizada por um seio da dura-máter.

Inicialmente em 1868, Trolard descreveu a estrutura do SEFO com mais detalhes como uma grande veia que atravessa o forame oval posteriormente ao nervo mandibular e comunicando o seio cavernoso com o plexo pterigóideo.

Essa estrutura foi nomeada de `veia do forame oval` por Knott (1881) e considerada um vaso variável que poderia ser encontrado bilateral ou unilateralmente e Bergmann (1942) observou duas veias próximas à margem medial do gânglio trigeminal, as quais penetravam os forâmens lacerado, oval e ocasionalmente o forame venoso (de Vesalius). De acordo com Gvozdanovic e Riessner (1953) era uma rede venosa (*rete venosum formaminis ovalis*) responsável por essa drenagem em direção ao plexo pterigóideo.

Conforme Henderson (1966), Simões (1973b) também descreveu tal estrutura como um seio da dura-máter o nomeando como `seio emissário do forame oval (SEFO)`, localizado próximo ao gânglio trigeminal, assim como das margens proximais do nervo maxilar e anteromedial ao nervo mandibular, contra as descrições anteriores feitas por Trolard (1868).

As densas camadas de fibras colágenas do tipo I e a presença de fibras elásticas somente na camada subendotelial descritas neste estudo, permitiram admitir que o SEFO é efetivamente um seio da dura-máter. Esta teoria é reforçada pelo fato de que ele, assim como nos seios da dura-máter, apresentou fibras colágenas circulares, poucas fibras elásticas e ausência de uma camada muscular (KNOTT, 1881; UDDIN; HAQ; RAFIQUE, 2006). Somado a isso, ele possui uma camada interna formada por células endoteliais semelhante ao que é descrito por outros autores em estudos que descrevem

seios da dura-máter (TESTUT; LATARJET, 1945; UDDIN; HAQ; RAFIQUE, 2006; SINDOU et al., 2007; ZIVADINOV; CHUNG, 2013)

De acordo com Simões (1973b; a) tal canal venoso era composto por lâminas fibrosas de dura-máter. No entanto, a presença de trabéculas fibrosas e granulações aracnóides principalmente em sua parede lateral próxima à sua abertura superior – local de comunicação com o seio cavernoso – não foram descrições constantes observadas nesse estudo. Assim, os dados apresentados aqui não concordam com Browder, Browder e Kaplan (1972), que atribui às trabeculações fibrosas e granulações função similar à das valvas venosas as quais impedem o fluxo sanguíneo venoso dos seios da dura-máter para as veias cerebrais.

A estrutura clássica de três camadas histológicas observadas nos vasos sanguíneos (HERNÁNDEZ-MORERA et al., 2017; ZHANG et al., 2017) não se aplica ao SEFO. Comparado com a organização histológica da veia jugular interna e do seio transversal (grupo controle), as camadas histológicas do canal em estudo se assemelham ao encontrado no seio transversal. Tais resultados mostraram na composição de suas paredes que uma densa rede de fibras colágenas sobrepostas e organizadas nos planos longitudinal e transversal, principalmente nas paredes lateral em contato com o gânglio trigeminal e seus ramos.

A presença de fibras elásticas permite ao vaso sanguíneo a complacência necessária para distensão de suas paredes durante a circulação do sangue. Nas veias, tais fibras estão dispersas especialmente pela túnica externa (KIELTY; SHERRATT; SHUTTLEWORTH, 2002; HERNÁNDEZ-MORERA et al., 2017). Uma vez que não se observou camada muscular e as fibras elásticas constituíram apenas uma fina camada subendotelial, a organização multidirecional das fibras colágenas do SEFO em suas paredes laterais se dá provavelmente devido à ligação com a superfície medial interna do osso esfenoide na fossa média do crânio, que limitam sua capacidade de expansão. A organização paralela das fibras colágenas nos planos transversal e longitudinal nas paredes laterais do SEFO ao longo de seu eixo, provavelmente permitem o mínimo de complacência requerida durante a passagem do fluxo sanguíneo através de seu leito venoso.

Referente aos aspectos topográficos, o SEFO esteve sempre presente como um único canal venoso, disposto anteromedialmente ao nervo mandibular com a abertura superior em contato com o ângulo entre a extremidade proximal dos nervos oftálmico e maxilar e se comunicando diretamente com o seio cavernoso. O seio cavernoso possui várias comunicações venosas tanto aferentes quanto eferentes de grande importância não somente para intervenções endovasculares, mas também para entender a funcionalidade do sistema venoso ao redor da fossa média do crânio. Essas correlações permitem o uso do SEFO como uma referência anatômica durante procedimentos cirúrgicos, melhorando e garantindo mais precisão e segurança em tais procedimentos realizados neste local (SIMÕES, 1973a; MITSUHASHI et al., 2016).

Somando a isso, este aspecto topográfico pode ser associado como uma rota de disseminação de processos infecciosos do meio extracraniano (DESA; GREEN, 2012; MITSUHASHI et al., 2016; BAYOT; ZABEL, 2018) para o cérebro, vindos principalmente da face e fossa pterigopalatina. Essa teoria é suportada por exemplos de tromboflebite séptica do seio cavernoso causada por infecções iniciadas fora da cavidade do crânio. Destaca-se àquelas causadas por intervenções na cavidade oral e extrações dentárias iatrogênicas, que adentram a cavidade do crânio por meio das veias emissárias dos forames lacerado, redondo e oval (DINUBILE, 1988; OKAMOTO et al., 2012; BALTSAVIAS et al., 2015)

Nos seios da dura-máter o fluxo sanguíneo tende a ser bidirecional devido ao fato de tais vasos não possuírem valvas, sendo assim patógenos e/ou trombos podem ser disseminados para o seio cavernoso oriundos do plexo pterigóideo. Aproximadamente 10% das tromboflebitides sépticas do seio cavernoso estão relacionadas com causa odontológicas (YUN; HWANG; LUI, 1991; COLBERT; CAMERON; WILLIAMS, 2011; OKAMOTO et al., 2012; YEO et al., 2014), incluindo *β-hemolytic streptococci*, patógenos anaeróbios e outros microorganismos da espécie *Streptococcus* (*S. pneumoniae* and *S. aureus*) e bactérias gram-negativas (YARINGTON, 1961; DINUBILE, 1988; DESA; GREEN, 2012)

Além disso, a íntima relação do SEFO com o gânglio trigeminal e seus ramos, não deve ser negligenciada em episódios de neuralgia trigeminal, uma vez que sua etiologia é considerada multifatorial (DE LANGE, 1987; MISTRY et al., 2016; APRA;

LEFAUCHEUR; LE GUÉRINEL, 2017) e uma delas está relacionada com a compressão do nervo trigêmeo pelas estruturas vasculares adjacentes à sua origem no tronco encefálico, tais como as artérias basilar e cerebelar e as veias pontinas (HAINES; JANNETTA; ZORUB, 1980; TANRIKULU et al., 2016).

De acordo com este estudo, o ramo da artéria corótida interna (ACI) encontrado em metade das espécimes analisadas deve ser considerado uma vez que apresenta trajeto inferior em direção ao SEFO. Este ramo denominado, 'tronco inferolateral' ou 'artéria inferior do seio cavernoso' se origina na superfície lateral da parte horizontal (C4) da ACI e está presente em aproximadamente 80-90% da população (BRASSIER et al., 1987; INOUE et al., 1990) e pode ser correlacionado com aneurismas intracavernosos (INOUE et al., 1990). Ele emite quatro ramos menores (PARKINSON, 1965; HARRIS; RHOTON, 1976; BRASSIER et al., 1987; KNOSP; MULLER; PERNECZKY, 1987), os quais vascularizam diferentes áreas (HARRIS; RHOTON, 1976). Uma dessas rotas de vascularização é a região peritrigeminal, e quando esta anastomose está presente ela se comunica com a artéria maxilar interna como descritos em nossos resultados.

Durante as disseções, o SEFO majoritariamente foi sempre encontrado dentro do foramen oval se comunicando em sua extremidade distal com o plexo pterigóideo. No entanto, em sete espécimes (14%) essa trajetória foi alterada em direção ao forame venoso (de Vesalius), anteromedial ao forame oval. Este forame é considerado como uma variação anatômica da fossa média do crânio e quando presente, acomoda veias emissárias que conectam o seio cavernoso com o plexo pterigóideo. Na literatura atual, ainda não há concordância em relação a sua presença e prevalência, com descrições de 5 – 21% (KODAMA et al., 1997; CHAISUKSUNT et al., 2012; SCRIMANI et al., 2014) até 50 – 60% dos espécimes (RAVAL; SINGH; RAJGURU, 2015).

Em oposição ao descrito por Shinohara et al. (2010) e Inoue et al. (1990) que associam o forame venoso (de Vesalius) com a presença da veia emissária entre o seio cavernoso e o plexo pterigóideo, a ausência do forame não esteve relacionada com a ausência do vaso que o cruza. Uma vez que o SEFO sempre esteve presente em ambos antímeros e em 14% dos casos ele se projetou em direção ao foramen venoso, é possível afirmar que quando tal forame está presente ele representa uma variação da rota de drenagem do SEFO.

3.5 CONCLUSÃO

As diferentes técnicas utilizadas neste estudo (mesoscopia, análises histológicas e de microscopia eletrônica de varredura) permitem inferir que o canal venoso responsável pela drenagem sanguínea da região inferior do seio cavernoso para o plexo pterigóideo, é de fato, um seio da dura-máter.

Considerando a sua topografia, o SEFO não deve ser negligenciado durante procedimentos cirúrgicos na fossa média do crânio, especialmente àqueles próximos ao forame oval, assim como patologias que comprometam sua integridade como nos casos da neuralgia trigeminal ou quando processos infecciosos na cavidade do crânio estão sendo investigados. Devido ao fato de sua uniformidade e características que se assemelham a de um seio da dura-máter, é sugerido que ele seja incluído na Nômina Anatômica como `Seio Emissário do Forame Oval`.

REFERÊNCIAS

APRA, C.; LEFAUCHEUR, J.-P.; LE GUÉRINEL, C. Microvascular decompression is an effective therapy for trigeminal neuralgia due to dolichoectatic basilar artery compression: case reports and literature review. **Neurosurgical Review**, v. 40, n. 4, p., 2017.

ARISHIMA, H.; KAWAJIRI, S.; ARAI, H.; HIGASHINO, Y.; KODERA, T.; KIKUTA, K.-I. Percutaneous Glycerol Rhizotomy for Trigeminal Neuralgia Using a Single-Plane, Flat Panel Detector Angiography System: Technical Note. **Neurologia Medico-chirurgica**, v. 56, n. 5, p. 257-263, 2016.

ARSIC, S.; JOVANOVIĆ, I.; PETROVIĆ, A.; PERIĆ, P.; DUKIĆ, M. Stereological analysis of the human fetal trigeminal ganglion microcirculatory bed. **Facta Universitatis**, v. 15, n. 3, p. 85 - 91, 2008.

BALTSAVIAS, G.; PARTHASARATHI, V.; AYDIN, E.; AL SCHAMERI, R. A.; ROTH, P.; VALAVANIS, A. Cranial dural arteriovenous shunts. Part 1. Anatomy and embryology of the bridging and emissary veins. **Neurosurgical Review**, v. 38, n. 2, p. 253-263; discussion 263-254, 2015.

BAYOT, M. L.; ZABEL, M. K. Neuroanatomy, Brain, Sinuses, Dural Venous Sinuses. **StatPearls**, 2018. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482257/>. Acesso em: 20 mar 2018.

BENIFLA, M.; YOEL, U.; MELAMED, I.; MERKIN, V.; COHEN, A.; SHELEF, I. Dural sinus obstruction following head injury: a diagnostic and clinical study. **Journal of Neurosurgery Pediatrics**, v. 18, n. 3, p. 1-10, 2016.

BERGMANN, L. Studies on the blood vessels of the human Gasserian ganglion. **The Anatomical Record**, v. 82, n. 4, p. 609-631, 1942.

BRASSIER, G.; LASJAUNIAS, P.; GUEGAN, Y.; PECKER, J. Microsurgical anatomy of collateral branches of the intracavernous internal carotid artery. In: Dolenc, V. V. (Ed.). **The Cavernous Sinus: a multidisciplinary approach to vascular and tumorous lesions**. New York: Springer-Verlag, 1987, p.81 - 103.

BROWDER, J.; BROWDER, A.; KAPLAN, H. A. The venous sinuses of the cerebral dura mater. I. Anatomical structures within the superior sagittal sinus. **Archives of Neurology**, v. 26, n. 2, p. 175-180, 1972.

CHAIKUNTHUN, V.; KWATHAI, L.; NAMONTA, K.; RUNGRUANG, T.; APINHASMIT, W.; CHOMPOOPONG, S. Occurrence of the Foramen of Vesalius and Its Morphometry Relevant to Clinical Consideration. **The Scientific World Journal**, v. 2012 p. 1-5, 2012.

COLBERT, S.; CAMERON, M.; WILLIAMS, J. Septic thrombosis of the cavernous sinus and dental infection. **British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery**, v. 49, n. 6, p. e25-e26, 2011.

CRUVEILHIER, J. **Traité d'anatomie descriptive**. Paris: LABÉ, success, Libraire de la Faculté de Médecine: Paris, 1843. 730 p.

DE LANGE, E. E. Radiographic position of the trigeminal nerve in the skull for angiographic determination of arterial-nerve relationship in trigeminal neuralgia: results of a radiologic-anatomic study. **Surgical and Radiologic Anatomy**, v. 9, n. 3, p. 193-200, 1987.

DESA, V.; GREEN, R. Cavernous Sinus Thrombosis: Current Therapy. **Journal of Oral and Maxillofacial Surgery**, v. 70, n. 9, p. 2085-2091, 2012.

DINUBILE, M. J. Septic thrombosis of the cavernous sinuses. **Archives of Neurology**, v. 45, n. 5, p. 567-572, 1988.

EASWER, H. V. I.; CHATTERJEE, N.; THOMAS, A.; SANTHOSH, K.; RAMAN, K. T.; SRIDHAR, R. Usefulness of flat detector CT (FD-CT) with biplane fluoroscopy for complication avoidance during radiofrequency thermal rhizotomy for trigeminal neuralgia. **Journal of NeuroInterventional Surgery**, v. 8, n. 8, p. 830-833, 2016.

GUO, Z.; WU, B.; DU, C.; CHENG, M.; TIAN, Y. Stereotactic Approach Combined with 3D CT Reconstruction for Difficult-to-Access Foramen Ovale on Radiofrequency Thermocoagulation of the Gasserian Ganglion for Trigeminal Neuralgia. **Pain Medicine**, v. 17, n. 9, p. 1704-1716, 2016.

GVOZDANOVIC, I. M.; RIESSNER, D. Angiographic studies in the problem of brain revascularization. **Acta Radiologica**, v. 40, n. 2-3, p. 139-154, 1953.

HAINES, S. J.; JANNETTA, P. J.; ZORUB, D. S. Microvascular relations of the trigeminal nerve. **Journal of Neurosurgery**, v. 52, n. 3, p. 381-386, 1980.

HAN, K. R.; CHAE, Y. J.; LEE, J. D.; KIM, C. Trigeminal nerve block with alcohol for medically intractable classic trigeminal neuralgia: long-term clinical effectiveness on pain. **International Journal of Medical Sciences**, v. 14, n. 1, p. 29-36, 2017.

HARRIS, F. S.; RHOTON, A. L. Anatomy of the cavernous sinus. A microsurgical study. **Journal of Neurosurgery**, v. 45, n. 2, p. 169-180, 1976.

HASHIMOTO, M.; YOKOTA, A.; YAMADA, H.; OKUDERA, T. Development of the cavernous sinus in the fetal period: a morphological study. **Neurologia Medico-chirurgica**, v. 40, n. 3, p. 140-150, 2000.

HENDERSON, W. R. The anatomy of the gasserian ganglion and the distribution of pain in relation to injections and operations for trigeminal neuralgia. **Annals of the Royal College of Surgeons of England**, v. 37, n. 6, p. 346-373, 1965.

HENDERSON, W. R. A note on the relationship of the human maxillary nerve to the cavernous sinus and to an emissary sinus passing through the foramen ovale. **Journal of Anatomy**, v. 100, n. 4, p. 905-908, 1966.

HERNÁNDEZ-MORERA, P.; TRAVIESO-GONZÁLEZ, C. M.; CASTAÑO-GONZÁLEZ, I.; MOMPEÓ-CORREDERA, B.; ORTEGA-SANTANA, F. Segmentation of elastic fibres in images of vessel wall sections stained with Weigert's resorcin-fuchsin. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, v. 142, p. 43-54, 2017.

INOUE, T.; RHOTON, A. L.; THEELE, D.; BARRY, M. E. Surgical approaches to the cavernous sinus: a microsurgical study. **Neurosurgery**, v. 26, n. 6, p. 903-932, 1990.

JUNQUEIRA, L. C.; BIGNOLAS, G.; BRENTANI, R. R. Picrosirius staining plus polarization microscopy, a specific method for collagen detection in tissue sections. **The Histochemical Journal**, v. 11, n. 4, p. 447-455, 1979.

KIELTY, C. M.; SHERRATT, M. J.; SHUTTLEWORTH, C. A. Elastic fibres. **Journal of Cell Science**, v. 115, n. 14, p. 2817-2828, 2002.

KILIÇ, T.; AKAKIN, A. Anatomy of cerebral veins and sinuses. **Frontiers of Neurology and Neuroscience**, v. 23, p. 4-15, 2008.

KNOSP, E.; MULLER, G.; PERNECZKY, A. The blood supply of the cranial nerves in the lateral wall of the cavernous sinus. In: Dolenc, V. V. (Ed.). **The Cavernous Sinus: a multidisciplinary approach to vascular and tumorous lesions**. New York: Springer-Verlag, 1987, p.67 - 80.

KNOTT, J. F. On the Cerebral Sinuses and their Variations. **Journal of Anatomy and Physiology**, v. 16, n. 1, p. 27-42, 1881.

KODAMA, K.; INOUE, K.; NAGASHIMA, M.; MATSUMURA, G.; WATANABE, S.; KODAMA, G. Studies on the foramen vesalius in the Japanese juvenile and adult skulls. **Hokkaido Igaku Zasshi Journal of medical science**, v. 72, n. 6, p. 667-674, 1997.

LEE, D. H.; HONG, J. T.; SUNG, J. H.; JAIN, A.; HUH, J.; KIM, S. U.; KIM, J. Y.; KWON, J. Y.; CHO, C. B.; KIM, I. S.; LEE, S. W. Morphologic Analysis of Occipital Sinuses for Occipital Screw Fixation Using Digital Subtraction Angiography. **World Neurosurgery**, v. 91, p. 279-284, 2016.

LEONEL, L. C. P. C.; CARLSTROM, L. P.; GRAFFEO, C. S.; PERRY, A.; PINHEIRO-NETO, C. D.; SORENSON, J.; LINK, M. J.; PERIS-CELDA, M. Foundations of Advanced Neuroanatomy: Technical Guidelines for Specimen Preparation, Dissection, and 3D-photodocumentation in a Surgical Anatomy Laboratory. **Journal of Neurological Surgery Part B: Skull Base**, 2019. Em impressão.

MESQUITA, E. T.; SOUZA JÚNIOR, C. V. D.; FERREIRA, T. R. Andreas Vesalius 500 years - A Renaissance that revolutionized cardiovascular knowledge. **Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular**, v. 30, n. 2, p. 260-265, 2015.

MISTRY, A. M.; NIESNER, K. J.; LAKE, W. B.; FORBES, J. A.; SHANNON, C. N.; KASL, R. A.; KONRAD, P. E.; NEIMAT, J. S. Neurovascular Compression at the Root Entry Zone Correlates with Trigeminal Neuralgia and Early Microvascular Decompression Outcome. **World Neurosurgery**, v. 95, p. 208-213, 2016.

MITSUHASHI, Y.; HAYASAKI, K.; KAWAKAMI, T.; NAGATA, T.; KANESHIRO, Y.; UMABA, R.; OHATA, K. Dural Venous System in the Cavernous Sinus: A Literature Review and Embryological, Functional, and Endovascular Clinical Considerations. **Neurologia Medico-chirurgica**, v. 56, n. 6, p. 326-339, 2016.

MORTAZAVI, M. M.; TUBBS, R. S.; RIECH, S.; VERMA, K.; SHOJA, M. M.; ZURADA, A.; BENNINGER, B.; LOUKAS, M.; COHEN GADOL, A. A. Anatomy and pathology of the cranial emissary veins: a review with surgical implications. **Neurosurgery**, v. 70, n. 5, p. 1312-1319, 2012.

OKAMOTO, H.; OGATA, A.; KOSUGI, M.; TAKASHIMA, H.; SAKATA, S.; MATSUSHIMA, T. Cavernous sinus thrombophlebitis related to dental infection--two case reports. **Neurologia Medico-chirurgica**, v. 52, n. 10, p. 757-760, 2012.

PARKINSON, D. A Surgical Approach to the Cavernous Portion of the Carotid Artery. **Journal of Neurosurgery**, v. 23, n. 5, p. 474-483, 1965.

RAVAL, B. B.; SINGH, P. R.; RAJGURU, J. A morphologic and morphometric study of foramen vesalius in dry adult human skulls of gujarat region. **Journal of Clinical and Diagnostic Research**, v. 9, n. 2, p. AC04-AC07, 2015.

SCRIMANI, P.; MUKHERJEE, P.; SARKAR, M.; ROY, H.; SENGUPTA, K. S.; SARKAR, A. N.; RAY, K. Foramina in Alisphenoid - An Observational Study on Their Osseo Morphology and Morphometry. **International Journal of Anatomy, Radiology and Surgery**, v. 3, n. 1, p. 1-6, 2014.

SHINOHARA, A. L.; DE SOUZA MELO, C. G.; SILVEIRA, E. M. V.; LAURIS, J. R. P.; ANDREO, J. C.; DE CASTRO RODRIGUES, A. Incidence, morphology and morphometry of the foramen of Vesalius: complementary study for a safer planning and execution of the trigeminal rhizotomy technique. **Surgical and Radiologic Anatomy**, v. 32, n. 2, p. 159-164, 2010.

SIMÕES, S. Estudo anatômico do seio emissário do forame oval. **Revista da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo**, v. 11, n. 1, p. 115 - 128, 1973a.

SIMÕES, S. Relações anatômicas do seio emissário do forame oval e suas implicações clínico-cirúrgicas. **Arquivos de Neuro-psiquiatria**, v. 31, n. 1, p., 1973b.

SINDOU, M.; LESTON, J.; DECULLIER, E.; CHAPUIS, F. Microvascular decompression for primary trigeminal neuralgia: long-term effectiveness and prognostic factors in a series of 362 consecutive patients with clear-cut neurovascular conflicts who underwent pure decompression. **Journal of Neurosurgery**, v. 107, n. 6, p. 1144-1153, 2007.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ANATOMIA. **Terminologia Anatômica: terminologia anatômica internacional**. Editora Manole Ltda.: São Paulo, 2001. 248 p.

TANRIKULU, L.; HASTREITER, P.; BASSEMIR, T.; BISCHOFF, B.; BUCHFELDER, M.; DÖRFLER, A.; NARAGHI, R. New clinical and morphological aspects in trigeminal neuralgia. **World Neurosurgery**, v. 92, p., 2016.

TESTUT, L.; LATARJET, A. **Tratado de anatomía humana**. Barcelona, Buenos Aires: Salvat editores. S. A., 1945. 1275 p.

TROLARD, J. B. P. **Recherches sur l'anatomie du système veineux de l'encéphale et du crâne**. Faculté de Médecine, Faculté de Médecine de Paris, Paris, 1868. 33 p.

UDDIN, M. A.; HAQ, T. U.; RAFIQUE, M. Z. Cerebral venous system anatomy. **JPMA. The Journal of the Pakistan Medical Association**, v. 56, n. 11, p. 516-519, 2006.

WEIGERT, C. Über eine methode zur färbung elastischer fasern. **ZBL All. Path. Pathol. Ana.**, v. 9, n., p. 292-292, 1898.

YARINGTON, C. T. The Prognosis and Treatment of Cavernous Sinus Thrombosis. **Annals of Otology, Rhinology & Laryngology**, v. 70, n. 1, p. 263-267, 1961.

YEO, G.-S.; KIM, H. Y.; KIM, H.; KWAK, E.-J.; JUNG, Y.-S.; PARK, H.-S.; JUNG, H.-D. Cavernous sinus thrombosis caused by a dental infection: a case report. **Journal of the Korean Association of Oral and Maxillofacial Surgeons**, v. 40, n. 4, p. 195-198, 2014.

YUN, M. W.; HWANG, C. F.; LUI, C. C. Cavernous sinus thrombosis following odontogenic and cervicofacial infection. **European Archives of Oto-Rhino-Laryngology**, v. 248, n. 7, p. 422-424, 1991.

ZHANG, B.-B.; ZHOU, Y.-J.; DU, J.; YANG, S.-W.; WANG, Z.-J.; SHEN, H.; ZHOU, Z.-M. Comparison of very-high-frequency ultrasound assessment of radial arterial wall layers after first and repeated transradial coronary procedures. **Journal of Geriatric Cardiology**, v. 14, n. 4, p. 245-253, 2017.

ZIVADINOV, R.; CHUNG, C.-P. Potential involvement of the extracranial venous system in central nervous system disorders and aging. **BMC Medicine**, v. 11, n. 260, p. 1-23, 2013.

4 (III ARTIGO) O FORAME VENOSO E A VEIA EMISSÁRIA, ANATOMIA E RELEVÂNCIA CLÍNICA¹

RESUMO

Objetivo: Avaliar a presença do forame venoso (FV) (de Vesalius) e seu conteúdo a veia emissária esfenoideal (VEE).

Material e Métodos: Analisamos 1000 tomografias computadorizadas (TCs), 170 crânios secos e 100 lados de 50 blocos anatômicos fixados em formol. O conteúdo do FV e a histopatologia da VEE foram determinadas por colorações histológicas e microscopia eletrônica.

Resultados: O FV foi observado em 46,8% das TCs estudadas (25,4% bilateral e 21,4% unilateral), e 45,2% dos crânios secos (18,8% bilateral e 26,4% unilateral). Em 9,5% das TCs e 21,1% dos crânios secos, um `canal cego` foi observado na superfície externa da base do crânio sem apresentar comunicação com a fossa média do crânio, dessa forma não sendo considerados como o FV. Durante as dissecções, o FV esteve presente em 7 indivíduos (3 bilateralmente e 4 unilateralmente) e em 3 deles a VEE representava uma rota alternativa para a drenagem venosa do Seio Emissário do Forame Oval (SEFO). Suas paredes eram compostas por fibras colágenas e seu endotélio apresentou células losangulares semelhantes às características comumente encontradas nos seios sagital superior e emissário do forame oval.

Conclusão: O FV foi encontrado em 45% dos casos tanto de TCs, quanto de crânios secos e em 10% dos blocos anatômicos a VEE foi observada. A presença do FV e da VEE podem explicar anatomicamente a disseminação de determinadas doenças da base do crânio em direção ao cavo de Meckel ou seio cavernoso e devem ser considerados durante procedimentos na fossa média do crânio, procedimentos percutâneos, odontológicos e no tratamento de fístulas arteriovenosas durais.

Palavras-chave: Base do crânio. Fossa média do crânio. Seio cavernoso. Neuralgia trigeminal. Forame oval.

¹ Trabalho submetido à `Clinical Anatomy` no dia 02 de Julho de 2019 e recebido para correções em 01 de Agosto de 2019.

ABSTRACT

Purpose: To evaluate the presence of sphenoidal emissary foramen (SEF), and its content, the sphenoidal emissary vein (SEV).

Methods: We analyzed 1000 Computed Tomography (CT), 170 dry skulls and 100 sides of 50 formalin-fixed specimens. The contents of the SEF and histopathology of the SEV were determined by histological staining and Electron Microscopy.

Results: The SEF was observed in 46,8% of the CT studied (25,4% bilateral and 21,4% unilateral), and 45,2% of the dry skulls (18,8% bilateral and 26,4% unilateral). In 9,5% CT and 21,1% dry skulls, a blind channel was observed only in the external surface of the skull's base with no communication with the middle cranial fossa, therefore not being considered as the SEF. During the dissections, the SEF was present in seven individuals (three bilaterally, and four unilaterally) and on three of them the SEV was an alternative route for venous drainage of the Emissary Sinus of Foramen Ovale (ESFO). Its walls were composed by collagen fibers and its endothelium had rhomboid cells resembling those features commonly found in the superior sagittal sinus and emissary sinus of foramen ovale.

Conclusions: The SEF was found in 45% of the cases both on CT scans and dry skulls, and in 10% of the specimen sides a SEV was encountered. The presence of SEF and SEV can anatomically explain spread of certain skull base pathologies from or towards Meckel's cave or the cavernous sinus, and should be taken into account during procedures in the middle cranial fossa, percutaneous approaches, odontological procedures, and treatment of dural arteriovenous fistulas.

Keywords: Skull base. Cranial fossa, middle. Cavernous sinus. Trigeminal neuralgia. Foramen ovale.

4.1 INTRODUÇÃO

A asa maior do osso esfenóide possui três forames constantes, os forames oval, redondo e espinhoso e um forame inconstante, o denominado forame venoso (FV) também conhecido como `forame de Vesalius`. Ele está localizado anteromedial ao forame oval em um plano oblíquo na fossa média do crânio na base do crânio próximo a

raiz do processo pterigóide no osso esfenóide (CHAIKSUNTSUN et al., 2012; DOGAN et al., 2014; GUPTA, NEHA et al., 2014; OZER; GOVSA, 2014; JADHAV; AMBALI; ZAMBARE, 2016).

A descrição do conteúdo encontrado internamente no FV varia entre os autores, sendo descrito como uma rota para passagem de um pequeno ramo nervoso (the *nervulus sphenoidalis lateralis*), ou da artéria meníngea acessória (LANG, 1883; BAUMEL; BEARD, 1961; LASJAUNLAS; THÉRON, 1976; HAST; GARRISON, 2000) e/ou passagem da veia emissária esfenoidal (VEE). A VEE ou `veia de Vesalius` é uma comunicação entre o seio cavernoso e o plexo pterigóideo (RAY; GUPTA; GHOSE, 2005; AVILES-SOLIS et al., 2011; GUPTA, NEHA et al., 2014; NATSIS et al., 2018a).

A VEE tem sido associada como uma possível explicação anatômica para disseminação de agentes infecciosos e trombos para o seio cavernoso oriundos do espaço extracraniano. Somado a isso, devido a sua proximidade com o forame oval e seu conteúdo venoso, a presença do FV pode levar a punções iatrogênicas e equivocadas durante procedimentos cirúrgicos (CHAIKSUNTSUN et al., 2012; PRAKASH; VIVEKA; PRAKASH, 2015; ALVES; DEANA, 2016).

Apesar de sua importância anatômica e clínica, ainda hoje existem descrições equivocadas e imprecisas do FV e seu conteúdo na literatura médica atual. O objetivo deste trabalho foi avaliar a presença e anatomia do FV em tomografias computadorizadas (TCs) e crânios secos, assim como dissecções em cadáveres para avaliar os componentes estruturais de seu conteúdo usando técnicas histológicas e de microscopia eletrônica de varredura.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 ANÁLISE DO FORAME VENOSO EM TOMORAFIAS COMPUTADORIZADAS (TCs)

A pesquisa obteve aprovação da 'Comissão de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ) da USP', assim como do 'Instituto de

Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo (ICB-USP)', e do 'Hospital Beneficência Portuguesa de São Paulo'.

Foram utilizadas 1.000 imagens de tomografias computadorizadas (TCs) de pacientes adultos (idade superior a 18 anos) analisadas juntamente com um médico radiologista. As imagens pertenciam ao banco de dados do Departamento de Tomografia da 'BP Medicina Diagnóstica' ("Med Imagem") do 'Hospital Beneficência Portuguesa de São Paulo'. Pacientes com doenças de base de crânio que pudessem comprometer a observação do FV – tais como aquelas causadas por disseminação perineural de tumores (LAINE et al., 1990; BAKST et al., 2019) foram excluídos do estudo de modo a evitar viés e interpretações equivocadas. As TCs foram obtidas com 0,6mm de espessura em equipamentos SIEMENS modelos Flash (256 canais), Definition Plus (128 canais), e Perspective (64 canais) e analisadas nos planos sagital, coronal e axial (transversal), com reconstrução multiplanar e *Volume Rendering* do PACS Carestream.

4.2.2 ANÁLISE DO FORAME VENOSO EM CRÂNIOS SECOS

Para a avaliação do FV em crânios secos, foram estudados 340 antímeros de 170 crânios adultos (idade superior a 18 anos). As amostras foram selecionadas dentre 395 crânios secos considerando aqueles em que a calvária havia sido previamente removida permitindo a completa visualização das superfícies interna e externa da base do crânio. Os espécimes eram pertencentes do acervo do 'Museu de Anatomia Humana Professor Alfonso Bovero da Universidade de São Paulo'. Características como idade, gênero e nacionalidade não foram consideradas no estudo.

A patência do forame foi estabelecida através da penetração de uma agulha de acupuntura com dimensões de 0.25mm x 30mm (DongBang Medical CO.,LTD, Boryeong, Chungnam, Korea).

4.2.3 ANÁLISE MACROSCÓPICA: DISSECÇÃO EM CADÁVERES

Blocos anatômicos da fossa média do crânio de 50 espécimes fixadas com formol, obtidos de cadáveres adultos (idade entre 25 – 80 anos) sem doenças na base do crânio

foram analisadas bilateralmente. Os blocos foram coletados seguindo o protocolo descrito no **II Artigo** desta tese e publicado em trabalhos anteriores realizados em nosso laboratório (SIMÕES, 1971; LEONEL; DE SOUSA; LIBERTI, 2018).

4.2.4 ANÁLISES HISTOLÓGICAS

Foram utilizados três amostras da VEE para as análises de sua composição histológica usando cortes transversais (5µm – 7µm) e colorações de Hematoxilina-Eosina, Tricrômio de Masson e Picrosirius sob luz polarizada para avaliação das fibras colágenas (JUNQUEIRA; BIGNOLAS; BRENTANI, 1979). O grupo controle consistiu de dois fragmentos da veia safena magna, um segmento do seio sagital superior e uma amostra do seio emissário do forame oval.

4.2.5 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

As amostras foram lavadas por 20 minutos com água destilada usando um ultrassom (10 lavagens de 2 minutos cada), seguida de imersão em álcool 70% *overnight* e posterior desidratação em concentrações crescentes de álcool (80% - 100%). Por último, as amostras foram submetidas ao ponto crítico e metalizadas com ouro. As amostras de ambos grupos foram analisadas usando Microcópico Leo 435 VP.

4.3 RESULTADOS

4.3.1 ANÁLISE DO FORAME VENOSO EM TOMOGRAFIAS COMPUTADORIZADAS (TCs)

Os dados, expressos em porcentagem na **Tabela 2**, foram organizados de acordo com os seguintes critérios: ausente (Grupo I), presença bilateral (Grupo II), presença unilateral (Grupo III) e não-patente/cego (Group IV) (**Figuras 22 e 23**).

Brevemente, em 437 casos (43,7%) o FV esteve ausente (Group I), em 468 casos (46,8%) ele esteve presente, dos quais 254 foram encontrados bilateralmente (25,4%) e

214 unilateral (21,4%), correspondendo aos Grupos II e III respectivamente. Em 10 casos (1%) o FV esteve duplicado, 6 casos no antímero direito e 4 casos no antímero esquerdo.

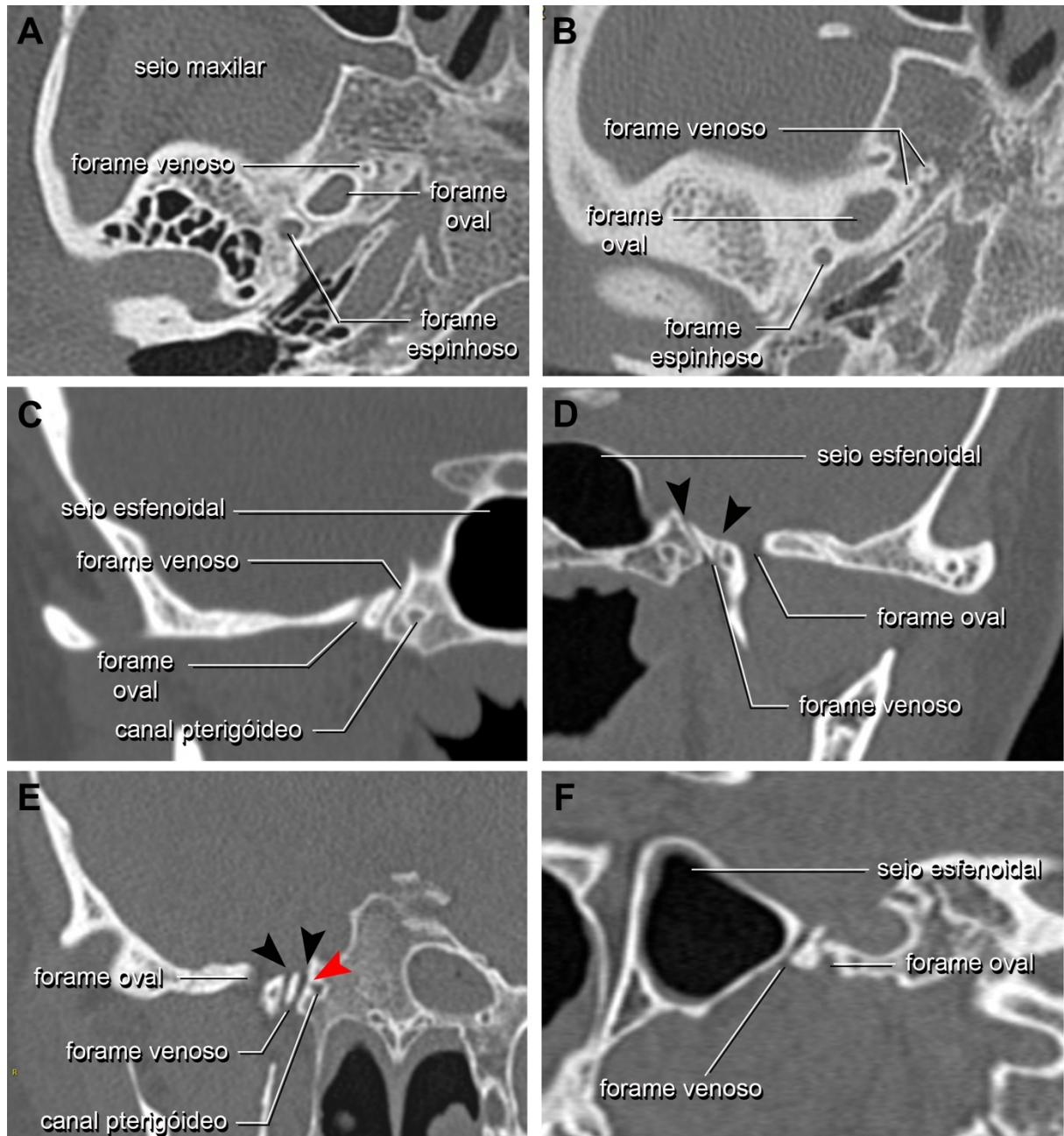
Em 151 casos (15,1%) um canal foi observado semelhante com a abertura inferior do FV. Ele foi localizado somente na face externa da base do crânio próximo ao forame oval, no entanto sem apresentar comunicação ou abertura na fossa média do crânio. Em contraste, apresentando trajeto em direção a outras estruturas da base do crânio (como o canal pterigóideo e o seio esfenoidal). Dessa forma, tais canais cegos não foram considerados como verdadeiros forames, formando assim o Grupo IV. Em 56 casos (5,6%) bilateralmente e em 39 (3,9%) casos unilateralmente.

Tabela 2: Análise quantitativa da prevalência do FV em tomografias computadorizadas

PREVALÊNCIA DO FORAME VENOSO (TCs)			
Grupos		Prevalência	
I (ausente)		437 (43,7%)	
II (bilateral)		254 (25,4%)	
III (unilateral)	214 (21,4%)	Antímero esquerdo	96 (9,6%)
		Antímero direito	118 (11,8%)
IV (cego)	95 (9,5%)	Bilateral	56 (5,6%)
		Antímero esquerdo	14 (1,4%)
		Antímero direito	25 (2,5%)
TOTAL		1.000 TCs (100%)	

Fonte: Leonel (2019).

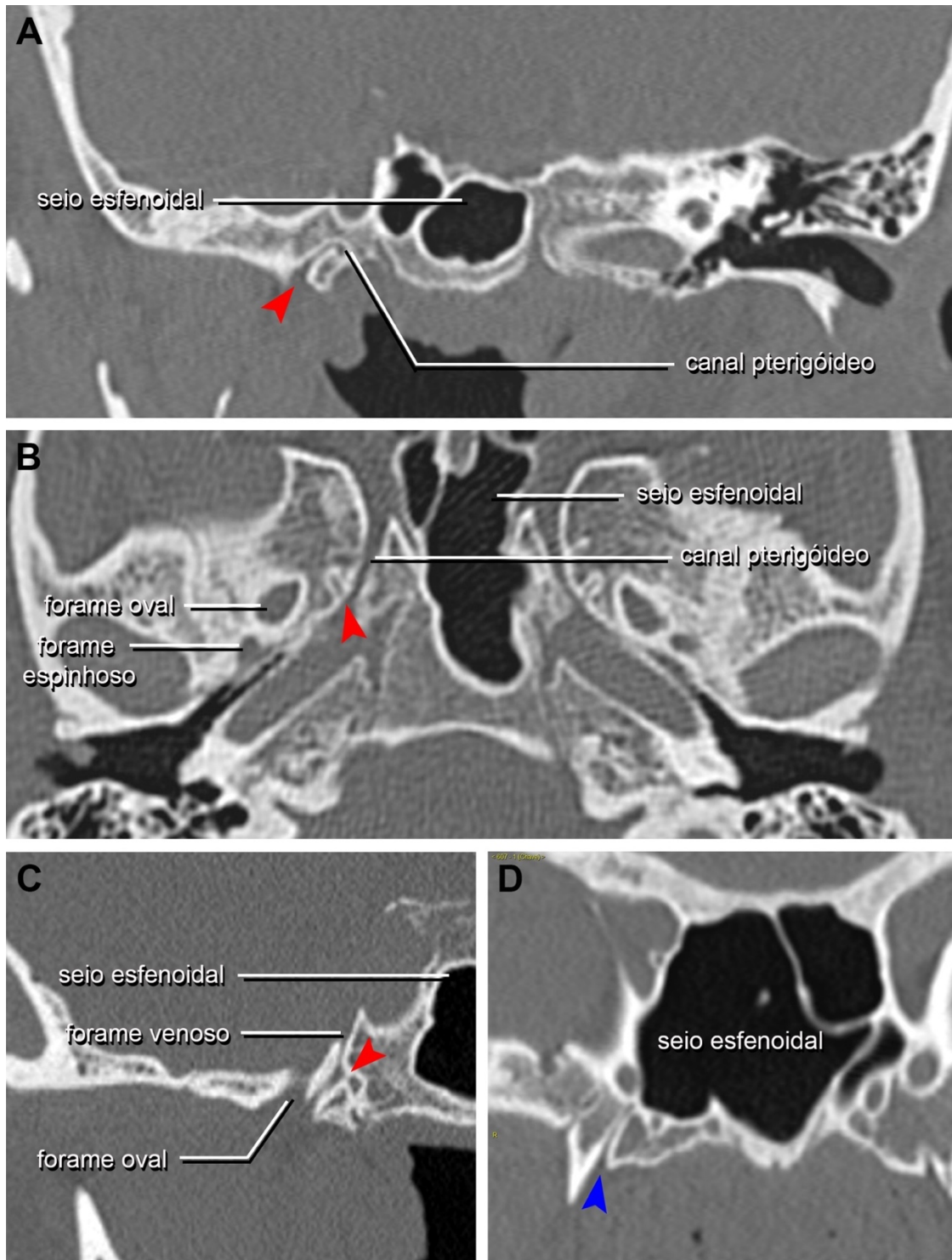
Figura 22 - Tomografias Computadorizadas apresentando o Forame Venoso



Fonte: Leonel (2019).

Legenda: A – F diferentes planos em imagens de TCs demonstrando a presença do forame venoso. Quando presente na fossa média do crânio o FV se encontra anteromedial aos forames oval e espinhoso, como um único forame ou mesmo duplicado (B, D e E – cabeça de seta preta) se comunicando com a superfície externa da base do crânio. Em E observe que o forame venoso é duplicado (cabeça de seta preta), sendo que um desses canais estabelece comunicação com o canal pterigóideo (cabeça de seta vermelha). A e B: plano axial; C – E: plano coronal; F: plano sagital.

Figura 23 - Variações no trajeto do forame venoso (não-patentes/cegos)



Fonte: Leonel (2019).

Legenda: A e B mostram em planos oblíquo e axial (respectivamente) o trajeto do canais cegos (cabeça de seta vermelha) semelhante à abertura do FV na superfície externa da base do crânio, os quais se comunicam com o canal pterigóideo. Em C observa-se um forame patente se comunicando com o canal pterigóideo (cabeça de seta vermelha). D mostra um dos casos em que o forame não patente foi encontrado (cabeça de seta azul).

4.3.2 ANÁLISE DO FORAME VENOSO EM CRÂNIOS SECOS

Como descrito anteriormente, os mesmo quatro grupos foram usados para descrever a prevalência do FV em crânios secos, os dados estão expressos na **Tabela 3** e **Figura 24**.

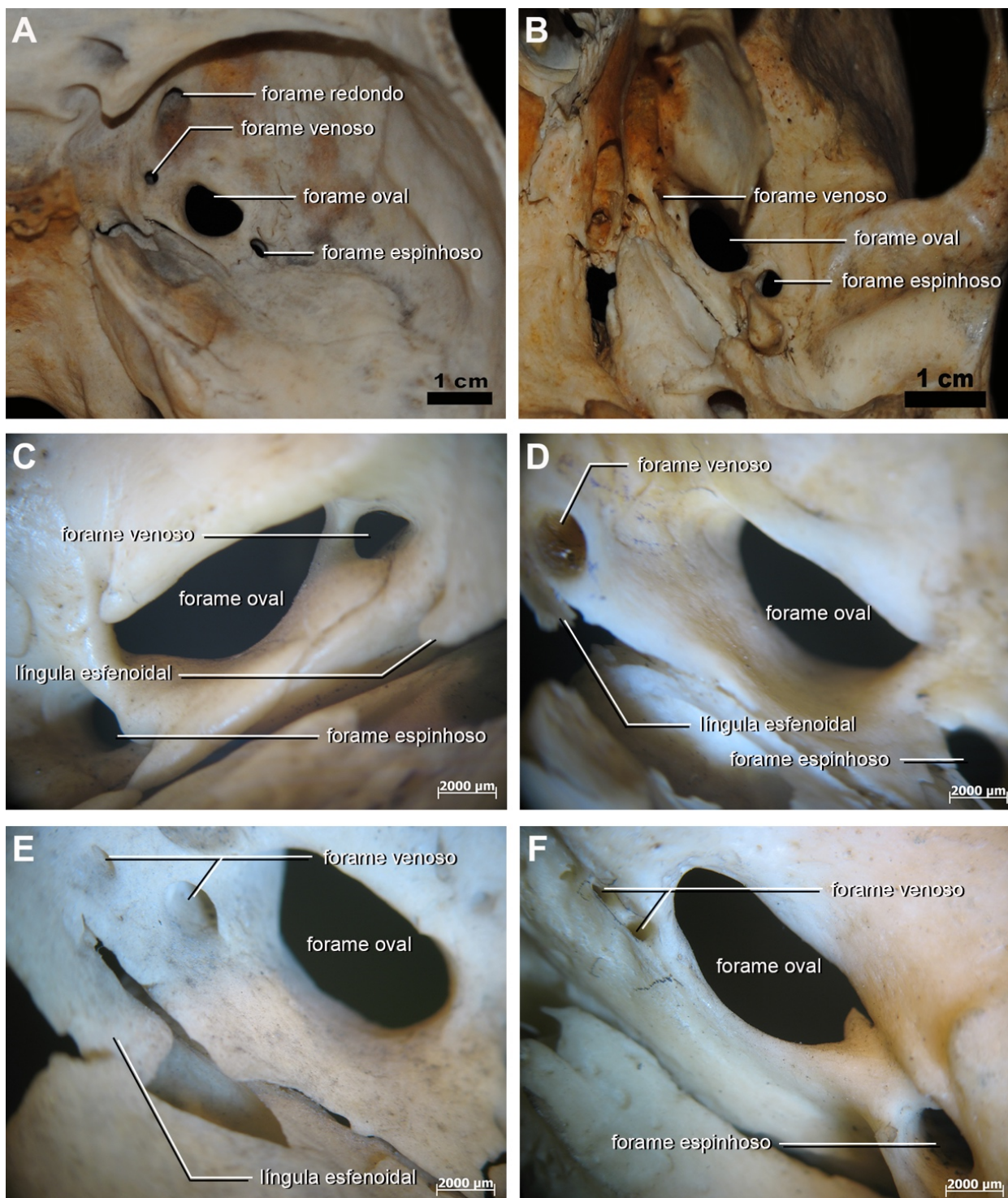
Considerando 170 crânios, o FV esteve ausente em 57 espécimes (33,5%), presente em 77 espécimes (45,2%), dos quais 32 casos (18,8%) bilateralmente e em 45 casos (26,4%) unilateral. O FV duplicado foi encontrado em 9 casos (5,29%) – 6 casos no antímero direito e 3 no antímero esquerdo).

Tabela 3: Análise quantitativa da prevalência do FV em crânios secos

PREVALÊNCIA DO FORAME VENOSO (Crânios secos)			
Grupos	Prevalência		
I (ausente)	57 (33,5%)		
II (bilateral)	32 (18,8%)		
III (unilateral)	45 (26,4%)	Antímero esquerdo	25 (14,7%)
		Antímero direito	20 (11,7%)
IV (cego)	36 (21,1%)	Bilateral	20 (11,7%)
		Antímero esquerdo	12 (7%)
		Antímero direito	4 (2,3%)
TOTAL	170 crânios secos (100%)		

Fonte: Leonel (2019)

Figura 24 - Prevalência do forame venoso em crânios secos



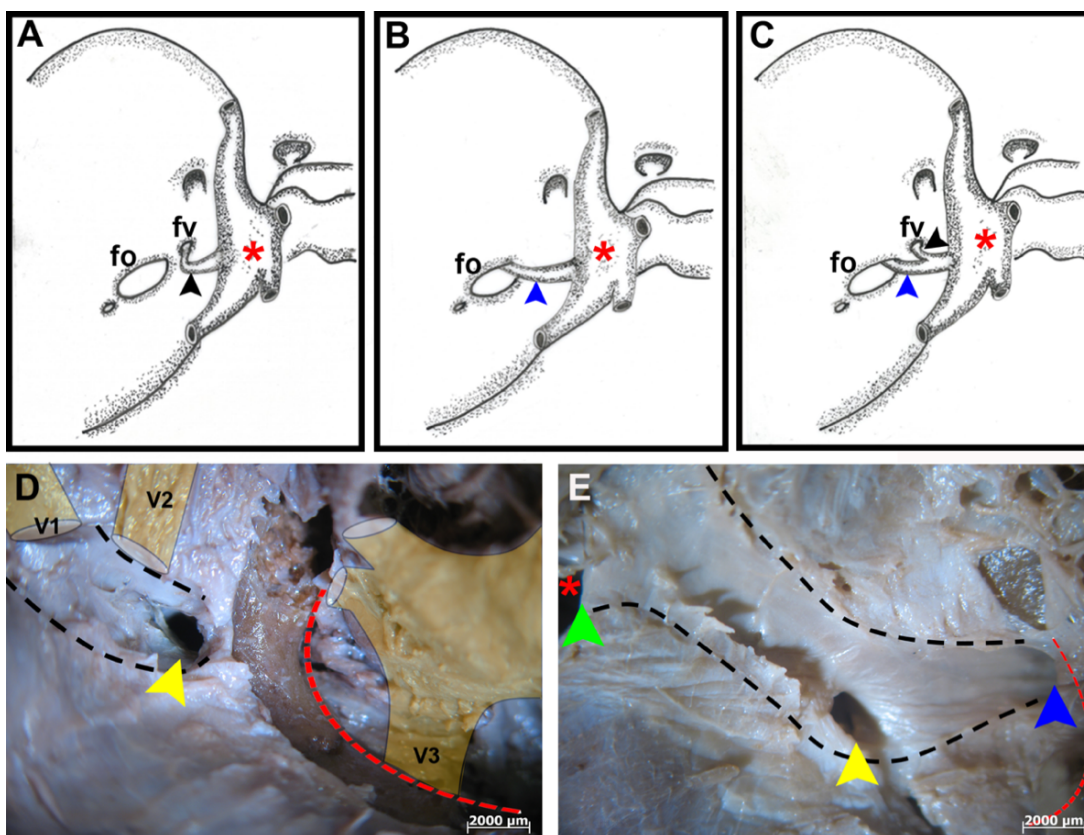
Fonte: Leonel (2019).

Legenda: A e B crânios mostrando o forame venoso na fossa média do crânio e superfície externa da base do crânio (respectivamente). C e D mostram casos em que o FV está localizado próximo à margem medial do forame oval, ou mesmo em um plano mais superior próximo à língula esfenoidal. Em E e F crânios com o forame venoso duplicado na fossa média do crânio e sua superfície externa (respectivamente).

4.3.3 ANÁLISE MACROSCÓPICA: DISSECÇÃO EM CADÁVERES

Considerando 50 espécimes analisadas bilateralmente (100 antímeros), o canal venoso que atravessava o FV para estabelecer comunicação entre o seio cavernoso e o plexo pterigóideo foi observado em 10 antímeros (10%) em 7 espécimes (3 bilateral e 4 unilateral). Em três deles (1 caso bilateral e 2 casos unilaterais) essa comunicação com o plexo pterigóideo foi encontrada pelo FV (através da VEE), assim como pelo forame oval. Nestes casos, antes de adentrar o forame oval, este canal emitia um ramo em direção ao FV, garantindo duas rotas distintas para a drenagem sanguínea (**Figura 25**).

Figura 25 - Aspectos macroscópicos e topográficos do forame venoso e seu conteúdo



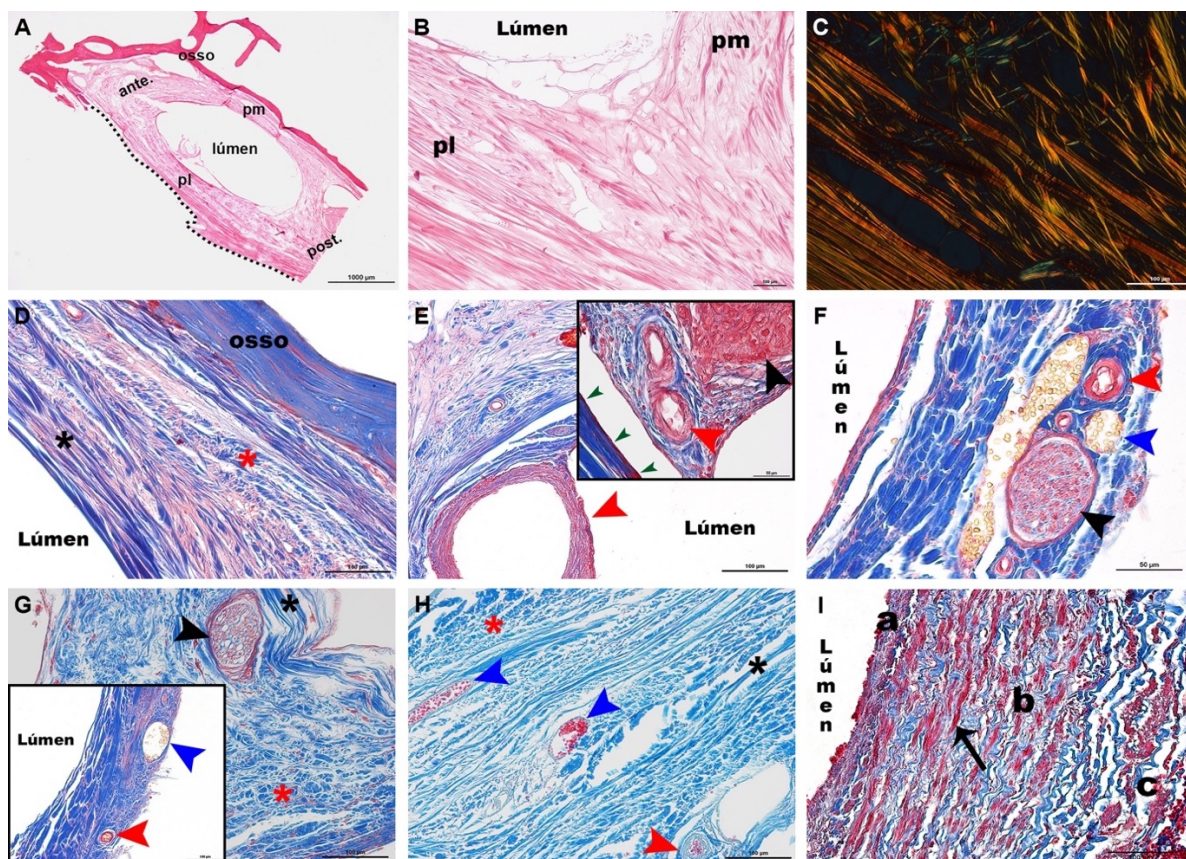
Fonte: Leonel (2019).

Legenda: A – C esquemas representando as variações no sistema de drenagem do seio cavernoso para o plexo pterigóideo encontrados neste estudo. Cabeça de seta preta – canal venoso dentro do FV; cabeça de seta azul – SEFO; asterisco vermelho – seio cavernoso; fo – forame oval; fv – forame venoso. Em D dissecção e lateralização do nervo trigêmeo esquerdo (sombreado amarelo) mostrando o trajeto da VEE (tracejado preto) dentro do FV (cabeça de seta amarela) em contato com a margem medial do forame oval (tracejado vermelho). V1 – nervo oftálmico; V2 – nervo maxilar. E mostra o canal venoso entre o seio cavernoso (asterisco vermelho) e o plexo pterigóideo através do forame oval (cabeça de seta azul) e FV (cabeça de seta amarela). cabeça de seta verde – língula esfenoidal; tracejado vermelho – margem lateral do forame oval.

4.3.4 ANÁLISES HISTOLÓGICAS

Três amostras da VEE foram usadas para as análises histológicas. As camadas histológicas das paredes medial e lateral foram compostas basicamente por camadas de fibras colágenas dispostas nos planos transversal e longitudinal, sendo que entre elas foram encontrados componentes neurovasculares. Em 3 casos (um unilateral e dois bilaterais), a artéria meníngea acessória foi encontrada no lúmen da VEE (**Figura 26**).

Figura 26 - Aspectos microscópicos da veia emissária esfenoidal



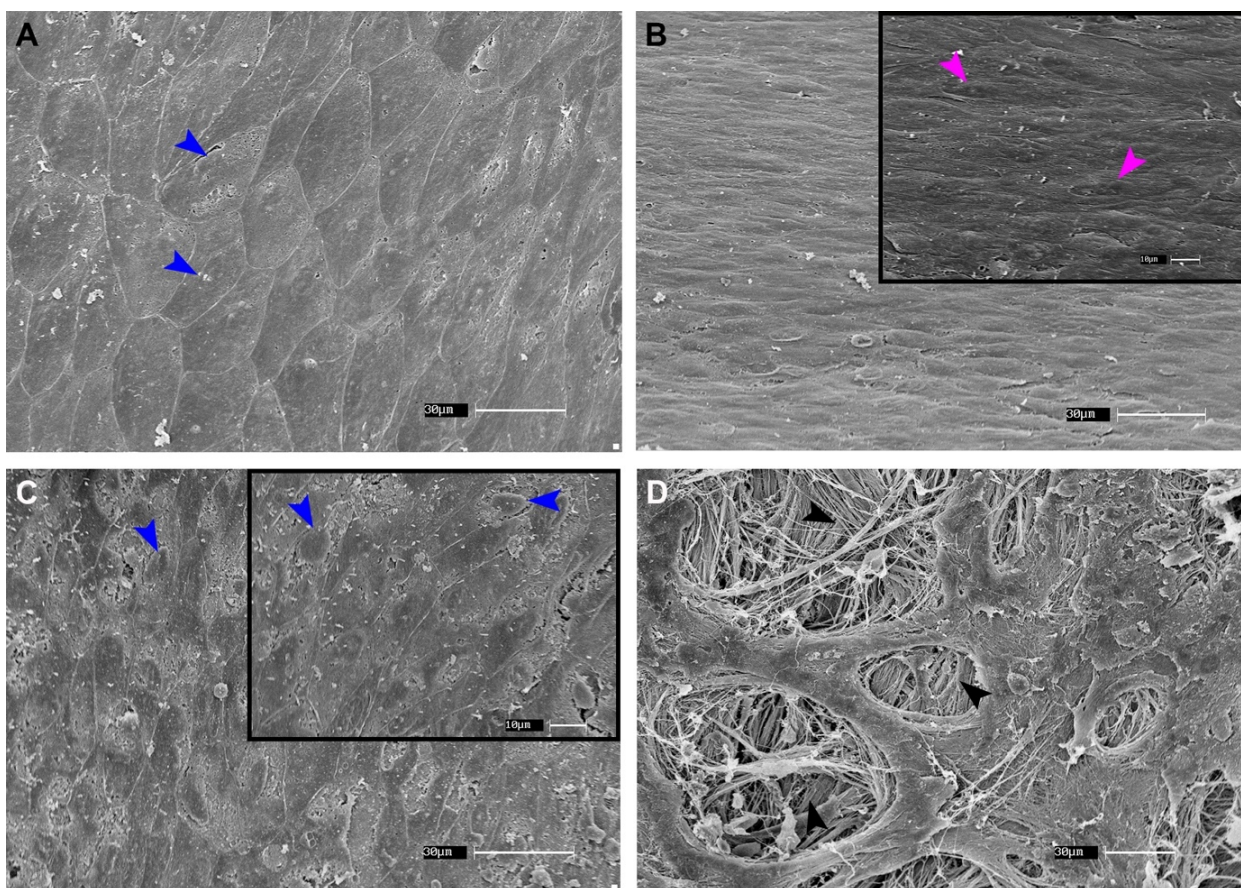
Fonte: Leonel (2019).

Legenda: Em **A** e **B** aspectos histológicos gerais. A parede medial (**pm**) da VEE se relacionava com a margem medial do FV e a lateral (**pl**) com a margem medial do forame oval (tracejado preto). Em **C** organização das fibras colágenas da parede da VEE. **D – F** mostram que suas paredes foram compostas por fibras colágenas dispostas longitudinal (asterisco vermelho) e transversalmente (asterisco preto). Pequenos ramos nervosos, arteríolas e vênulas (cabeças de setas preta, vermelha e azul, respectivamente) foram encontrados dentro deste canal venoso (**E**, cabeça de seta verde – endotélio) e entre as fibras colágenas de sua parede (**F**). O SEFO (**G**) e o seio sagital superior (**H**) apresentaram estrutura semelhante àquela encontrada nas veias no interior do FV. A clássica divisão em três camadas encontrada na veia safena magna (**I**), não foi observada, assim como ausência de fibras musculares (seta preta). **a** – túnica íntima; **b** – túnica média; **c** – túnica externa. **A** e **B** – coloração de Hematoxilina-Eosina; **C** – coloração picrossirius sob luz polarizada; **D – I** – coloração de Tricrômio de Masson.

4.3.5 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

O endotélio da VEE foi composto por células que, embora mais alongadas, ainda assim apresentaram características semelhantes às encontradas no endotélio do seio sagital superior, com células apresentando formato losangular, nítida divisão entre si e núcleos celulares arredondados. Diferentemente das células endoteliais da veia safena magna, que exibiu um padrão de células fusiformes e com núcleo protuso. Na camada subendotelial, foram observados feixes de fibras colágenas distribuídas em diferentes direções (**Figura 27**).

Figura 27 - Aspectos ultraestruturais da veia emissária esfenoidal



Fonte: Leonel (2019).

Legenda: Em **A** endotélio do seio sagital superior apresentando células com formato losangular e núcleo arredondado (cabeça de seta azul) e clara divisão entre elas, diferentemente do endotélio da veia safena magna (**B**) a qual apresentou células fusiformes, alongadas e com núcleos centralizados (cabeça de seta rosa). A superfície do endotélio da VEE (**C**) apresentou características já descritas no seio sagital superior e sua camada subendotelial. Em **D** é possível elucidar a composição de fibras colágenas (cabeça de seta preta).

4.4 DISCUSSÃO

Na literatura a que se teve acesso, este trabalho é o primeiro a descrever o forame venoso (FV) considerando sua prevalência não só em tomografias computadorizadas (TCs), mas também em crânios secos e espécimes fixadas em formol. Além disso, nenhum trabalho relaciona a descrição da veia emissária esfenoideal (VEE) (de Vesalius) levando em consideração sua topografia, rotas de drenagem, assim como análises histológicas e ultraestruturais.

A localização do FV dentro do osso esfenoide descrito primeiramente por Vesalius (VESALIUS, 1543), foi ao longo dos anos precisamente estabelecida (SHAPIRO; ROBINSON, 1967; LANZIERI et al., 1988; CHAISUKSUNT et al., 2012) devido a sua importância como um dos forames emissários do crânio (WYSOCKI et al., 2006). A prevalência, conteúdos e dimensões dos forames do crânio (EDWARDS et al., 2018a; b; NATSIS et al., 2018b) possuem relevância clínica quando se considera os seus aspectos e características anatômicas e cirúrgicas (SHARMA; GARUD, 2011; LAZARUS; NAIDOO; SATYAPAL, 2015; TOLEDO JUNIOR et al., 2016).

O FV é um inconstante forame e o conhecimento de suas características e prevalência é importante durante procedimentos percutâneos, principalmente àqueles para o tratamento da neuralgia trigeminal (SHINOHARA et al., 2010; AVILES-SOLIS et al., 2011; OZER; GOVSA, 2014; ZDILLA et al., 2014), e durante procedimentos odontológicos (como por exemplo, bloqueio do nervo alveolar superior posterior) (ALVES; DEANA, 2016).

Punções acidentais podem ocorrer no FV e/ou forame oval, os quais são circundados por estruturas vasculares (KAPLAN et al., 2007). Punções iatrogênicas têm sido reportadas por diversos autores que observaram hematomas (MARTÍNEZ et al., 2007; ZDILLA et al., 2014), hemorragias intracranianas (SHINOHARA et al., 2010) e trombozes no seio cavernoso causada por origens odontológicas (ALVES; DEANA, 2016). Chaisuksunt (2012) e Prakash et al. (2015), enfatizam que quanto maior o diâmetro do FV, menor a distância entre ele e o forame oval, dessa forma, sua presença deve ser considerada de modo a evitar intervenções iatrogênicas.

A presença do FV patente em 46,8% das 1.000 tomografias analisadas no

presente estudo (maior amostragem até então, conforme mostrado na **Tabela 4**), é semelhante com 47,5% descrito por Kim e Kim (1995) e próximo a 54,6% encontrado por Kim et al. (1997), em contraste com os valores encontrados por Lanzieri et al. (1988) e Ginsberg et al. (1994) que descreveram sua presença em 62,96% e 79,5% das imagens analisadas respectivamente. É válido ressaltar que, ao contrário dos estudos mencionados anteriormente, os quais usaram imagens com cortes mais espessos que 1mm, neste estudo a espessura estabelecida foi de 0,6mm de aquisição, dessa forma, mais preciso.

Os `canais cegos` localizados somente na superfície externa da base do crânio estabelecendo relações com diferentes estruturas anatômicas (por exemplo, o canal pterigóideo e seio esfenoidal), provavelmente carregam pequenas veias e artérias responsáveis pela drenagem e suprimento sanguíneo para tais regiões. Além disso, apesar do canal pterigóideo estar geralmente localizado no assoalho do osso esfenóide carregando nervos através da fossa pterigopalatina (DANIELS et al., 1998; BIDARKOTIMATH; VIVEKA; UDYAVAR, 2012; CHEN; XIAO, 2015; AÇAR et al., 2017), seu trajeto pode apresentar diversas variações (YAZAR et al., 2007; BIDARKOTIMATH; VIVEKA; UDYAVAR, 2012), dessa forma, esta variabilidade assim como a pneumatização do seio esfenoidal afeta suas relações topográficas com outros forames e fissuras da base do crânio (VESCAN et al., 2007).

Considerando a avaliação do FV em crânios secos as informações em relação a sua prevalência são ainda mais divergentes, variando entre 5% (LAZARUS; NAIDOO; SATYAPAL, 2015) e 60% (RAVAL; SINGH; RAJGURU, 2015) dos casos (**Tabela 4**). No presente estudo, corroborando com os resultados encontrados nas TCs, o FV esteve presente em 45,2% dos casos, semelhante ao descrito anteriormente por Prakash et al. (2015), Natsis et al. (2018a) e Toledo Junior (2016) (**Tabela 4**).

Em relação às diferenças na prevalência do FV entre as análises em TCs e crânios secos, acreditamos que uma vez que esse forame apresenta trajeto oblíquo (AVILES-SOLIS et al., 2011) e seu diâmetro varia entre 0,08mm (SHINOHARA et al., 2010) e 0,3mm (BERGE; BERGMAN, 2001) em alguns casos a agulha usada para avaliar sua patência pode não ter sido capaz de atravessar completamente o forame. É válido mencionar que tanto a prevalência total quanto a dominância lateral devem ser

correlacionadas com variações anatômicas entre os espécimes avaliados, uma vez que variantes como idade, etnia e gênero não foram considerados no presente estudo.

Apesar de haver diferenças na prevalência do FV, os autores concordam em dizer que uma vez que o forame esteja presente, seu principal conteúdo é uma veia emissária a qual conecta o plexo pterigóideo com o seio cavernoso (ZAMBONI et al., 2009; SHARMA; GARUD, 2011; NATSIS et al., 2018a). As veias emissárias conectam os seios da dura-máter e as veias meníngeas como o sistema venoso extracraniano (BOYD, 1930; GUPTA, N; RAY; GHOSH, 2005; RAY; GUPTA; GHOSE, 2005), e representam uma resposta adaptativa ao bipedalismo humano de modo a estabelecer rotas mais eficientes de drenagem sanguínea para o meio extracraniano (FALK, 1986).

O seio cavernoso e suas comunicações com o plexo pterigóideo e as veias facial, angular e oftálmica não apresentam valvas, o que pode predispor uma possível rota bidirecional de disseminação de infecções e trombos (YUN; HWANG; LUI, 1991; BHATIA; JONES, 2002; ALVES; DEANA, 2016). Tal fato é em geral associado com infecções provenientes dos seios maxilar e etmoidal, nasofaringe, palato e face (CALCATERRA; CHERNEY; HANAFEE, 1973) causando inclusive trombose do seio cavernoso.

Os principais microorganismos causadores de trombozes do seio cavernoso incluem tanto bactérias quanto fungos. Os mais descritos atualmente são os *Staphylococcus aureus* resistente à metacilina (SARM), seguido por patógenos anaeróbios, algumas espécies de *Streptococcus* (*S. pneumoniae* e *S. aureus*), bactérias gram-negativas e *Aspergillus fumigatus* (para infecções causadas por fungos) (DESA; GREEN, 2012; WEERASINGHE; LUECK, 2016). O FV e o canal venoso que o atravessa têm sido associados com a disseminação de infecções do espaço extracraniano para dentro da cavidade do crânio (PAVLOVICH; LOOI; ROOTMAN, 2006; PARASKEVAS; NITSA; KOUTSOUFLIANIOTIS, 2015).

A veia emissária esfenoidal (VEE), também descrita como veia de Vesalius é considerada diretamente dependente da presença (WOOD-JONES, 1931; HENDERSON, 1966) ou ausência (SHINOHARA et al., 2010) do FV, sendo que Prakash et al. (2015) e Shapiro e Robinson (1967) descreveram que o forame oval é uma rota alternativa para tal veia quando o FV é ausente. Em um estudo recente (LEONEL; DE SOUSA; LIBERTI, 2018) nosso grupo verificou que o canal venoso entre o seio cavernoso

e o plexo pterigóideo que atravessa o forame oval não se trata de uma veia emissária, mas sim um seio da dura-máter o qual foi denominado `seio emissário do forame oval (SEFO)`, sendo que, tal estrutura foi sempre constante nas dissecções e sua presença não dependia da existência do FV.

Somado a isso, apesar da VEE ser classificada como uma das veias emissárias do crânio, as análises histológicas e ultraestruturais não confirmam a clássica estrutura venosa composta por três camadas histológicas bem distintas (HERNÁNDEZ-MORERA et al., 2017; ZHANG et al., 2017). A organização estrutural das paredes da VEE foi semelhante ao observado nos seios da dura-máter, em que feixes de fibras colágenas estão organizadas em diferentes direções (KNOTT, 1881), como descrito para o SEFO (LEONEL; DE SOUSA; LIBERTI, 2018).

De Andrade (2012) destacam a relevância clínica das veias emissárias na base do crânio durante tratamentos de fístulas arteriovenosas localizadas no seio cavernoso. Após diversas falhas no acesso do seio cavernoso através dos seios petroso superior e intercavernosos (anterior e posterior), veia facial e plexo pterigóideo, os autores decidiram usar a veia emissária localizada internamente ao forame oval. Com isso, a cateterização pôde ser realizada seguida da embolização e oclusão da fístula arteriovenosa. Além disso, segundo os autores o FV e sua veia emissária podem ser interpretados equivocadamente e comprometer a realização do procedimento de forma eficaz e segura. Urdaneta-Moncada et al. (2013) corroboram com as afirmações anteriores uma vez que confirmam que as veias emissárias da base do crânio podem ser rotas seguras e eficazes em procedimentos usando cateterização para o tratamento de fístulas arteriovenosas do seio cavernoso.

O conhecimento da prevalência e características anatômicas do FV e VEE são de grande importância quando se considera patologias da base do crânio e tais aspectos podem ser detectados usando imagens de tomografias computadorizadas. A presença de tais estruturas podem explicar anatomicamente a disseminação de patógenos em direção ao seio cavernoso e ao cavo de Meckel e devem ser levadas em consideração durante procedimentos na fossa média do crânio, como procedimentos percutâneos, odontológicos e de tratamento de fístulas arteriovenosas durais.

Tabela 4 Estudos anteriores descrevendo a prevalência do FV em diferentes tipos de amostragem

Autores	Amostragem	Total	Distribuição bilateral	Distribuição Unilateral	
				Direito	Esquerdo
Boyd (1930)	1500 crânios	36,5%	14,7%	10,6%	11,2%
Wohua; Li; Kequand (1982)	100 crânios (200 lados)	42,5%	28%	45%	40%
Lanzieri et al. (1988)	50 TCs	68%	---	---	---
Inoue et al. (1990)	25 crânios (50 lados)	20%	14%	6%	
Berlis; Putz; Schumacher (1992)	60 TCs	36%	15%	25%	35%
Ginsberg et al. (1994)	123 TCs	79,5%	48,7%	30,8%	
Kim; Kim (1995)	305 TCs	47,5%	26,2%	10,2%	11,1%
Kim et al. (1997)	163 TCs	54,6%	20,9%	33,7%	
Berge; Bergman (2001)	100 crânios	59%	35%	24%	
Keskil; Gözil; Calgüner (2003)	200 crânios	8,5%	---	---	---
Kocaoğullar et al. (2003)	14 cadáveres / 12 crânios	30%	---	---	---
Gupta; Ray; Ghosh (2005)	35 crânios (70 lados)	42,85 %	22,85%	20%	
Reymond; Charuta; Wysocki (2005)	100 crânios	17%	5%	7%	5%
Wysocki et al. (2006)	100 crânios	17%	---	---	---
Kale et al. (2009)	347 crânios	45%	25,1%	9,5%	10,4%
Rossi et al. (2010)	80 crânios	40%	13,75%	15,62%	11,25%
Shinohara et al. (2010)	400 crânios	33,75 %	15,5%	7,75%	10,5%
Aviles-solis et al. (2011)	25 crânios	20%	---	---	---
Sharma; Garud (2011)	50 crânios	62%	38%	8%	10%
Chaisuksunt et al. (2012)	377 crânios (754 lados)	16,1%	4,2%	3,7%	8,2%
Shaik et al. (2012)	125 crânios	40%	24%	16%	
Dogan et al. (2014)	44 crânios / 18 cadáveres	32,3%	8,06%	16,12%	
Gupta et al. (2014)	200 crânios	34%	14%	20%	
Ozer; Govsa (2014)	172 crânios	34,8%	9,3%	10,4%	15,1%
Murlimanju et al. (2015)	78 crânios	37,2%	16,7%	11,5%	8,9%
Prakash; Viveka; Prakash (2015)	22 crânios	40,9%	---	---	

Autores	Amostragem	Total	Distribuição bilateral	Distribuição Unilateral	
				Direito	Esquerdo
Lazarus; Naidoo; Satyapal (2015)	100 crânios	5%	---	---	---
Natsis et al. (2018a)	195 crânios	40%	21,5%	7%	11%
Raval; Singh; Rajguru (2015)	150 crânios	60%	32,2%	13,3%	22,2%
Jadhav; Ambali; Zambare (2016)	250 crânios	28,8%	11,2%	10%	7,6%
Toledo Junior et al. (2016)	84 crânios	41,6%	16,6%	30,9%	27,3%
Bayrak et al. (2018)	317 cone-beam TCs	28%	6,9%	53,7%	46,3%
Presente estudo	1000 TCS	46,8%	25,4%	11,8%	9,6%
Presente estudo	170 crânios	45,2%	18,8%	11,7%	14,7%
Presente estudo	50 cadáveres (100 lados)	14%	6%	4%	4%

Fonte: Leonel (2019).

4.5 CONCLUSÃO

O FV foi encontrado em aproximadamente 45% dos casos analisados, tanto em TCs quanto crânios secos e em 10% das espécimes dissecadas. A VEE apresenta características histológicas e ultraestruturais de seios da dura-máter e comunica o seio cavernoso com o plexo pterigóideo, o que lhe garante importância histopatológica e em abordagens terapêuticas.

REFERÊNCIAS

AÇAR, G.; ÇIÇEKÇİBAŞI, A. E.; ÇUKUROVA, İ.; ÖZEN, K. E.; ŞEKER, M.; GÜLER, İ. The anatomic analysis of the vidian canal and the surrounding structures concerning vidian neurectomy using computed tomography scans. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, v. 85, n. 2, p. 136-143, 2017.

ALVES, N.; DEANA, N. F. Cavernous sinus thrombosis of odontogenic origin. **International Journal of Clinical and Experimental Medicine**, v. 9, n. 3, p. 5301-5307, 2016.

AVILES-SOLIS, J. C.; OLVERA-BARRIOS, A.; DE LA GARZA CASTRO, O.; ELIZONDO-OMAÑA, R. E.; GUZMÁN-LÓPEZ, S. Prevalencia y Características Morfométricas del Foramen Venoso en Cráneos del Noreste de México. **International Journal of Morphology**, v. 29, n. 1, p. 158-163, 2011.

BAKST, R. L.; GLASTONBURY, C. M.; PARVATHANENI, U.; KATABI, N.; HU, K. S.; YOM, S. S. Perineural Invasion and Perineural Tumor Spread in Head and Neck Cancer. **International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics**, v. 103, n. 5, p. 1109-1124, 2019.

BAUMEL, J. J.; BEARD, D. Y. The accessory meningeal artery of man. **Journal of Anatomy**, v. 95, n. 3, p. 386-402, 1961.

BAYRAK, S.; KURŞUN-ÇAKMAK, E. Ş.; ATAKAN, C.; ORHAN, K. Anatomic Study on Sphenoidal Emissary Foramen by Using Cone-Beam Computed Tomography. **Journal of Craniofacial Surgery**, v. 29, n. 5, p. 1-3, 2018.

BERGE, J. K.; BERGMAN, R. A. Variations in size and in symmetry of foramina of the human skull. **Clinical Anatomy**, v. 14, n. 6, p. 406-413, 2001.

BERLIS, A.; PUTZ, R.; SCHUMACHER, M. Direct and CT measurements of canals and foramina of the skull base. **The British Journal of Radiology**, v. 65, n. 776, p. 653-661, 1992.

BHATIA, K.; JONES, N. Septic cavernous sinus thrombosis secondary to sinusitis: are anticoagulants indicated? A review of the literature. **The Journal of Laryngology & Otology**, v. 116, n. 9, p. 667-676, 2002.

BIDARKOTIMATH, S.; VIVEKA, S.; UDYAVAR, A. Vidian canal: radiological anatomy and functional relations. **Journal of Morphological Sciences**, v. 29, n. 1, p. 27-31, 2012.

BOYD, G. I. The Emissary Foramina of the Cranium in Man and the Anthropoids. **Journal of Anatomy**, v. 65, n. 1, p. 108-121, 1930.

CALCATERRA, T. C.; CHERNEY, E. F.; HANAFEE, W. F. Normal variations in size and neoplastic changes of skull foramina. **The Laryngoscope**, v. 83, n. 9, p. 1385-1397, 1973.

CHAISUKSUNT, V.; KWATHAI, L.; NAMONTA, K.; RUNGRUANG, T.; APINHASMIT, W.; CHOMPOOPONG, S. Occurrence of the Foramen of Vesalius and Its Morphometry Relevant to Clinical Consideration. **The Scientific World Journal**, v. 2012, p. 1-5, 2012.

CHEN, J.; XIAO, J. Morphological study of the pterygoid canal with high-resolution CT. **International Journal of Clinical and Experimental Medicine**, v. 8, n. 6, p. 9484-9490, 2015.

DANIELS, D. L.; MARK, L. P.; ULMER, J. L.; MAFEE, M. F.; MCDANIEL, J.; SHAH, N. C.; ERICKSON, S.; SETHER, L. A.; JARADEH, S. S. Osseous anatomy of the pterygopalatine fossa. **AJNR American Journal of Neuroradiology**, v. 19, n. 8, p. 1423-1432, 1998.

DE ANDRADE, G. C.; ALVES, H. P.; PARENTE, R.; SALVARANI, C. P.; CLÍMACO, V. M.; PEREIRA, E. R. Spontaneous Isolated Dural Arteriovenous Fistula of the Cavernous Sinus: Endovascular Approach via the Foramen Ovale. **Interventional Neuroradiology**, v. 18, n. 4, p. 458-462, 2012.

DESA, V.; GREEN, R. Cavernous Sinus Thrombosis: Current Therapy. **Journal of Oral and Maxillofacial Surgery**, v. 70, n. 9, p. 2085-2091, 2012.

DOGAN, U. N.; FAZLIOGULLARI, Z.; UYSAL, I. I.; SEKER, M.; KARABULUT, A. K. Anatomical Examination of the Foramina of the Middle Cranial Fossa. **International Journal of Morphology**, v. 32, n. 1, p. 43-48, 2014.

EDWARDS, B.; WANG, J. M.; IWANAGA, J.; LOUKAS, M.; TUBBS, R. S. Cranial Nerve Foramina Part I: A Review of the Anatomy and Pathology of Cranial Nerve Foramina of the Anterior and Middle Fossa. **Cureus**, v. 10, n. 2, p. e2172, 2018a.

EDWARDS, B.; WANG, J. M.; IWANAGA, J.; LOUKAS, M.; TUBBS, R. S. Cranial Nerve Foramina: Part II – A Review of the Anatomy and Pathology of Cranial Nerve Foramina of the Posterior Cranial Fossa. **Cureus**, v. 10, n. 4, p. e2500, 2018b.

FALK, D. Evolution of cranial blood drainage in hominids: Enlarged occipital/marginal sinuses and emissary foramina. **American Journal of Physical Anthropology**, v. 70, n. 3, p. 311-324, 1986.

GINSBERG, L. E.; PRUETT, S. W.; CHEN, M. Y.; ELSTER, A. D. Skull-base foramina of the middle cranial fossa: reassessment of normal variation with high-resolution CT. **American Journal of Neuroradiology**, v. 15, n. 2, p. 283-291, 1994.

GUPTA, N.; RAY, B.; GHOSH, S. Anatomic characteristics of foramen vesalius. **Kathmandu University Medical Journal**, v. 3, n. 2, p. 155-158, 2005.

GUPTA, N.; YADAV, D. A.; THOMAS, P. R. J.; SHRIVASTAVA, A. Incidence of Foramen Vesalium in Adult Human North Indian Crania. **IOSR Journal of Dental and Medical Sciences**, v. 13, n. 5, p. 34-38, 2014.

HAST, M. H.; GARRISON, D. H. Vesalius on the variability of the human skull: Book I Chapter V of *De humani corporis fabrica*. **Clinical Anatomy**, v. 13, n. 5, p. 311-320, 2000.

HENDERSON, W. R. A note on the relationship of the human maxillary nerve to the cavernous sinus and to an emissary sinus passing through the foramen ovale. **Journal of Anatomy**, v. 100, n. 4, p. 905-908, 1966.

HERNÁNDEZ-MORERA, P.; TRAVIESO-GONZÁLEZ, C. M.; CASTAÑO-GONZÁLEZ, I.; MOMPEÓ-CORREDERA, B.; ORTEGA-SANTANA, F. Segmentation of elastic fibres in images of vessel wall sections stained with Weigert's resorcin-fuchsin. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, v. 142, p. 43-54, 2017.

INOUE, T.; RHOTON, A. L.; THEELE, D.; BARRY, M. E. Surgical approaches to the cavernous sinus: a microsurgical study. **Neurosurgery**, v. 26, n. 6, p. 903-932, 1990.

JADHAV, S.; AMBALI, M.; ZAMBARE, B. Sphenoidal emissary foramen and its clinical consideration. **International Journal of Research in Medical Sciences**, v. 4, n. 7, p. 2926-2929, 2016.

JUNQUEIRA, L. C.; BIGNOLAS, G.; BRENTANI, R. R. Picrosirius staining plus polarization microscopy, a specific method for collagen detection in tissue sections. **The Histochemical Journal**, v. 11, n. 4, p. 447-455, 1979.

KALE, A.; AKSU, F.; OZTURK, A.; GURSES, I. A.; GAYRETLI, O.; ZEYBEK, F. G.; BAYRAKTAR, B.; ARI, Z.; ONDER, N. Foramen of vesalius. **Saudi Medical Journal**, v. 30, n. 1, p. 56-59, 2009.

KAPLAN, M.; EROL, F. S.; OZVEREN, M. F.; TOPSAKAL, C.; SAM, B.; TEKDEMIR, I. Review of complications due to foramen ovale puncture. **Journal of Clinical Neuroscience**, v. 14, n. 6, p. 563-568, 2007.

KESKIL, S.; GÖZIL, R.; CALGÜNER, E. Common surgical pitfalls in the skull. **Surgical Neurology**, v. 59, n. 3, p. 228-231, 2003.

KIM, H. S.; KIM, D. I. High resolution CT evaluation on the morphologic characteristics and variations of foramen ovale and adjacent foramina in the skull base. **Journal of the Korean Radiological Society**, v. 39, p. 43-48, 1995.

KIM, H. Y.; CHUNG, E. C.; SUH, J. S.; CHOI, H. Y.; KO, E. J.; LEE, M. S. Skull-Base Foramina of the Middle Cranial Fossa: Assessment of Normal Variation with High-Resolution CT. **Journal of the Korean Radiological Society**, v. 36, p. 747, 1997.

KNOTT, J. F. On the Cerebral Sinuses and their Variations. **Journal of anatomy and physiology**, v. 16, n. 1, p. 27-42, 1881.

KOCAOĞULLAR, Y.; AVCI, E.; FOSSETT, D.; CAPUTY, A. The Extradural Subtemporal Keyhole Approach to the Sphenocavernous Region: Anatomic Considerations. **Minimally Invasive Neurosurgery**, v. 46, n. 2, p. 100-105, 2003.

LAINE, F. J.; BRAUN, I. F.; JENSEN, M. E.; NADEL, L.; SOM, P. M. Perineural tumor extension through the foramen ovale: evaluation with MR imaging. **Radiology**, v. 174, n. 1, p. 65-71, 1990.

LANG, J. **Clinical Anatomy of the Head, Neurocranium, Orbit, and Craniocervical Region**. Berlin: Springer-Verlag, 1883

LANZIERI, C. F.; DUCHESNEAU, P. M.; ROSENBLOOM, S. A.; SMITH, A. S.; ROSENBAUM, A. E. The significance of asymmetry of the foramen of Vesalius. **American Journal of Neuroradiology**, v. 9, n. 6, p. 1201-1204, 1988.

LASJAUNLAS, P.; THÉRON, J. Radiographic Anatomy of the Accessory Meningeal Artery. **Radiology**, v. 121, n. 1, p. 99-104, 1976.

LAZARUS, L.; NAIDOO, N.; SATYAPAL, K. S. An Osteometric Evaluation of the Foramen Spinosum and Venosum. **International Journal of Morphology**, v. 33, n. 2, p. 452-458, 2015.

LEONEL, L. C. P. C.; DE SOUSA, S. D. G.; LIBERTI, E. A. Topographic and microscopic anatomical description of the emissary sinus of foramen ovale in adult humans. **Clinical Neurology and Neurosurgery**, v. 169, p. 77-85, 2018.

MARTÍNEZ, F.; TELIS, O.; LAZA, S.; QUEIROLO, M. F.; RODRÍGUEZ, J.; GRILLO, M. Anatomía topográfica del foramen oval con aplicación al tratamiento percutáneo de la neuralgia trigeminal. **Revista Mexicana de Neurociencia**, v. 8, n. 2, p. 104-109, 2007.

MURLIMANJU, B. V.; REDDY, G. R.; LATHA, V. P.; VASUDHA, V. S.; RAO, C. P.; MANGALA, M. P.; ASHWIN, K.; RAJANIGANDHA, V. Foramen of Vesalius: Prevalence, Morphology, Embryological Basis and Clinical Implications. **Journal of Surgical Academia**, v. 5, n. 1, p. 24-28, 2015.

NATSIKIS, K.; PIAGKOU, M.; REPOUSI, E.; TEGOS, T.; GKIOKA, A.; LOUKAS, M. The size of the foramen ovale regarding to the presence and absence of the emissary sphenoidal foramen: is there any relationship between them? **Folia morphologica**, v. 77, n. 1, p., 2018a.

NATSIKIS, K.; PIAGKOU, M.; LAZARIDIS, N.; TOTLIS, T.; ANASTASOPOULOS, N.; CONSTANTINIDIS, J. Incidence and morphometry of sellar bridges and related foramina in dry skulls: Their significance in middle cranial fossa surgery. **Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery**, v. 46, n. 4, p. 635-644, 2018b.

OZER, M. A.; GOVSA, F. Measurement accuracy of foramen of vesalius for safe percutaneous techniques using computer-assisted three-dimensional landmarks. **Surgical and Radiologic Anatomy**, v. 36, n. 2, p. 147-154, 2014.

PARASKEVAS, G.; NITSA, Z.; KOUTSOUFLIANIOTIS, K. Bilateral Osseous Interclinoid Bridges Associated with Foramina of Vesalius: A Case Report. **Journal of Clinical and Diagnostic Research**, v. 9, n. 7, p. AD03-AD04, 2015.

PAVLOVICH, P.; LOOI, A.; ROOTMAN, J. Septic thrombosis of the cavernous sinus: two different mechanisms. **Orbit**, v. 25, n. 1, p. 39-43, 2006.

PRAKASH, K. G.; VIVEKA, S.; PRAKASH, G. K. Morphometry and variations of foramen Vesalius: significance in surgical approach to mandibular nerve. **International Journal of Anatomy and Research**, v. 3, n. 4, p. 1737-1740, 2015.

RAVAL, B. B.; SINGH, P. R.; RAJGURU, J. A morphologic and morphometric study of foramen vesalius in dry adult human skulls of gujarat region. **Journal of Clinical and Diagnostic Research**, v. 9, n. 2, p. AC04-AC07, 2015.

RAY, B.; GUPTA, N.; GHOSE, S. Anatomic variations of foramen ovale. **Kathmandu University medical journal (KUMJ)**, v. 3, n., p. 64-68, 2005.

REYMOND, J.; CHARUTA, A.; WYSOCKI, J. The morphology and morphometry of the foramina of the greater wing of the human sphenoid bone. **Folia Morphologica**, v. 64, n. 3, p. 188-193, 2005.

ROSSI, A. C.; FREIRE, A. R.; PRADO, F. B.; CARIA, P. H. F.; BOTACIN, P. R. U. Morphological characteristics of foramen of Vesalius and its relationship with clinical implications. **Journal of Morphological Sciences**, v. 27, n. 1, p. 26-29, 2010.

SHAIK, H. S.; SHEPUR, M. P.; DESAI, S. D.; MAAVISHETTAR, G. F.; S., H. Study of foramen vesalius in South Indian skulls. **Indian Journal of Medicine and Healthcare**, v. 1, n. 1, p., 2012.

SHAPIRO, R.; ROBINSON, F. The foramina of the middle fossa: a phylogenetic, anatomic and pathologic study. **The American journal of Roentgenology, Radium Therapy, and Nuclear Medicine**, v. 101, n. 4, p. 779-794, 1967.

SHARMA, N. A.; GARUD, R. S. Morphometric evaluation and a report on the aberrations of the foramina in the intermediate region of the human cranial base: A study of an Indian population. **European Journal of Anatomy**, v. 15, n. 3, p. 140-149, 2011.

SHINOHARA, A. L.; DE SOUZA MELO, C. G.; SILVEIRA, E. M. V.; LAURIS, J. R. P.; ANDREO, J. C.; DE CASTRO RODRIGUES, A. Incidence, morphology and morphometry of the foramen of Vesalius: complementary study for a safer planning and execution of

the trigeminal rhizotomy technique. **Surgical and Radiologic Anatomy**, v. 32, n. 2, p. 159-164, 2010.

SIMÕES, S. **Contribuição ao estudo do sistema venoso da área peritrigeminal: seio emissário do forame oval**. Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1971. 91 p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ANATOMIA. **Terminologia Anatômica: terminologia anatômica internacional**. Editora Manole Ltda.: São Paulo, 2001. 248 p.

TOLEDO JUNIOR, J. S.; SILVA DE LIMA, M.; MOREIRA CORREIA, M.; RODRIGUES COUTINHO, R.; MAGALHÃES TORRES, D. D. F. Foramen Venosum: Prevalence, Patency and Correlation with Cephalic Index. **International Journal of Morphology**, v. 34, n. 4, p. 1328-1332, 2016.

URDANETA-MONCADA, A.; FENG, L.; CHEN, J. Occlusion of a clival dural arteriovenous fistula using a novel approach through the foramen ovale. **Neuroimaging**, v. 5, n. 6, p. 1-5, 2013.

VESALIUS, A. **Fabrica**, 1543. 52 p. (Book 1)

VESCAN, A. D.; SNYDERMAN, C. H.; CARRAU, R. L.; MINTZ, A.; GARDNER, P.; BRANSTETTER, B.; KASSAM, A. B. Vidian Canal: Analysis and Relationship to the Internal Carotid Artery. **The Laryngoscope**, v. 117, p. 1338-1342, 2007.

WEERASINGHE, D.; LUECK, J. C. Septic cavernous sinus thrombosis: case report and review of the literature. **Neuro-ophthalmology**, v. 40, n. 6, p. 263-276, 2016.

WOHUA, Z.; LI, A.; KEQUAND, H. Studies on the symmetry of foramen ovale, foramen spinosum, and foramen of Vesalius on external basal surface of the middle cranial fossa. **Acta Anatomica Sinica**, v. 1, p., 1982.

WOOD-JONES, F. The Non-metrical Morphological Characters of the Skull as Criteria for Racial Diagnosis: Part I: General Discussion of the Morphological Characters Employed in Racial Diagnosis. **Journal of Anatomy**, v. 65, n. 2, p. 179-195, 1931.

WYSOCKI, J.; REYMOND, J.; SKARZYŃSKI, H.; WRÓBEL, B. The size of selected human skull foramina in relation to skull capacity. **Folia Morphologica**, v. 65, n. 4, p. 301-308, 2006.

YAZAR, F.; CANKAL, F.; HAHOLU, A.; KILIÇ, C.; TEKDEMİR, I. CT evaluation of the vidian canal localization. **Clinical Anatomy**, v. 20, p. 751-754, 2007.

YUN, M. W.; HWANG, C. F.; LUI, C. C. Cavernous sinus thrombosis following odontogenic and cervicofacial infection. **European Archives of Oto-Rhino-Laryngology**, v. 248, n. 7, p. 422-424, 1991.

ZAMBONI, P.; CONSORTI, G.; GALEOTTI, R.; GIANESINI, S.; MENEGATTI, E.; TACCONI, G.; CARINCI, F. Venous collateral circulation of the extracranial cerebrospinal outflow routes. **Current Neurovascular Research**, v. 6, n. 3, p. 204-212, 2009.

ZDILLA, M.; CYRUS, L.; LASLO, J.; LAMBERT, H. Bilateral Duplication of the Sphenoidal Emissary Foramen: A Case Report with Implications for Surgeries using Transovale Cannulation. **Anatomy & Physiology**, v. 4, n. 4, p. 1-3, 2014.

ZHANG, B.-B.; ZHOU, Y.-J.; DU, J.; YANG, S.-W.; WANG, Z.-J.; SHEN, H.; ZHOU, Z.-M. Comparison of very-high-frequency ultrasound assessment of radial arterial wall layers after first and repeated transradial coronary procedures. **Journal of Geriatric Cardiology**, v. 14, n. 4, p. 245-253, 2017.

5 (IV ARTIGO) FUNDAMENTOS DE NEUROANATOMIA AVANÇADA: DIRETRIZES TÉCNICAS PARA PREPARAÇÃO, DISSECÇÃO E FOTODOCUMENTAÇÃO 3D DE ESPÉCIMES EM UM LABORATÓRIO DE ANATOMIA CIRÚRGICA¹

RESUMO

Objetivo: Fornecer uma atualização referente aos importantes trabalhos do Professor Albert L. Rhoton Jr., MD, com atenção especial para as orientações não publicadas oriundas da tradição do compartilhamento oral entre os seus *fellows*, levando em consideração os avanços tecnológicos como a endoscopia e a técnica de fotodocumentação por *High Dynamic Range* (HDR), assim como as melhorias por nós desenvolvidas de modo a otimizar a eficiência do estudo neuroanatômico. **Material e Métodos:** Dois espécimes (cabeças) fixados em formaldeído foram injetados com látex colorido para demonstrar o passo-a-passo da preparação dos espécimes para a dissecação microscópica ou endoscópica. Um cérebro fixado com formaldeído foi utilizado para demonstrar as técnicas de fotodocumentação 3D. **Resultados:** As principais etapas da preparação dos espécimes incluem a canulação e a fixação dos vasos, a lavagem como água da torneira e sua drenagem, a injeção dos vasos com material apropriado e látex colorido seguido do armazenamento em álcool 70%. As demais melhorias para fotodocumentação incluíram o uso de tecidos secos na cor preta e materiais de coberturas, adequação das imagens considerando o posicionamento e iluminação dos espécimes, técnica de captura de imagens estereoscópicas com uma única câmera, ênfase na retirada de três imagens com tempos diferentes de exposição à luz para `cada olho` de modo a ser usado no processamento final com HDR. Os instrumentais e materiais recomendados, assim como as nuances técnicas foram enfatizados ao longo

¹Trabalho desenvolvido no `Northeast Professor Rhoton Surgical Anatomy Laboratory` localizado no *Department of Neuroscience and Experimental Therapeutics*, Albany Medical Center, Albany, Nova Iorque – EUA, sob supervisão de Maria Peris-Celda, MD, PhD. Aceito para publicação em 28/05/19.

LEONEL, L. C. P. C.; CARLSTROM, L. P.; GRAFFEO, C. S.; PERRY, A.; PINHEIRO-NETO, C. D.; SORENSON, J.; LINK, M. J.; PERIS-CELDA, M. Foundations of Advanced Neuroanatomy: Technical Guidelines for Specimen Preparation, Dissection, and 3D-photodocumentation in a Surgical Anatomy Laboratory. *Journal of Neurological Surgery Part B: Skull Base*, 2019. Em impressão.

do texto. As vantagens e limitações dos principais sistemas de projeção 3D foram comparadas e avaliadas, considerando o tamanho do público e as recomendações específicas para cada um deles. **Conclusão:** Descrevemos o procedimento anteriormente já consolidado e o passo-a-passo para neuroanatomia avançada, incluindo preparação de espécimes, dissecação e fotodocumentação 3D, complementada por percepções inéditas oriundas da experiência de *fellows* do Professor Rhoton, assim como lições aprendidas em nossos laboratórios ao longo dos anos, de tal forma que a técnica e modelo proposta pelo Professor Rhoton possa ser realizada, reproduzida e ampliada para laboratórios de neuroanatomia cirúrgica em todo o mundo.

Palavras-chave: Base do crânio; endoscopia; imagem; fotografia tridimensional; dissecação; anatomia; neuroanatomia; educação

ABSTRACT

Objective: To provide a key update to the seminal works of Professor Albert L. Rhoton Jr, MD, with particular attention to previously unpublished insights from the oral tradition of his fellows, recent technological advances including endoscopy and high dynamic range (HDR) photodocumentation, and local improvements in technique we have developed to optimize efficient neuroanatomic study. **Methods:** Two formaldehyde-fixed cadaveric heads were injected with colored latex to demonstrate step-by-step specimen preparation for microscopic or endoscopic dissection. One formaldehyde-fixed brain was utilized to demonstrate optimal 3D photodocumentation techniques. **Results:** Key steps of specimen preparation include vessel cannulation and securing, serial tap water flushing, specimen drainage, vessel injection with optimized and color-augmented latex material, and storage in 70% ethanol. Optimizations for photodocumentation included the incorporation of dry black drop cloth and covering materials, an imaging-oriented approach to specimen positioning and illumination, and single-camera stereoscopic capture techniques, emphasizing the 3-exposure-times-per-eye approach to generating images for HDR postprocessing. Recommended tools, materials, and technical nuances were emphasized throughout. Relative advantages and limitations of major 3D projection systems were comparatively assessed, with sensitivity to audience size and purpose specific recommendations. **Conclusion:** We describe the first consolidated, step-by-step

approach to advanced neuroanatomy, including specimen preparation, dissection, and 3D photodocumentation, supplemented by previously unpublished insights from the Rhoton fellowship experience and lessons learned in our laboratories in the past years such that Professor Rhoton's model can be realized, reproduced, and expanded upon in surgical neuroanatomy laboratories worldwide.

Keywords: Skull base; endoscopy; imaging; three-dimensional photography; dissection; anatomy; neuroanatomy; education

5.1 INTRODUÇÃO

O estudo anatômico é um dos principais pilares do ensino e prática cirúrgica, garantindo o conhecimento e compreensão necessários para que cirurgiões realizem procedimentos os quais, parafraseando a fala do `Dr. Albert L. Rhoton Jr.`, são “precisos, gentis e seguros”. Embora a anatomia seja um componente de longa data dos currículos de residência médica cirúrgica, o papel do ensino anatômico direcionado e de alta complexidade se torna mais importante do que nunca, principalmente com as mudanças nas horas de trabalho, as práticas burocráticas e encargos administrativos aos quais os alunos e residentes estão sujeitos.

Na neurocirurgia moderna, o Professor Rhoton foi um dos primeiros e mais importantes criadores do estudo neuroanatômico formal, e as disseções primorosamente detalhadas produzidas sob sua orientação e documentadas em imagens com qualidade profissional permanecem insuperáveis em inovação, precisão e valor educacional (FERNANDEZ-MIRANDA, 2016a; MATSUSHIMA, 2016; ROBERTSON, 2016a; b; SORENSON, 2016; TIMURKAYNAK, 2016; TONG, 2016; WEN; DE OLIVEIRA, 2016). Embora o Professor Rhoton e seus colaboradores publicassem inúmeros artigos detalhando os principais aspectos relacionados a preparação de espécimes, disseção e fotodocumentação 3D, com o passar dos anos a tecnologia disponível foi rapidamente aprimorada desde a publicação de seus trabalhos. Com isso, várias técnicas utilizadas foram também melhoradas conforme a vivência dentro do laboratório (RIBAS; BENTO; RODRIGUES, 2001; SHIMIZU et al., 2006; MARTINS et al., 2015; MARTINS et al., 2018).

Além disso, a tradição de se compartilhar oralmente entre os seus *fellows* as orientações e lições aprendidas dentro do laboratório fez com que inúmeras técnicas permanecessem sem publicação após a morte do Prof. Rhoton, resultando em uma fonte de conhecimento que desapareceu - particularmente considerando que menos de 120 *fellows* foram treinados diretamente pelo professor na Universidade da Flórida (FERNANDEZ-MIRANDA, 2016b; MATSUSHIMA et al., 2018). Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi fornecer uma atualização crítica de tais técnicas, levando em consideração o avanço tecnológico, detalhes de processamento ainda não publicados, as técnicas inéditas e aprimoradas aprendidas em nosso laboratório, dissecação endoscópica, fotodocumentação e processamento final dos espécimes.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

Dois espécimes anatômicos (cabeças) fixados com formaldeído e um cérebro foram utilizados para descrever a preparação, injeção vascular, técnicas de dissecação e técnica de fotodocumentação em 3D. Os espécimes foram recebidos após processo padrão de técnicas para conservação de cadáveres usando formaldeído. O procedimento original de conservação utilizado na Universidade da Flórida é descrito na **Tabela 5**. Após o processo de conservação, as cabeças foram isoladas por meio de uma secção transversal passando pelo nível médio-cervical do pescoço. Antes da preparação dos vasos, os espécimes foram imersos em álcool 70% por ≥ 3 dias, de modo a garantir melhor fixação tecidual.

Tabela 5 – Processo de fixação de cadáveres realizado no laboratório do Prof. Rhoton na Universidade da Flórida

	DESCRIÇÃO
1	Secção e canulação da artéria carótida (sua parte superior deve ser obstruída);
2	Duas perfusões em direção aos pés com 2 litros de formaldeído 37% + 10 litros de água. A veia jugular deve ser mantida aberta para a drenagem da solução injetada*;
3	Uma perfusão com 3 litros da solução A (Fenol 40%, álcool 40%, 17% de formaldeído a 37%, 3% de maquat 50 – antifúngico) + 9 litros de água + 200ml de glicerina*;
4	Separar o espécime (cabeça) do corpo;
5	Uma perfusão através de ambas artérias carótidas com 1 litro da solução A + 11 litros de água. As artérias vertebrais e a artéria carótida contralateral deve ser obstruída;
6	Armazenar o espécime em baldes contendo álcool 70% por no mínimo 3 dias para melhorar a fixação dos tecidos.

* para fixação dos tecidos cerebrais as etapas 2-m3 pode ser perfundida em direção a cabeça pela da artéria carótida.

Fonte: Leonel (2019)

5.3 RESULTADOS

5.3.1 ETAPAS PARA PREPARAÇÃO DOS ESPÉCIMES

5.3.1.1 Canulação dos vasos

As artérias vertebrais (AV), carótidas comuns (ACC) e veias jugulares internas (VJI) precisam ser cuidadosamente dissecadas e canuladas com cânulas de aço de calibre correspondente ao diâmetro de seu lúmen. Para garantir a fixação das cânulas dentro dos vasos é utilizado fio de sutura seda 3-0 e pinça para fixação arterial contendo três orifícios (para as ACC e VJI) ou pinças hemostáticas (AV), caso necessário (**Figura 28, Suplemento 1A e 1B**).

5.3.1.2 Lavagem dos vasos

A lavagem interna dos vasos sanguíneos com água auxilia na eliminação do sangue residual que se encontra dentro dos vasos. Os espécimes são posicionados de cabeça para baixo dentro da pia e com seringas de 60mL é feita a lavagem com aproximadamente 500 ml de água para cada vaso canulado. A lavagem é repetida três vezes ao dia por um período de três dias. Os espécimes podem ser mantidos dentro da pia e cobertos com toalhas úmidas entre uma lavagem e outra, mas devem ser mantidas em álcool 70% no período noturno.

Durante as lavagens é importante observar pequenos vazamentos oriundos de vasos menores da cabeça e pescoço, em geral ramos musculares da artéria carótida externa (ACE) ou AV, os mesmos devem ser ocluídos com uma pinça hemostática ou suturados. A lavagem é considerada bem sucedida quando se observa o retorno da água injetada livre de coágulos no final do terceiro dia.

5.3.1.3 Injeção com látex colorido

A injeção com látex de modo eficaz exige drenagem total da solução residual dos vasos proveniente das lavagens com água, para isso os espécimes são armazenados em posição vertical dentro de um balde vazio por 24 horas após a última lavagem e anterior ao procedimento de injeção do látex solúvel em água. Durante a injeção, é feita a cobertura e proteção da pele do espécime reduzindo a sua coloração indesejada.

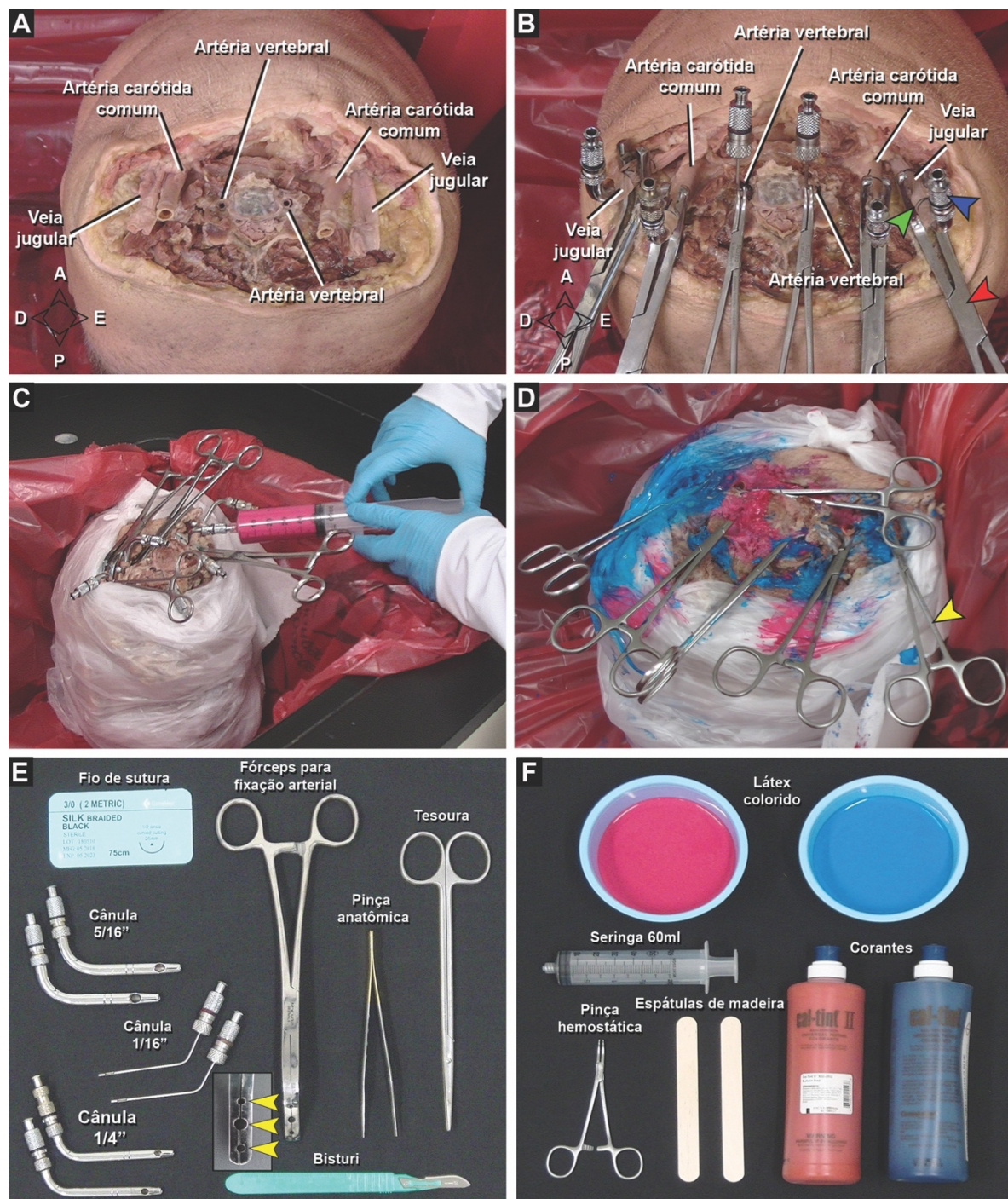
A mistura de látex colorido é preparado dentro de pequenos recipientes - vermelho para as artérias e azul para as veias – caso necessário a adição de algum corante comercial para garantir tons mais fortes de coloração pode ser utilizado (**Figura 28, Suplemento 1C**). A mistura deve ser preparada lentamente e evitando a formação de bolhas de ar. Após a preparação do látex, a injeção manual é realizada com seringas de 60mL, primeiramente pelas ACCs, seguidas das AVs e finalmente pelas VJIs em proporções de aproximadamente 40ml, 20ml e 100ml por vaso, respectivamente.

A injeção é realizada cuidadosamente sob pressão constante de leve a moderada e sempre limpando qualquer vazamento da solução na musculatura, tecidos moles, espaço epidural cervical ou pequenos vasos cervicais – este último, controlado com o uso de pinças hemostáticas. A injeção começa pela ACC direita, com todas as demais cânulas abertas prosseguindo até o extravasamento do látex vermelho na ACC contralateral. Caso esse extravasamento seja visível primeiramente nas cânulas inseridas nas AVs, as mesmas devem ser ocluídas com uma seringa vazia. A ACC direita é mantida ocluída e o mesmo processo é repetido para a ACC esquerda, uma vez que os pequenos vasos distais ainda precisarão de quantidade adicional de látex. Procedimento semelhante é realizado nas AVs bilateralmente, neste caso a perfusão deve ser feita até que pressão e volume adequados sejam alcançados em todas as injeções.

Usando seringas limpas, o látex azul é injetado nas VJIs utilizando a mesma metodologia descrita para as ACCs. Após a injeção, as cânulas são retiradas de dentro dos vasos e os mesmos são ocluídos com pinças hemostáticas, o espécime é colocado em posição invertida e coberto com toalhas úmidas dentro de um balde vazio, por período de 48 horas para a secagem completa do látex. Quando solidificado o látex se torna firme

e não mancha ao ser tocado, caso haja preocupação com a secagem, outro período de espera de 24 a 48 horas pode ser adequado. Com o látex completamente solidificado, o espécime deve ser armazenado imerso em álcool 70% sempre que não estiver sendo dissecado.

Figura 28 - Canulação, lavagem e injeção de látex dos espécimes



Fonte: Leonel (2019).

Legenda: **A** – Os vasos são isolados antes da canulação (artérias vertebrais e carótidas comuns, veias jugulares internas). **B** – Os vasos com cânulas de aço (cabeça de seta azul) são mantidos com auxílio de suturas (cabeça de seta verde) e um fórceps para fixação arterial (cabeça de seta vermelha) para a perfusão com látex (**C**). De modo a evitar o extravasamento de látex durante a perfusão, pinças hemostáticas (cabeça de seta amarela) foram usadas para obstruir os vasos após a finalização da injeção (**D**). **E** e **F** – Materiais necessários para canulação, lavagem (**E**) e perfusão do látex (**F**) nos espécimes. **A** – anterior, **P** – posterior, **E** – esquerdo, **D** – direito.

5.3.2 DISSECÇÃO

Os espécimes são dissecados em uma superfície bem iluminada e em posição ergonomicamente favorável. Para evitar a ressecamento do espécime, as regiões não dissecadas devem ser cobertas e protegidas com toalhas úmidas, enquanto o local da dissecção deve ser periodicamente umedecido com frascos de spray contendo álcool 70%. Tanto a microdissecção como a dissecção endoscópica possuem um conjunto completo de instrumentos cirúrgicos específicos para ambas as técnicas, incluindo fontes apropriadas de iluminação e aumento, brocas manuais de alta velocidade, dissecadores, tesouras e braçadeiras (**Suplemento 1A**).

5.3.3 FOTODOCUMENTAÇÃO 3D

5.3.3.1 Aspectos gerais da técnica

Após a dissecção e antes da fotodocumentação, o local em que a foto será tirada é cuidadosamente organizado e um tecido preto seco e limpo posicionado sob o espécime. O posicionamento ideal para a fotografia depende majoritariamente do enquadramento da imagem e iluminação, e não deve se restringir por convenções técnicas. As regiões do espécime as quais estão fora do local de interesse para fotografia devem ser cobertas com tecido preto e o espécime deve ser periodicamente umedecido com álcool 70% usando um spray de modo a manter sua aparência "brilhante", no entanto sem causar reflexo ou grandes gotículas de água.

O equipamento fotográfico (câmera, flash e placa deslizante) é montado e posicionado sob um tripé com as pernas estendidas de modo uniforme. A câmera é posicionada paralela ao chão em um plano horizontal, de forma que a placa deslizante possa ser facilmente manuseada sem alterações na angulação e estabilidade e evitando contato direto com o tecido ou instrumentação (**Figura 29, Suplemento 1D**). É de suma importância certificar de que a câmera esteja completamente posicionada horizontalmente e que não haja deslocamento vertical entre as imagens direita e

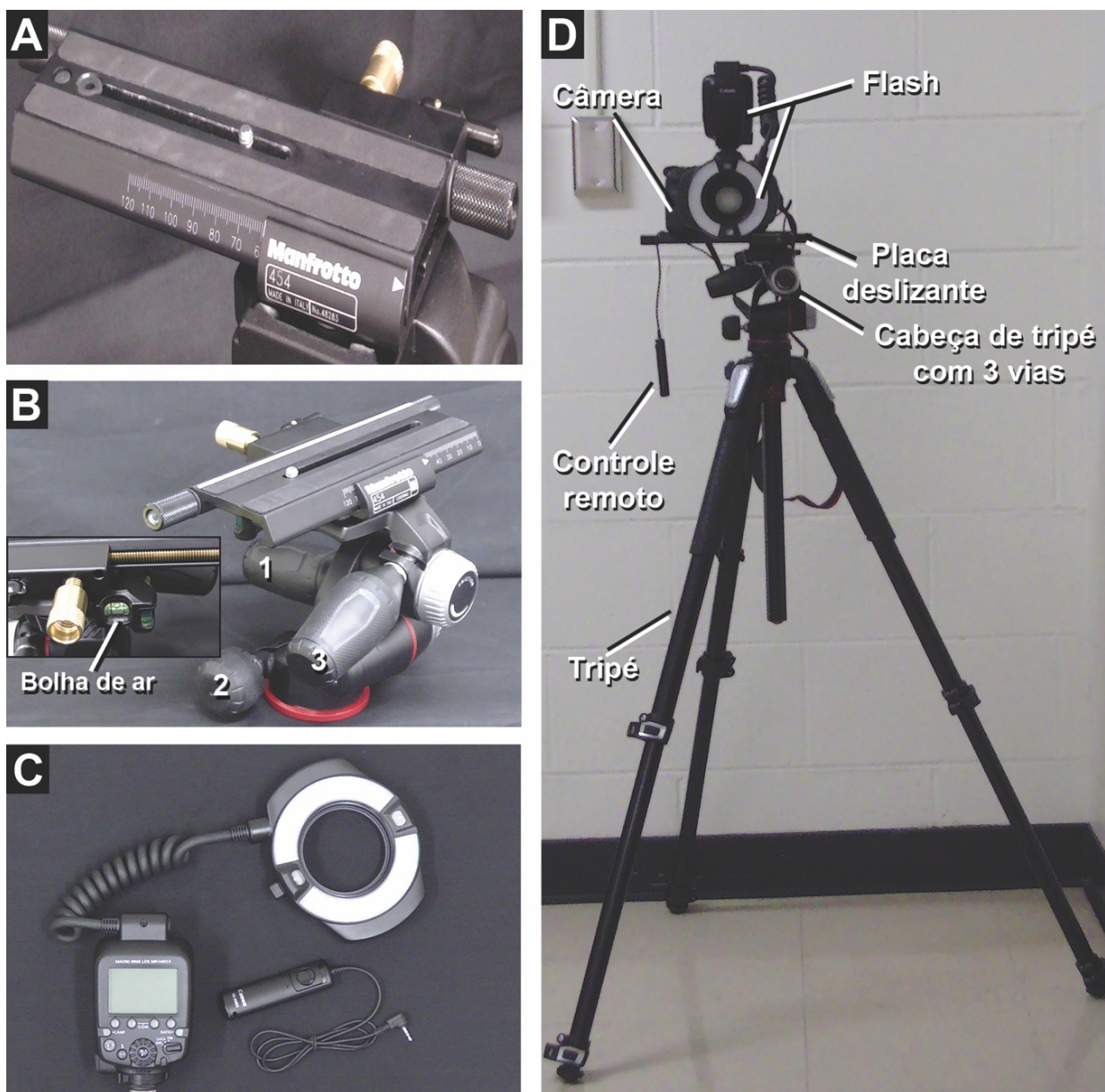
esquerda. Por convenção, a primeira imagem é fotografada com a câmera posicionada na margem mais à direita da placa deslizante (a qual representa a visão do “olho direito”).

Deve-se tomar cuidado para centralizar a imagem em um ponto de referência facilmente identificável, uma vez que imagens 3D de alta qualidade são dependentes do perfeito alinhamento do ponto central de cada imagem fotografada. Assim que a imagem direita é feita, a placa deslizante é usada para deslocar a câmera para a esquerda, até que o ponto de foco da imagem anterior esteja na borda direita do visor ou antes desse ponto (para fotos muito distantes). Por fim, a câmera é rotacionada trazendo o ponto de foco de volta ao centro do visor, e a imagem que representa o “olho esquerdo” é fotografada (**Figura 30**).

As configurações necessárias da câmera fotográfica devem incluir a captura simultânea das imagens nos formatos JPEG (*Joint Photographic Experts Group*) e RAW, adquiridas no modo manual usando a sensibilidade da imagem ISO-100, abertura do diafragma F-32, balanceamento e foco automático. O tempo de exposição (velocidade do obturador) é variável e em geral depende da dissecação realizada e das restrições de iluminação. Sem iluminação adicional (por exemplo, a luz do flash), os campos superficiais são capturados de maneira eficaz entre 1-2 segundos, o que pode ser reduzido se a iluminação ambiente ou adicional for robusta ou aumentada para 6-8 segundos, a fim de obter imagens de regiões com maior profundidade e mal iluminadas (as quais podem necessitar de outras fontes de iluminação mais intensas e focalizadas).

As imagens HDR (*High Dynamic Range*) finais são geradas a partir da fusão de três imagens por “olho”, tais imagens são idênticas em todos os parâmetros, exceto pela velocidade do obturador que é modificada para fornecer fotos como alta, média e baixa exposição à luz (1/4, 1, 4 segundos, respectivamente). As velocidades variam de acordo com o contexto, no entanto as três velocidades selecionadas para uma determinada foto (seja a da visão direita ou esquerda) devem ser repetidas com os mesmos valores para o seu par de fotos correspondente, resultando assim em um total de seis imagens: três fotos do `olho direito` e três do olho `esquerdo`, cada um com a mesma velocidade do obturador.

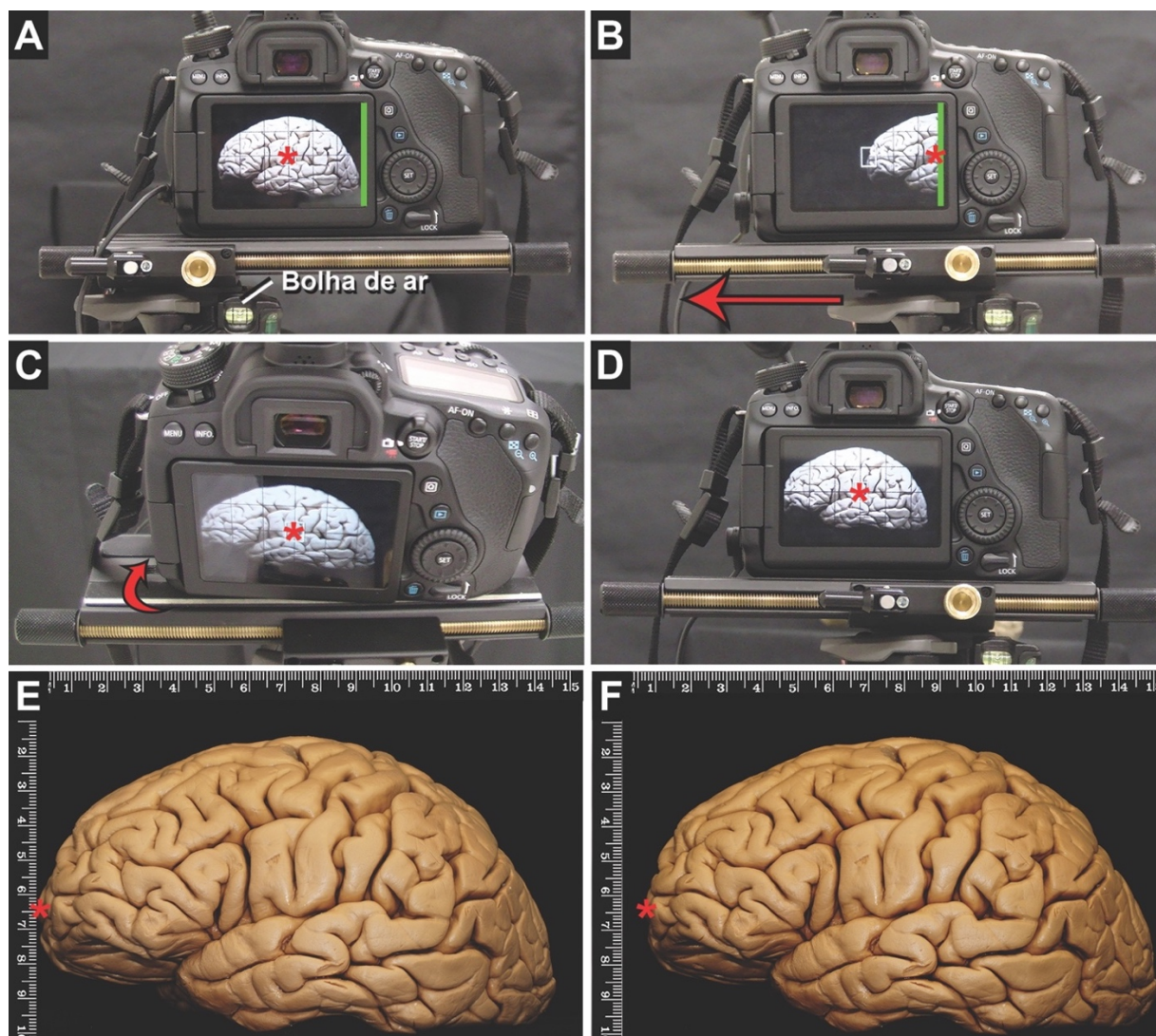
Figura 29 - Equipamento para fotodocumentação 3D



Fonte: Leonel (2019).

Legenda: **A** – Vista anterior da placa deslizante completamente direcionada para a direita indicando a posição necessária para a primeira foto (visão do olho direito). **B** – Cabeça de tripé com 3 vias mostrando três diferentes ângulos (1, 2 e 3) para posicionar a câmera em diferentes ângulos antes da fotodocumentação 3D. Observe a bolha de ar que indica o posicionamento horizontal da câmera paralela ao chão. **C** – Flash e controle remoto. **D** – equipamento montado.

Figura 30 - Técnica para fotodocumentação 3D de imagens macroscópicas



Fonte: Leonel (2019).

Legenda: O princípio básico é tirar uma foto que representa a visão de cada olho com o mesmo ponto de foco. Todas as fotos foram tiradas com lente de 100mm modificando a distância entre a câmera e o espécime para obter fotos próximas ou distantes. **A** – a placa deslizante precisa estar paralela ao chão com a bolha de ar centralizada na cabeça do tripé e totalmente posicionada para o lado direito. O centro da tela é a referência para ambas fotos (asterisco vermelho). A margem da tela da câmera é destacada pela linha verde. A primeira foto representa a visão do olho direito. **B** – depois de tirar a primeira foto, a placa deslizante é movida para a esquerda (seta vermelha) até que a margem direita da tela da câmera (linha verde) esteja localizada no ponto de foco da foto anterior (asterisco vermelho), ou ainda, metade desta distância. Cálculos complexos têm sido descritos para descrever o deslocamento necessário entre as duas fotos de modo a obter o par de imagens estereoscópicas ideal, considerando a distância da câmera em relação ao objeto. No entanto, o método descrito aqui tem se mostrado muito eficiente na obtenção de imagens 3D para disseções anatômicas. **C** – para a segunda foto (representando a visão esquerda), a câmera deve ser levemente rotacionada para a direita (seta vermelha) até que o ponto de foco da foto anterior seja o mesmo para a segunda foto a ser tirada (asterisco vermelho). Com ambas as fotos tiradas apresentando o mesmo ponto de foco, obtem-se as imagens estereoscópicas. **D** – Foto representando a visão esquerda. **E** – observe nesta foto que o asterisco vermelho está mais próximo da régua vertical do que observado em **F** (visão direita), assim, ambas imagens são ligeiramente diferentes.

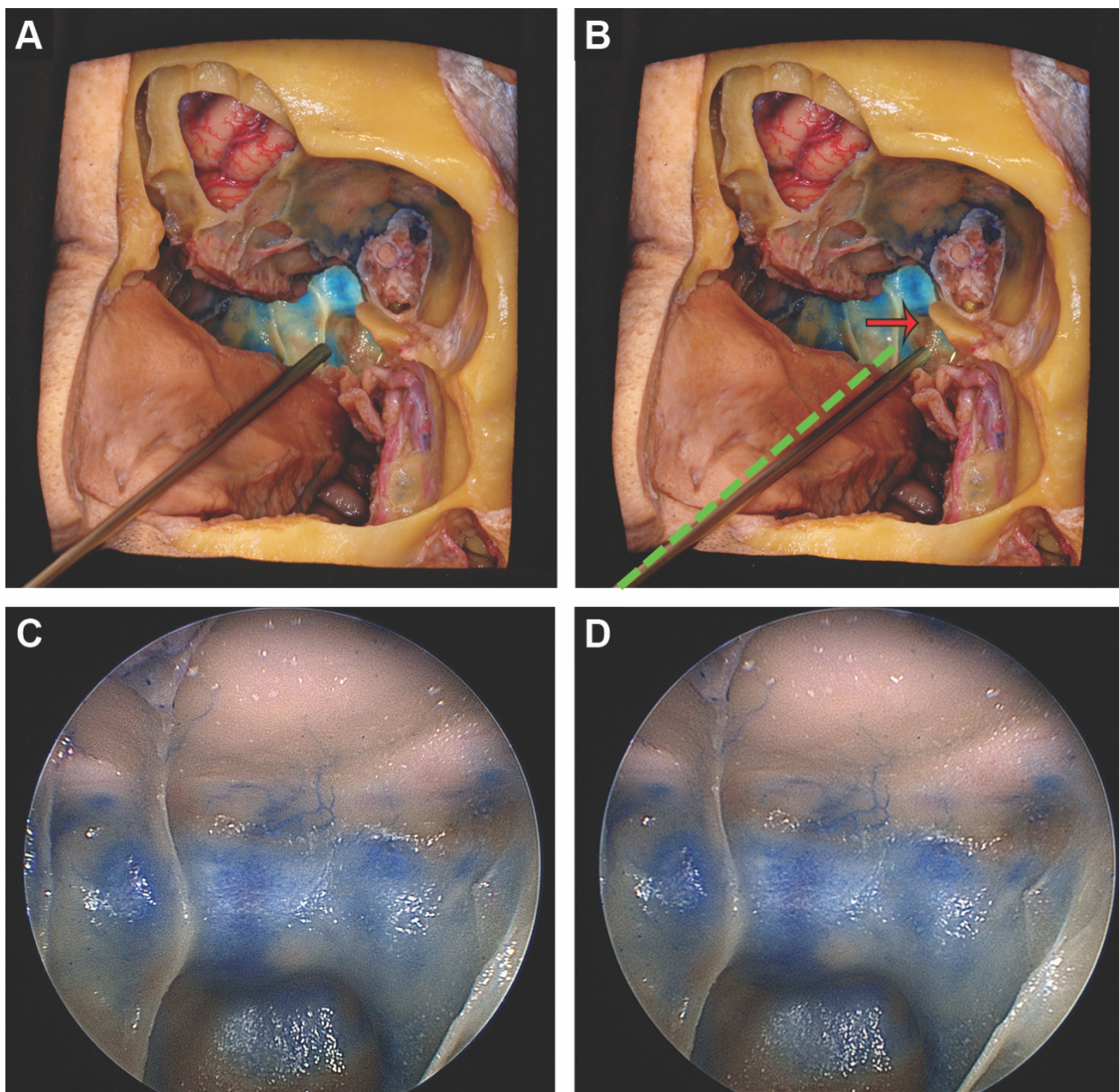
5.3.3.2 Considerações endoscópicas

As imagens endoscópicas são adquiridas usando um endoscópio de 0° grau e sistema de registro. Como o endoscópio não possui um tripé, um ponto mecânico de apoio deve ser estabelecido, como por exemplo para fotos endoscópicas da cavidade nasal, a narina pode fornecer suporte necessário para a rotação do endoscópio, permitindo que as imagens da esquerda/direita possam ser tiradas no plano horizontal apropriado (deslocamento entre 2-3mm), mantendo o ponto central fixo e evitando deslocamento vertical (**Figura 31**). O deslocamento vertical deve ser evitado uma vez que as imagens precisam ser completamente paralelas de modo a garantir a melhor visualização em 3D.

5.3.3.3 Processamento final das imagens

A técnica de *High Dynamic Range* (HDR) é altamente recomendada pois garante melhor qualidade e visualização dos detalhes anatômicos (**Figura 32**). As três fotos que representam a visão esquerda e direita do espécime são fusionadas usando o `Photomatix Pro 6.1.1` (HDRsoft®, Brighton, Reino Unido), com ajustes no contraste, brilho e cor conforme necessário. O aprimoramento adicional da coloração e/ou iluminação das imagens finais pode ser realizado com o `Adobe Bridge` (Adobe®, Mountain View, EUA), com as imagens RAW modificadas antes da exportação como TIFF ou JPEG para ajuste final de tamanho e/ou resolução no Adobe Photoshop (Adobe® Mountain View, EUA) (resolução mínima de 300dpi).

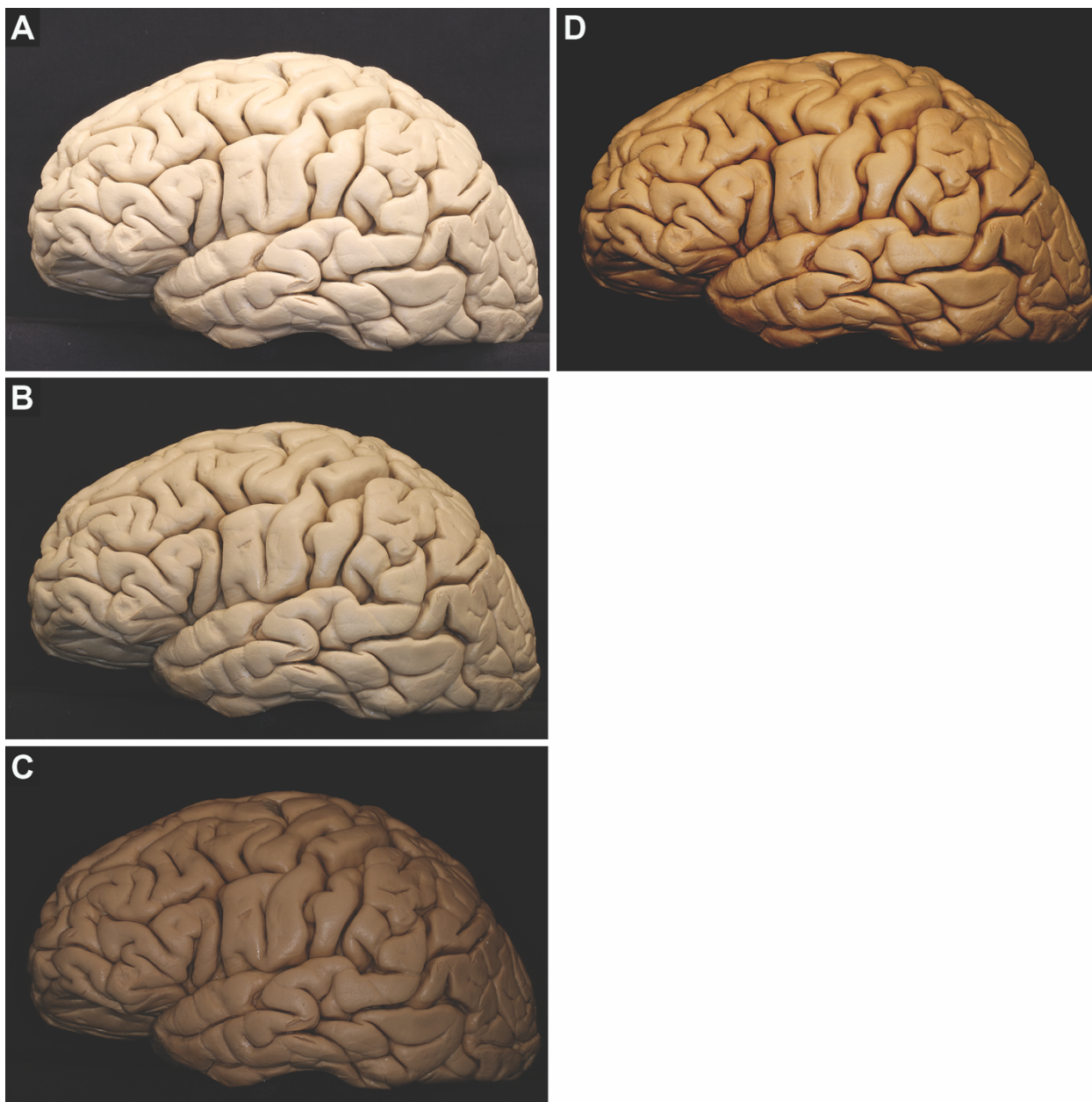
Figura 31 - Técnica para fotodocumentação 3D de imagens endoscópicas



Fonte: Leonel (2019).

Legenda: O endoscópio foi introduzido pela narina esquerda. **A** representa o posicionamento do endoscópio para tirar a foto que representa a visão do olho esquerdo e em **B** o endoscópio foi levemente movido para a direita (seta vermelha) para tirar a foto que representa a visão do olho direito. A linha tracejada verde representa a posição inicial do endoscópio, o qual é rotacionado no nível da narina. Para qualquer outra foto tirada fora da cavidade nasal, outro eixo de fixação para rotação do endoscópio deve ser escolhido. **C** e **D** representam fotos do seio esfenoidal com o endoscópio posicionado em **A** e **B**, respectivamente.

Figura 32 - Técnica de processamento HDR



Fonte: Leonel (2019).

Legenda: Três imagens são enviadas ao Photomatix Pro 6.1.1, uma considerada com alta (A), média (B) e baixa (C) exposição à luz, o programa as funde e fornece uma 'imagem final' com melhoria no contraste e brilho como observado em D. As imagens finais podem ser usadas em projeções 2D ou 3D. As técnicas de imagens HDR são recomendadas, embora não sejam essenciais para as apresentações estereoscópicas.

5.3.4 DISPOSITIVOS PARA APRESENTAÇÃO 3D

5.3.4.1 Apresentação com dois projetores 2D (3D passivo)

A apresentação 3D passiva utiliza dois projetores comuns paralelos horizontalmente e óculos 3D polarizados (**Figura 33**) (SHIMIZU et al., 2006; MARTINS et al., 2015). Cada projetor exibe a imagem que representa uma única visão (esquerda ou direita) através de um filtro de polarização. Quando pareadas com o auxílio dos óculos 3D polarizados, a luz é filtrada de forma que cada um dos olhos do espectador recebe apenas imagens do projetor correspondente, resultando em estereoscopia. É importante destacar que a apresentação deve ser projetada em uma tela prateada, pois ela preserva a polarização da luz após a reflexão (SHIMIZU et al., 2006; COHEN et al., 2011).

As duas imagens finais (esquerda e direita) são dispostas lado a lado em uma apresentação comum de PowerPoint e o apresentador conecta o computador (usando cabo HDMI) a uma caixa divisora de sinal e em seguida aos dois projetores (**Figura 33**). Embora o Professor Rhoton usasse a proporção de slide 4:3 (21,33cm x 8cm), os projetores atuais normalmente são capazes de fornecer apresentações em alta definição, sendo que, o formato foi modificado para 16:9 para cada imagem, resultando em um total de 32:9 de proporção da tela.

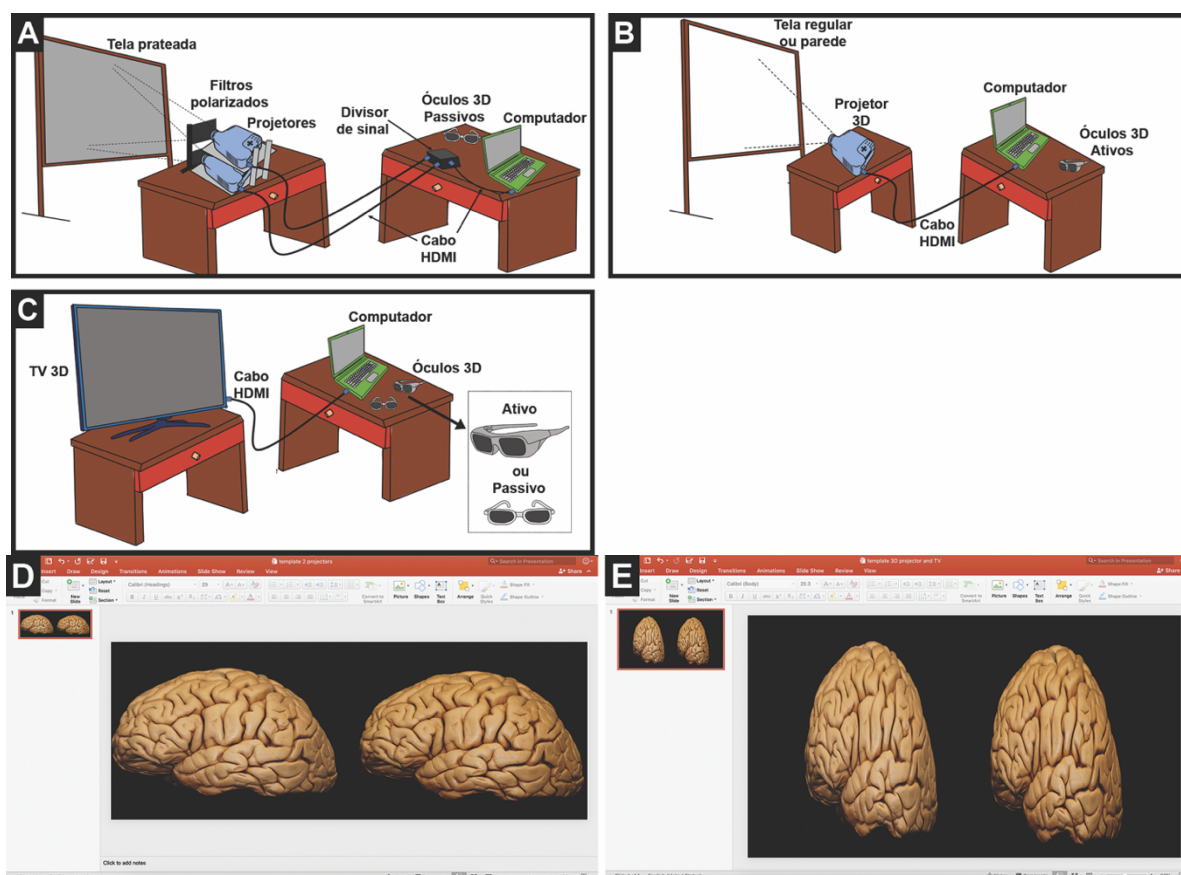
5.3.4.2 Apresentação com único projetor 3D (3D ativo)

Nesse tipo de apresentação, o computador do apresentador é conectado a um único projetor 3D (**Figura 33, Suplemento 1E**). As imagens devem ter as medidas de sua largura comprimidas em 50% e configuradas em uma apresentação de PowerPoint com proporção geral de 16:9 (40,64 cm x 22,86 cm). Uma tela padrão pode ser usada, no entanto, os óculos 3D ativos são necessários e devem ser compatíveis com o projetor e carregados adequadamente. Do ponto de vista técnico, o “3D ativo” funciona alternando rapidamente as imagens esquerda e direita projetadas enquanto simultaneamente abre / fecha “persianas eletrônicas” correspondentes nos óculos ativos.

5.3.4.3 Apresentação com televisão 3D (3D ativo ou passivo)

Os televisores 3D exigem uma única saída HDMI do computador do apresentador, que, por sua vez, é exibido usando os óculos passivos ou ativos (**Figura 33**). O formato de apresentação é o mesmo descrito para as apresentações usando o projetor 3D ativo.

Figura 33 - Dispositivos para apresentação 3D



Fonte: Leonel (2019).

Legenda: **A** ilustração representando a configuração para apresentações com dois projetores em uma tela prateada. O computador é conectado com um cabo HDMI a um divisor de sinal o qual é conectado a dois projetores normais (2D). Cada um deles projeta as imagens que representam as visões direita e esquerda através de dois filtros polarizados em uma tela prateada. A experiência tridimensional é obtida usando óculos 3D passivos. **B** – configuração para apresentações com projetor 3D. O computador é conectado com um cabo HDMI a um único projetor 3D que fusiona e projeta ambas imagens em uma tela regular (branca) ou parede. Neste caso um óculos ativo é necessário para obter a visão 3D. **C** – configuração em televisão 3D. Óculos ativos ou passivos podem ser usados dependendo do modelo da TV. **D** – modelo de apresentação com dois projetores e dispositivos portáteis. Nesta configuração as fotos não necessitam de redução horizontal. **E** – modelo de configuração para projetor e TV 3D, as imagens são reduzidas horizontalmente em 50% de seu tamanho original.

5.4 DISCUSSÃO

O domínio da neuroanatomia é um princípio fundamental de toda educação neurocirúrgica e uma meta de grande importância para cirurgiões em todos os níveis de treinamento. A chave para manter a excelência de sua prática são o uso de recursos altamente precisos e detalhados, como os encontrados na *Rhoton Collection*[®] (SORENSEN, 2016). Embora as contribuições do Professor Rhoton sejam verdadeiramente singulares, o ensino da neurocirurgia continuará a evoluir além do terreno que ele mapeou de forma tão diligente. Dessa forma, à medida que novas técnicas são desenvolvidas ou aprimoradas, só aumentará a necessidade da atualização de tais ensinamentos mantendo o legado do estudo neuroanatômico eficaz. Com isso em mente, o objetivo deste trabalho foi detalhar e fornecer as nuances da neuroanatomia avançada que, até a morte do professor Rhoton, foi transmitida oralmente entre seus *fellows* e permaneceu em grande parte sem ser publicada (SHIMIZU et al., 2006; MARTINS et al., 2015; MARTINS et al., 2018).

Procuramos ainda enfatizar os vários avanços que foram desenvolvidos em nossos laboratórios os quais produzem espécimes, dissecções e imagens comparáveis em qualidade ao trabalho realizado pelo Professor Rhoton, possibilitando a sua adequação (**Tabela 6**). Embora o silicone tenha sido preferível pelo Professor Rhoton, o látex – com adição de corantes industriais – é uma solução mais simples e confiável para injeção e delimitação da vasculatura dos espécimes. Ele vem pronto, é de fácil manuseio e alcança até mesmo vasos de pequeno calibre, em contrapartida o silicone exige a combinação de diferentes reagentes para injeção (silicone, tiner, catalisador e pigmento em pó), sendo ainda de mais difícil perfusão (SANAN et al., 1999; SHIMIZU et al., 2006). A utilização de cânulas de aço em vez de tubos de silicone suturados com fios de seda permitiu um procedimento de injeção mais simples e confiável para manter o acesso vascular durante as lavagens e injeção dos vasos. Finalmente, alguns dos detalhes técnicos referentes à fotodocumentação endoscópica e processamento final e obtenção de imagens HDR são descritos pela primeira vez.

Com isso em mente, também enfatizamos vários ensinamentos e princípios básicos do Professor Rhoton, os quais são indispensáveis para a realização de técnicas

avançadas de dissecação. Cada etapa do processo deve ser executada com precisão de modo a produzir resultados consistentes e de alta qualidade. Muitas etapas foram validadas ao longo de gerações de *fellows*, e a sua fiel reprodução é fortemente recomendada (por exemplo, garantir a fixação do espécime por 24 horas, evitar o ressecamento dos tecidos durante o processo de dissecação e fotografia). Outros parâmetros com o tempo e a experiência dentro do laboratório, podem ser aprimorados. Um grau artístico pode ser desenvolvido pelo dissecador com o tempo, como no processo de fotodocumentação, na dissecação ou na seleção de tempos adequados de exposição fotográfica.

No que se refere a dissecação dos espécimes, o professor Rhoton enfatizou fortemente a importância das seguintes etapas: precisão dos cortes e linhas na pele ou dura-máter, ausência de partículas ósseas ou teciduais, planos de fotografia deliberadamente enquadrados e iluminação adequada (por exemplo, removendo tecidos moles que possam prejudicar a documentação). Aprender as habilidades de um anatomista é talvez o aspecto mais desafiador da dissecação, e incentivamos os recém-chegados a aceitar a inevitável frustração advinda deste processo de aprendizagem.

As primeiras tentativas serão as mais demoradas. As fotografias iniciais muito provavelmente, serão decepcionantes. Inicialmente, é altamente recomendado um “teste” antes de cada dissecação, o que contribui para o planejamento da sequência de fotos na dissecação definitiva e também se familiarizar e diminuir a ansiedade em relação a região a ser dissecada ou procedimento a ser realizado. Com o passar do tempo, a experiência e a eficiência evoluirão rapidamente, e dissecações de maior complexidade poderão ser realizadas (de procedimentos ou exposições de regiões supratentoriais, para dissecações da base do crânio ou da fossa posterior e, por fim, para aquelas mais complexas como dissecações da face, cabeça e pescoço).

Paralelamente à prática e repetição das dissecações, a fotodocumentação também necessita de um amplo conjunto de habilidades e aconselhamos a documentação de todo processo de dissecação, tanto para desenvolver e aprimorar tais habilidades quanto para destacar as melhorias ao longo do tempo. A fotografia 3D tende a ser complexa, mas garante melhoria indiscutível para as fotografias dos espécimes dissecados e continua sendo uma das assinaturas mais importantes da pesquisa neuroanatômica, desenvolvida

pelo Professor Rhoton. Somado a isso, a incorporação das técnicas de processamento HDR elevam a qualidade das imagens finais consideradas de padrão universal pelo Professor Rhoton desde 2011. Embora o HDR demande mais tempo do processo fotográfico e não seja necessário para apresentações estereoscópicas ou 2D, as melhorias na qualidade da imagem, detalhes anatômicos, cor e contraste são suficientes para justificar o seu uso durante estudos anatômicos.

Outra consideração a ser feita, são os desafios físicos associados à nossa técnica para aquisição de imagens 3D considerando distâncias muito próximas. Recomenda-se a manipulação e remoção do flash, uso de uma fonte de luz portátil e o posicionamento criativo tanto do espécime quanto da câmera. Finalmente, outro fator que pode contribuir na correção de tais fatores é o uso do *software* para o processamento final das imagens - idealmente através do *Stereo Photo Maker* (Muttayan, Japan®), o qual foi usado em toda a Rhoton Collection®.

Por outro lado, embora possa ser tentador capturar imagens com um microscópio operacional, sua profundidade de campo é limitada e a qualidade da imagem será consideravelmente diminuída. Da mesma forma, as poucas câmeras compatíveis com 3D disponíveis no mercado permanecem tecnicamente inadequadas na obtenção de imagens 3D, ao passo que podem ser úteis em outros ambientes, como documentar uma cirurgia não-microscópica dentro do centro cirúrgico.

Durante a escolha dos sistemas de apresentação 3D exige do apresentador/palestrante o bom-senso de acordo com o público-alvo da projeção. O uso de dois projetores regulares (3D passivo) requer configuração mais complexa e maior dispêndio financeiro na compra de materiais, no entanto os óculos passivos são amplamente disponíveis, baratos e mais práticos para grandes audiências (mais que 100 pessoas). Já o uso de um único projetor 3D é mais eficiente para apresentações contendo um público entre 15-100 pessoas, mas vale ressaltar que nesse caso óculos mais caros e que necessitam ser carregados periodicamente são necessários. Finalmente, embora uma televisão 3D seja fácil de usar para públicos menores (<15 espectadores), atualmente poucos modelos estão disponíveis no mercado.

Embora tenhamos abordado extensivamente os conhecimentos necessários para a documentação e dissecações neuroanatômicas com base nos ensinamentos do

laboratório do Professor Rhoton, a principal limitação de nosso estudo é em considerar que por mais detalhado que o trabalho seja, o mesmo não substitui jamais as experiências vivenciadas dentro do laboratório cirúrgico. No entanto, nosso objetivo na descrição desses recursos foi facilitar o envolvimento com a dissecação neuroanatômica e, potencialmente, diminuir a curva de aprendizado entre a chegada dentro do laboratório e a obtenção de excelentes resultados.

Tabela 6 – Diferenças entre as técnicas dos autores e trabalhos anteriores publicados no laboratório do Prof. Rhoton

Tópicos	Laboratório do prof. Rhoton	Protocolo atual dos autores	Vantagens encontradas
Injeção	Silicone colorido (SHIMIZU et al., 2006)	Látex colorido	Injeção mais fácil; já vem misturado e pronto para injeção; exige menos pressão
Canulação	Com tubos de silicone e adaptadores plásticos para pipetas (ROBERTSON, 2016b)	Com cânulas de aço e fórceps para fixação arterial	Maior resistência ao redor dos vasos; mais fácil e rápido de canular; mais estável
Imagens HDR	Não descrito nos trabalhos do Dr. Rhoton, porém adotada em seu laboratório em 2011	HDR usando o Photomatix Pro 6.1.1	Maior qualidade das imagens; melhoria no contraste e detalhes anatômicos
Projeção 3D	Descrita para dois projetores e um computador usando uma tela prateada (SHIMIZU et al., 2006; MARTINS et al., 2015)	Projetor e TV 3D, exceto em ocasiões em que número de pessoas ultrapassa 100 indivíduos, para qual uma tela prateada e dois projetores são necessários	Mais fácil de configurar, e transportar

Fonte: Leonel (2019).

5.5 CONCLUSÃO

Talvez a lição mais valiosa aprendida pelos *fellows* do Professor Rhoton seja que a verdadeira natureza do estudo neuroanatômico seja considerada muito mais arte do que ciência e universalmente carregada de imprevisibilidade. As descrições das etapas e os principais desafios fornecidos aqui constituem um guia valioso, o qual esperamos

capacitar novas pesquisas em diferentes ambientes. No entanto, as realidades durante a dissecação são uma mistura entre frustração e alegria, dessa forma recomendamos enfaticamente que os estagiários e *fellows* que investem no estudo dentro do laboratório abracem tanto o trabalho árduo quanto as suas conquistas e recompensas.

De fato, a neuroanatomia e a educação neurocirúrgica continuam sendo fronteiras críticas em nosso campo, sendo que o objetivo final deste estudo foi fornecer a base essencial de conhecimento que, no verdadeiro espírito do trabalho do Professor Rhoton, possibilitem que suas técnicas sejam entendidas, estudadas, reproduzidas e aprimoradas em laboratórios de anatomia cirúrgica em todo mundo.

REFERÊNCIAS

COHEN, M.; ASTUR DDA, C.; KALEKA, C. C.; ARLIANI, G. G.; COHEN, C.; JALIKJIAN, W.; GOLANO, P. Introducing 3-dimensional stereoscopic imaging to the study of musculoskeletal anatomy. **Arthroscopy**, v. 27, n. 4, p. 593-596, 2011.

FERNANDEZ-MIRANDA, J. C. Prof. Albert L. Rhoton, Jr.: His Life and Legacy. **World Neurosurgery**, v. 92, p. 590-596, 2016a.

FERNANDEZ-MIRANDA, J. C. Prof. Rhoton: Master and Mentor. **Journal of Neurological Surgery - Part B: Skull Base**, v. 77, n. 4, p. 288-290, 2016b.

MARTINS, C.; RIBAS, E. C.; RHOTON, A. L., JR.; RIBAS, G. C. Three-dimensional digital projection in neurosurgical education: technical note. **Journal of Neurosurgery**, v. 123, n. 4, p. 1077-1080, 2015.

MARTINS, C.; ALENCASTRO, L. F.; CAMPERO, A.; RHOTON, A., JR. Three-Dimensional Endoscopic Photography of Anatomic Specimens. **World Neurosurgery**, v. 120, p. e730-e736, 2018.

MATSUSHIMA, T. Rhoton and His Influence on Japanese Neurosurgery. **World Neurosurgery**, v. 92, p. 608-613, 2016.

MATSUSHIMA, T.; KOBAYASHI, S.; INOUE, T.; RHOTON, A. S.; VLASAK, A. L.; OLIVEIRA, E. Albert L. Rhoton Jr., MD: His Philosophy and Education of Neurosurgeons. **Neurologia Medico-Chirurgica**, v. 58, n. 7, p. 279-289, 2018.

RIBAS, G. C.; BENTO, R. F.; RODRIGUES, A. J., JR. Anaglyphic three-dimensional stereoscopic printing: revival of an old method for anatomical and surgical teaching and reporting. **Journal of Neurosurgery**, v. 95, n. 6, p. 1057-1066, 2001.

ROBERTSON, J. H. Dr. Al Rhoton, Jr.: Friend, Mentor, and Colleague. **Journal of Neurological Surgery - Part B: Skull Base**, v. 77, n. 4, p. 291-293, 2016a.

ROBERTSON, J. H. Rhoton and the United States. **World Neurosurgery**, v. 92, p. 597-600, 2016b.

SANAN, A.; ABDEL AZIZ, K. M.; JANJUA, R. M.; VAN LOVEREN, H. R.; KELLER, J. T. Colored silicone injection for use in neurosurgical dissections: anatomic technical note. **Neurosurgery**, v. 45, n. 5, p. 1267-1271, 1999.

SHIMIZU, S.; TANAKA, R.; RHOTON, A. L.; FUKUSHIMA, Y.; OSAWA, S.; KAWASHIMA, M.; OKA, H.; FUJII, K. Anatomic Dissection and Classic Three-dimensional Documentation: A Unit of Education for Neurosurgical Anatomy Revisited. **Neurosurgery**, v. 58, n. 5, p. E1000, 2006.

SORENSEN, J. The Rhoton Collection. **Journal of Neurological Surgery - Part B: Skull Base**, v. 77, n. 4, p. 294-296, 2016.

TIMURKAYNAK, E. Rhoton and His Influence on Turkish Neurosurgery. **World Neurosurgery**, v. 92, p. 614-616, 2016.

TONG, X. Rhoton and His Influence in Chinese Neurosurgery. **World Neurosurgery**, v. 92, p. 617-622, 2016.

WEN, H. T.; DE OLIVEIRA, E. Rhoton and His Influence in Latin America Neurosurgery. **World Neurosurgery**, v. 92, p. 606-607, 2016.

5.6 MATERIAL SUPLEMENTAR

Instrumental para dissecação (**Suplemento 1A**)

Referência	Item
NL3785-030	RHOTON MICRO SCISSORS STR OVER LGTH 7IN
NL1090	PENFIELD DISSECTOR #1 DBL-END 7-1/2IN
NL1091	PENFIELD DISSECTOR #2 ADBL-END 7-3/8IN
NL1092	PENFIELD DISSECTOR #3 ADBL-END 7-1/4IN
NL1093	PENFIELD DISSECTOR #4 SLIGHT CVD 8-1/2IN
NL1094	PENFIELD DISSECTOR #5 ADBL-END 11-1/2IN
NL1310	DAVIS BRAIN SPATULA DBL-END 10&13MM 8IN
NL1415	VITAL ADSON TISSUE FORCEP SERR TUNG-CARB
NL1464	VITAL CUSHING TISS FORCEP BAYON T/C TIP
NL1570	CUSHING TISS FORCEP BAYON SERR 1X2 TEETH
NL1900	FRAZIER SUCT TUBE 7FR WORK LGTH 3-7/8IN
NL1900-9	FRAZIER SUCTION TUBE 9FR WK LGTH 3-7/8
NL1902	FRAZIER SUCT TUBE 10FR WORK LGTH 3-7/8IN
NL1903	FRAZIER SUCT TUBE 12FR WORK LGTH 3-7/8IN
NL630	LEKSELL RONG FORCEP DBL-ACT 8X16MM 8-1/2
NL630-001	LEKSELL RONG FORCEP DBL-ACT 7X13MM 8-1/2
NL950	ADSON CERBELLUM RETR 4X4 PRONGS 7-1/2IN
OS4000	LANGENBECK PERIOSTEAL ELEVATOR 17MM WIDE
RH1650-S	SUPER CUT METZ DISSECT CVD SCISSOR 5-3/4
SU1403-001	SURGICAL KNIFE HANDLE #3 5IN W/METRIC
SU1407	SURGICAL KNIFE HANDLE #7 6-3/8IN
SU16005	VITAL CRILE-WOOD NDL HLDR 3600 TEETH 6IN
SU1804	VITAL MAYO DISSECTING SCISSORS STR 6-3/4
SU1945	METZ DISSECT SCISSOR DEL CVD-ON-FLAT 7IN

SU2702	HALSTED MOSQUITO FORCEPS 5IN CVD
SU2735	CRILE ARTERY FORCEPS 5-1/2IN CVD
SU2760	PEAN ARTERY FORCEPS 6-1/2IN CVD
SU2910	ROEDER TOWEL FORCEPS W/BALL STOP 5-1/2IN
SU3110	WEITLANER RETR 3X4 SHARP PRONGS 5-1/2IN
SU3112	WEITLANER RETR 3X4 SHARP PRONGS 6-1/2IN
SU4054	FORCEPS TISSUE ALLIS 4X5 TEETH 6IN
88-3875	FREER SS ELEVATOR RND HNDL 6MM SHRP/BLNT
NL3785-031	RHOTON MICRO SCISSORS CVD OVER LGTH 7IN
NL4000	YASARGIL MICRO SCISSORS STR BLADE 11.5MM
NL4001	YASARGIL MICRO SCISSOR CVD UP BLADE 11MM
OP0911-002	CASTRO FIXATION FORCEPS .3MM 1X2 TTH STR
OP0911-401	CVD DRESSING FORCEPS W/SERR GENTLE CVD
OP0911-402	DRESSING FORCEPS W/SERR GENTLE CVD TIPS
OP0917-851	WESTCOTT TENOTOMY MED BLUNT CVD SCISSORS
OP0917-852	WESTCOTT TENOTOMY MED BLUNT STR SCISSORS
OP3302	CASTROVIEJO CORNEO FORCEPS 1X2 0.5MM TTH
L-0101	KERR MIC-HDL 3MM 7IN(18CM) UP 90DEG
L-0127	KERR MIC-HDL 5MM 8IN(20CM) DOWN 90DEG
NL6146	LOVE-GRUENWALD PITUITARY FORCEPS 2X10MM
NL6147	LOVE-GRUENWALD PITUITARY FORCEP 2X10MM
NL3785	RHOTON MICRONEUROSURGICAL 19/SET

Fonte: Leonel (2019).

Material para canulação dos vasos (**Suplemento 1B**)

Material	Referência
Cânula para as artérias vertebrais	Jet Tip Arterial Tube™, 1/16" x 2" Probe Tip Curved, ART062-2-CPB Design & Mfg. Co. LLC, Bedford, USA ®, distributor Dodge Company, Billerica, USA.
Cânula para as artérias carótidas	4" Threaded Hub Carotid Tube, Medium 1/4", Instruments Design & Mfg. Co. LLC, Bedford, USA®, distributor Dodge Company, Billerica, USA.
Cânula para as veias jugulares	4" Threaded Hub Carotid Tube, Large 5/16", Instruments Design & Mfg. Co. LLC, Bedford, USA ®, distributor Dodge Company, Billerica, USA.
Luer-lock adaptadores para cânulas	Instruments Design & Mfg. Co. LLC ® USA, distributor Dodge Company, Billerica, USA.
Fórceps para fixação arterial com três orifícios	Instruments Design & Mfg. Co. LLC, Bedford, USA ®, distributor Dodge Company, Billerica, USA.

Fonte: Leonel (2019).

Materiais para injeção de látex (**Suplemento 1C**)

Material	Referência
Látex vermelho para as artérias	Red latex injection medium, CAROLINA, Burlington, USA®
Látex azul para as veias	Blue latex injection medium, CAROLINA, Burlington, USA®
Corantes azul e vermelho	Chromafluo, Ashtabula, USA® 830-494 Cal-Tint II 16-Ounce Colorants Permanent Red Chromafluo, Ashtabula, USA® 830-7216 Cal-Tint II 16-Ounce Colorants, Blue

Fonte: Leonel (2019).

Equipamento fotográfico (**Suplemento 1D**)

Equipamento	Referência
Câmera fotográfica	Canon EOS 80D Canon Inc., Tokyo, Japan ®
Flash fotográfico	Canon MR-14EX II Macro Ring Lite Flash, Canon Inc., Tokyo, Japan ®
Anel adaptador para lentes macro	Canon Macrolite Adapter 67 Canon Inc., Tokyo, Japan ®
Lente macro 100mm	Canon EF 100mm f/2.8 Macro USM Fixed Lens Canon Inc., Tokyo, Japan ®
Cabeça do tripé com 3 angulações	Manfrotto MHXPRO-3W, Manfrotto, Cassola, Italy®
Placa deslizante	Manfrotto 454, Manfrotto, Cassola, Italy®
Controle remoto Canon RS-60E3	Canon Inc. Tokyo, Japan ®

Fonte: Leonel (2019).

Equipamento para projeção 3D (**Suplemento 1E**)

Equipamento	Referência
Projetor 3D (ativo)	Optoma X600 XGA 6000 Lumen, Optoma, Taipei, Taiwan®
Óculos 3D ativo para projetor 3D	DLP Link 3D Glasses, GooDee Ultra-Clear HD 144 Hz 3D Active Rechargeable Shutter Glasses, GooDee, USA®
Dispositivo móvel para avaliar o 3D na tela do computador com apresentação em PowerPoint	Pokescope Graphic Media Research, Cannon Falls, MN, USA®

Fonte: Leonel (2019).

6 CONCLUSÕES

A presente pesquisa constitui-se em uma evolução daquela idealizada originariamente por Simões (1973), e onde foram acrescentadas metodologias recentes de análises, a fim de se consolidar a comunicação entre o seio cavernoso e o plexo pterigóideo.

Dessa forma, para classificar anatomicamente o referido canal e determinar o seu trajeto e comunicações, foram realizadas análises mesoscópicas, histológicas, ultraestruturais (MEV) em espécimes anatômicos, complementadas por avaliações em tomografias computadorizadas e fotodocumentação HDR.

Os dados permitem concluir que o agora denominado *Seio Emissário do Forame Oval* (SEFO), é um canal venoso constante que adentra tanto o forame oval como o forame venoso quando este se fizer presente, e que a sua constituição avaliada pelos métodos aqui empregados revelam as características típicas de um seio da dura-máter e não uma veia emissária ou plexo venoso, como descrito na literatura à qual se teve acesso.

REFERÊNCIAS

BAYRAK, S.; KURŞUN-ÇAKMAK, E. Ş.; ATAKAN, C.; ORHAN, K. Anatomic Study on Sphenoidal Emissary Foramen by Using Cone-Beam Computed Tomography. **Journal of Craniofacial Surgery**, v. 29, n. 5, p. 1-3, 2018.

BICHAT, X. **Traité d'anatomie descriptive**, Paris: Chez, vol. 4. 1803. 496 p.

HAYASHI, N.; SATO, H.; TSUBOI, Y.; NAGAI, S.; KUWAYAMA, N.; ENDO, S. Consequences of preoperative evaluation of patterns of drainage of the cavernous sinus in patients treated using the anterior transpetrosal approach. **Neurologia Medico-chirurgica**, v. 50, n. 5, p. 373-377, 2010.

HERNÁNDEZ-MORERA, P.; TRAVIESO-GONZÁLEZ, C. M.; CASTAÑO-GONZÁLEZ, I.; MOMPEÓ-CORREDERA, B.; ORTEGA-SANTANA, F. Segmentation of elastic fibres in images of vessel wall sections stained with Weigert's resorcin-fuchsin. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, v. 142, p. 43-54, 2017.

JONES, M. R.; URITS, I.; EHRHARDT, K. P.; CEFALU, J. N.; KNENDRICK, J. B.; PARK, D. J.; CORNETT, E. M.; KAYE, A. D.; VISWANATH, O. A comprehensive review of trigeminal neuralgia. **Current Pain and Headache Reports**, v. 23, n. 10, p. 74, 2019.

LEONEL, L. C. P. C.; DE SOUSA, S. D. G.; LIBERTI, E. A. Topographic and microscopic anatomical description of the emissary sinus of foramen ovale in adult humans. **Clinical Neurology and Neurosurgery**, v. 169, p. 77-85, 2018.

MORTAZAVI, M. M.; TUBBS, R. S.; RIECH, S.; VERMA, K.; SHOJA, M. M.; ZURADA, A.; BENNINGER, B.; LOUKAS, M.; COHEN GADOL, A. A. Anatomy and pathology of the cranial emissary veins: a review with surgical implications. **Neurosurgery**, v. 70, n. 5, p. 1312-1319, 2012.

PARASKEVAS, G.; NITSA, Z.; KOUTSOULIANIOTIS, K. Bilateral Osseous Interclinoid Bridges Associated with Foramina of Vesalius: A Case Report. **Journal of Clinical and Diagnostic Research**, v. 9, n. 7, p. AD03-AD04, 2015.

SIMÕES, S. Estudo anatômico do seio emissário do forame oval. **Revista da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo**, v. 11, n. 1, p. 115 - 128, 1973

SHARMA, N. A.; GARUD, R. S. Morphometric evaluation and a report on the aberrations of the foramina in the intermediate region of the human cranial base: A study of an Indian population. **European Journal of Anatomy**, v. 15, n. 3, p. 140-149, 2011.

TAI, A. X.; NAYAR, V. V. Update on trigeminal neuralgia. **Current Treatment Options in Neurology**, v. 21, n. 9, p. 42, 2019.

TROLARD, J. B. P. **Recherches sur l'anatomie du système veineux de l'encéphale et du crâne**. Faculté de Médecine, Faculté de Médecine de Paris, Paris, 1868. 33 p.

APÊNDICES

APÊNDICE A – PROTOCOLO DE DESIDRATAÇÃO DAS AMOSTRAS PARA ANÁLISES HISTOLÓGICAS

Reagentes	Tempo
Álcool 70%	<i>Overnight</i>
Álcool 95% I	20 minutos
Álcool 95% II	20 minutos
Álcool 100% I	20 minutos
Álcool 100% II	20 minutos
Álcool 100% III	60 minutos
Xilol I	20 minutos
Xilol II	20 minutos
Xilol III	20-30 minutos
Parafina I	20 minutos
Parafina II	30 minutos
Parafina III	30 minutos
Inclusão em parafina	

APÊNDICE B – PROTOCOLO DE PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS PARA ANÁLISE POR MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

Reagentes	Tempo
Lavagem com água destilada em ultrassom	10 minutos (5 lavagens de 2 minutos cada)
Álcool 70%	<i>Overnight</i>
Álcool 80%	15 minutos
Álcool 90%	15 minutos
Álcool 95%	15 minutos
Álcool 100%	15 minutos
Álcool 100%	15 minutos
Álcool 100%	15 minutos
Álcool 100%	15 minutos
Ponto crítico, metalização e leitura	

APÊNDICE C – PROTOCOLO DE COLORAÇÃO DE HEMATOXILINA-EOSINA (HE)

Reagentes	Tempo
Xilol I	20 minutos
Xilol II	20 minutos
Xilol III	20 minutos
Álcool 100%	2 minutos
Álcool 100%	2 minutos
Álcool 95%	2 minutos
Álcool 95%	2 minutos
Álcool 85%	2 minutos
Álcool 70%	2 minutos
Água destilada	2 banhos
Hematoxilina	4 minutos
Água destilada	2 banhos
Eosina	1 minuto e 30 segundos
Álcool 95%	2 minutos
Álcool 95%	2 minutos
Álcool 100%	2 minutos
Álcool 100%	2 minutos
Xilol I	2 minutos
Xilol II	2 minutos
Xilol III	2 minutos
Montagem das lâminas com Permount	

APÊNDICE D – PROTOCOLO DE COLORAÇÃO DE TRICRÔMIO DE MASSON

Reagentes	Tempo
Xilol I	20 minutos
Xilol II	20 minutos
Xilol III	20 minutos
Álcool 100% I	2 minutos

Álcool 100% I	2 minutos
Álcool 95%	2 minutos
Álcool 95%	2 minutos
Álcool 85%	2 minutos
Álcool 70%	2 minutos
Água destilada	1 banho
Solução A*	5 minutos
Água destilada	10 minutos
Solução B**	10 minutos
Solução C***	10 minutos
Água destilada	1 banho
Álcool 95% I	2 minutos
Álcool 95% II	2 minutos
Álcool 100% I	2 minutos
Álcool 100% II	2 minutos
Xilol I	2 minutos
Xilol II	2 minutos
Xilol III	2 minutos
Montagem das lâminas com Permunt	

* Solução A : 1g de Fucsina Ácida + 1 ml de Ácido Acético + 100ml de água destilada

** Solução B : 1g de Ácido Fosfomolibdico + 100ml de água destilada

*** Solução C : 2,5g de azul de anilina + 2,5ml de Ácido Acético + 100ml de água destilada.

APÊNDICE E – PROTOCOLO DE COLORAÇÃO DE PICROSIRIUS

Reagentes	Tempo
Xilol I	20 minutos
Xilol II	20 minutos
Xilol III	20 minutos
Álcool 100%	2 minutos
Álcool 100%	2 minutos
Álcool 95%	2 minutos

Álcool 95%	2 minutos
Álcool 85%	2 minutos
Álcool 70%	2 minutos
Água destilada	2 banhos
Solução de Picrosirius	20 minutos
Água destilada	2 banhos
Álcool 95% I	2 minutos
Álcool 95% II	2 minutos
Álcool 100% I	2 minutos
Álcool 100% II	2 minutos
Xilol I	2 minutos
Xilol II	2 minutos
Xilol III	2 minutos
Montagem das lâminas com Permunt e análise em luz polarizada	

APÊNDICE F – PROTOCOLO DE COLORAÇÃO DE WEIGERT

Reagentes	Tempo
Xilol I	20 minutos
Xilol II	20 minutos
Xilol III	20 minutos
Álcool 100%	2 minutos
Álcool 100%	2 minutos
Álcool 95%	2 minutos
Álcool 95%	2 minutos
Álcool 85%	2 minutos
Álcool 75%	2 minutos
Água destilada	1 banho
Corante fucsina-resorcina de Weigert	20 minutos
Álcool 95% I	2 minutos
Álcool 95% II	2 minutos
Álcool 100% I	2 minutos
Álcool 100% II	2 minutos

Xilol I	2 minutos
Xilol II	2 minutos
Xilol III	2 minutos
Montagem das lâminas com Permout e análise em luz polarizada	

APÊNDICE G – PUBLICAÇÃO DE TRABALHO

Clinical Neurology and Neurosurgery 169 (2018) 77–85



Contents lists available at ScienceDirect

Clinical Neurology and Neurosurgery

journal homepage: www.elsevier.com/locate/clineuro

Topographic and microscopic anatomical description of the emissary sinus of foramen ovale in adult humans



Luciano César Pereira Campos Leonel^{a,*}, Severino Denicio Gonçalves de Sousa^a,
Edson Aparecido Liberti^{a,b}

^a Department of Surgery, Sector of Anatomy, School of Veterinary Medicine and Animal Science, University of São Paulo, Brazil

^b Department of Anatomy, Institute of Biomedical Sciences, University of São Paulo, Brazil

ARTICLE INFO

Keywords:

Cranial sinuses
Skull base
Neurosurgery
Cranial fossa, middle
Anatomy
Trigeminal nerve
Ultrastructure
Cavernous sinus

ABSTRACT

Objective: Although the Emissary Sinus of Foramen Ovale (ESFO) was first described by Trolard in 1868, its definition remains confused and neglected in the medical literature. This structure represents a vein, two veins, a venous plexus, or a dural sinus? Does it really exist? To understand this topic, this work aimed to describe the anatomy, topography, and microscopic features of the ESFO, precisely characterizing its structure, routes and anatomical correlations.

Patients and methods: ESFO from the skull's base of adults were dissected into fifty anatomical blocks and evaluated using Hematoxylin and Eosin, Picro-sirius red and Weigert staining, and by Scanning Electron Microscopy (SEM).

Results: ESFO was always present between cavernous sinus and pterygoid plexus on both antimeres, its inferior route passing through the foramen ovale and/or sphenoidal emissary foramen (foramen of Vesalius), anterior to the mandibular branch of trigeminal nerve. Its microscopic arrangement resembled what was found on transverse sinus, that is composed by layers of collagen fibers oriented on transversal and longitudinal planes. It wasn't possible to identify the media and adventitial tunica, features seen in veins, and the elastic layer was very thin near its lumen. SEM analysis showed that, like the transverse sinus, the ESFO was composed by parallel cells that presented a rhombus shape containing central rounded nuclei.

Conclusion: In summary, the venous channel passing through the foramen ovale and/or sphenoidal emissary foramen (foramen of Vesalius) is a dural venous sinus constituted by dura mater layers and should be considered during surgical approaches near the foramen ovale in the middle cranial fossa.

1. Introduction

The description of the main vessels responsible for the vascularization and blood drainage of the intracranial space was previously reported by the great anatomist Andreas Vesalius (1514–1564) [1,2]. In the 19th century, Cruveilhier [3] showed the communication between the vessels of the middle cranial fossa, and the vascular network outside the skull, and Trolard [4] described the blood drainage from the cavernous sinus to the pterygoid venous plexus.

Due to the complexity of the vascular network access and the intracranial blood drainage system, as the diagnostic techniques advance, more studies are dedicated to its description, which contributes not only to the diagnosis of different diseases but mainly to assist surgical intervention approaches [5–7].

Regarding the vascular system near the trigeminal nerve and its

main branches, even today the detailed description of the anatomy and topographic aspects of these vessels remain controversial [8–13].

The aim of this work was to describe the anatomy, topography and microscopic features of the Emissary Sinus of Foramen Ovale (ESFO) since, as previously described [8,14,15], this structure might be responsible for the failure of different surgical interventions in the trigeminal branches and ganglion when the access route is the foramen ovale, a route that is still used [16–20].

2. Material and methods

The study was approved by the Ethics Committee of research with human beings of the Institute of Biomedical Sciences, and the Committee of Ethics on Use of Animals of the School of Veterinary Medicine and Animal Science of the University of São Paulo.

* Corresponding author at: Avenida Professor Lineu Prestes, number 2415, CEP: 05508900, São Paulo/SP, Brazil.

E-mail addresses: lucianoanato@usp.br (L.C.P.C. Leonel), denicio@usp.br (S.D.G. de Sousa), ealiberti@icb.usp.br (E.A. Liberti).

<https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2018.03.018>

Received 5 February 2018; Received in revised form 14 March 2018; Accepted 19 March 2018

Available online 20 March 2018

0303-8467 / © 2018 Elsevier B.V. All rights reserved.

2.1. Sampling selection and criteria

According to age, ethnicity and gender, 50 anatomical blocks containing the peri-trigeminal region (middle cranial fossa) were dissected from adults. (Supplementary file)

2.2. Method of collection of anatomical block

Skull opening and removal of the brain to expose the skull base were performed like a regular necropsy procedure of the cephalic region [21], and in order to preserve the peri-trigeminal structure, the dura mater of the skull base was maintained intact.

The right and left peri-trigeminal regions were delimited according to the following anatomical landmarks: 1) *anterior*: a frontal plane passing posteriorly to the ethmoid bone and the sphenofrontal suture; 2) *posterior*: a frontal plane, parallel to the anterior, passing posteriorly through the internal acoustic meatus; 3) *lateral*: two planes parallel to each other, passing approximately 15 mm lateral to the foramen spinosum. The anatomical blocks were fixed in formalin (10%) for a period of 20 days and dissected second to the following step.

2.3. Dissection of anatomical blocks under binocular magnifying glass (Mesoscopy)

With the aid of appropriate surgical instruments to bilaterally expose the peri-trigeminal region under a mesoscopic magnifying glass, a continuous incision was made initially along the dura mater that covers the roof of the superior petrosal, cavernous and sphenoparietal sinus. After the lateral displacement of the trigeminal complex dura mater (motor root, ganglion, ophthalmic, maxillary and mandibular branches), the visualization of ESFO was accomplished, which in many specimens was facilitated by the presence of blood clots along the entire sinus path.

2.4. Histology

Histology technique was performed on ten fragments of ESFO (five of the superior and five of the inferior path), obtained from different individuals, and on five fragments of the internal jugular vein and transverse sinus (control group).

All specimens were submitted to a routine histological procedure, with 5 µm cross sections stained by Hematoxylin-Eosin, Weigert [22] and Picro-sirius red under polarized light [23].

2.5. Scanning electron microscopy (SEM)

This assay was performed on fragments of seven ESFOs, three of the internal jugular vein, one of the great saphenous vein and three of the transverse sinus as described in the previous step. Samples were sectioned and ultrasonically washed during ten minutes in distilled water (five washes of two minutes) and then immersed in a 70% alcohol solution for a period of 12 h. After dehydration using alcohol solutions with increasing concentrations, samples were submitted to critical point, sputtered with gold ions and then analyzed.

3. Results

3.1. Shape (Fig. 1)

A venous channel of reasonable size located under the trigeminal ganglion and near the proximal segment of the maxillary and mandibular branches was always present and observed.

The venous channel (that has a craniocaudal tapering aspect, and a curvilinear sense with an anterior concavity) had two openings at its end: the superior opening located on the cavernous sinus' floor at the level of the sphenoidal lingula, and the inferior opening that is smaller

and directed towards the foramen ovale, and establishes a communication with the pterygoid plexus. As reported by Simões [24], two shapes were observed: the pyramidal and the tubular.

3.1.1. Pyramidal shape

Like a triangular pyramid with an inverted base, three walls, a base and an apex. The medial wall, which is attached to the sphenoidal bone and formed by the continuous dura mater of the cavernous sinus' floor, it crosses the external face of the sphenoid's body vertical to the lateral wall towards the foramen ovale. The anterolateral wall relates to the medial surface of the maxillary and mandibular nerves, near to its origin in the trigeminal ganglion. Regarding the medial aspect of the trigeminal ganglion and the mandibular's nerve intracranial segment, the posterolateral wall maintains a close relationship with the motor root of the trigeminal nerve. The anteroposterior and posterolateral walls represent the extension of the cavernous sinus' superior covering.

At their upper edges, these walls delimit the superior opening, or the pyramid base. Virtually truncated, the apex is related to the medial border of the foramen ovale, inferiorly communicating with the pterygoid plexus.

3.1.2. Tubular shape

Concerning this form, the ESFO exhibited a cylindrical outline along its length, slightly flattened on the transverse plane and inferiorly tapered. Thus, only two walls were identified: a medial wall, which was identical in composition and in anatomical location of the described to the pyramidal shape; and a lateral wall that is contralateral to the medial wall, and results from the junction of the anteroposterior and the posterolateral walls. In these cases, both superior and inferior openings showed an elliptical outline.

3.1.3. Superior opening

On both shapes (pyramidal and tubular), the medial margin was superior of the sphenoidal lingula where it was attached, and the lateral portion was at the level of the maxillary nerve' superior margin near its origin in trigeminal ganglion.

3.1.4. Inferior opening

The inferior opening represented the communication between ESFO and the pterygoid plexus, regardless the shape presented. In forty-three bilateral cases, it corresponded to a transverse plane in contact with the medial margin of the foramen ovale. In seven cases, of which three was bilateral and four was unilateral, it was observed that the opening passed internally through the foramen of Vesalius (Fig. 2). Even in those cases, ESFO always communicated with the pterygoid plexus. In three cases, a case of bilateral occurrence, and cases on each side of the body, the opening was anatomically located on both foramen ovale and Vesalius, due to the ESFO emissary branch, thus creating two blood drainage pathways.

3.2. Topography of ESFO (Fig. 2)

Due to its topographic localization in the middle cranial fossa, the ESFO maintains a contiguity relationship with another anatomical structure located in the peri-trigeminal region. In all individuals, the lateral walls of the ESFO were adjacent to the convex margin of the trigeminal ganglion, very close to the intersection between ophthalmic and maxillary nerves, and in between the maxillary and mandibular nerves.

The ESFO was attached anteromedial to the mandibular nerve on its superior route, and to the motor root of the trigeminal nerve on its inferior route. Exceptions were found in those individuals who presented the inferior opening passing through the foramen of Vesalius. The relation between the lateral walls sinuses with the mandibular nerve and with the motor root was interrupted by the foramen ovale's medial margin.

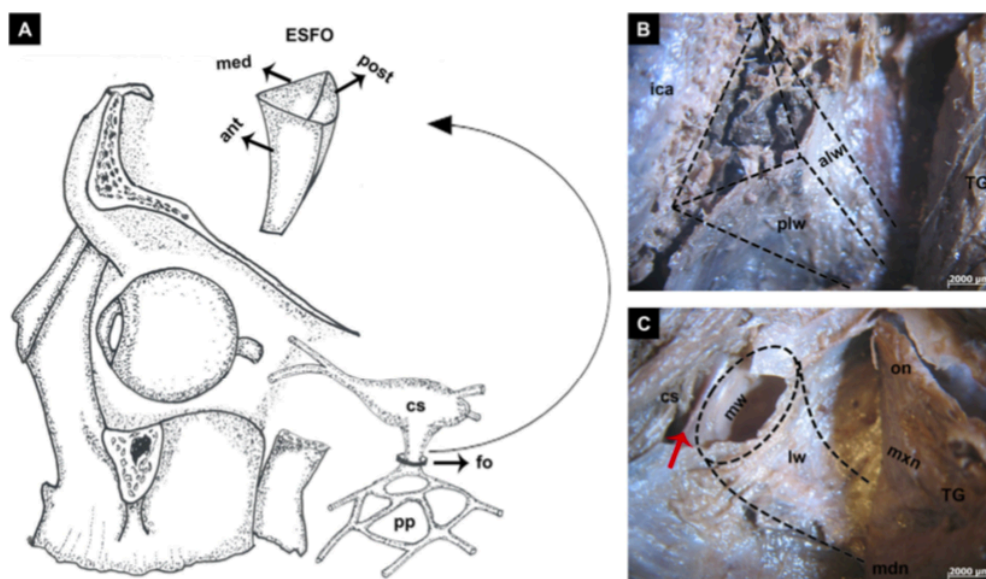


Fig. 1. Macroscopic description of ESFO.

In **A** representative scheme of the Emissary Sinus of Foramen Ovale (ESFO), **B** and **C** – pyramidal and tubular shapes. The three walls of the pyramid were observed on the posterolateral (plw), anterolateral (alw) and medial planes, whereas the tubular had only two walls, a medial (mw) and a lateral (lw). ica – internal carotid artery; cs – cavernous sinus; on – ophthalmic nerve; mxn – maxillary nerve; mdn – mandibular nerve; TG – trigeminal ganglion; red arrow – sphenoidal lingual; ant – anterior; post – posterior; med – medial.

3.3. Communications (Fig. 2)

The proximal end corresponds to the opening of the cavernous sinus on the ESFO, whereas the distal end is inferiorly located to the foramen ovale and foramen of Vesalius establishing a communication with the pterygoid venous plexus that is located in the pterygopalatine fossa region.

After passing through the foramina, and therefore, on inferior pathway of the ESFO, the openings for the plexus basically exhibited two patterns. In some specimens, the communication was immediately established after the ventral margin of the foramen ovale, while on others they occurred very close to the middle region of pterygopalatine fossa.

3.4. Inner aspects (Fig. 3)

The inner surface, especially the medial wall of the ESFO, which constitutes the venous bed both on superior - between the cavernous sinus and the foramen ovale - and inferior - below the foramen ovale and the foramen of Vesalius - routes, exhibited a smooth and shiny appearance throughout its length. In some specimens fibrous trabeculae were found, which resembled those presented in the cavernous sinus that extended to the lateral walls located above both foramina, near to the communication with the cavernous sinus.

In twenty-five cases, nine of them bilateral and sixteen unilateral, an arterial branch originated from the internal carotid artery was observed. This branch, located in the internal region of the cavernous sinus, entered the superior opening of the ESFO and its terminal branches passed through the foramen ovale, or even simply crossed the sinus through its dorsal route. In general, these arterial branches were attached to the sinus walls by fibrous trabeculae.

3.5. Histology (Figs. 4 and 5)

The walls of ESFO are constituted by layers of collagen fibers longitudinally and transversely arranged, differently from what was observed in the walls of the internal jugular vein, where it was possible to distinguish the tunica intima, media and adventitia.

The superior route was in direct contact with the sphenoidal bone (medial wall of the ESFO), and organized as overlapping layers, not evidencing the lateral walls. On its inferior pathway, the layers were concentrically arranged in all the walls, not being observed qualitative differences regarding the thickness in none of the routes. Vascular and nervous branches were present on the lateral and medial walls of the ESFO, as well as in their interconnection.

Elastic fibers were mostly observed in the tunica media of the internal jugular vein, and an inner elastic layer was evidenced on arteries inside the ESFO. Although mildly distributed in different layers, these fibers were concentrically well detached in the subendothelial layer on both the ESFO and the transverse sinus. The prevalence of collagen type I (red, orange and yellow) was evident in all analyzed structures (jugular vein, transverse sinus and ESFO). Proportionally, the density of type III (green) collagen fibers was very low.

3.6. Scanning electron microscopy (Fig. 6)

The venous bed of the ESFO was flat and homogeneous, characterized by a layer of different shape's endothelial cells and with prominent nuclei. Differently, on the great saphenous vein, the shape pattern of these cells was not observed, and its endothelial layer displayed a smooth appearance and lacked evident cellular nuclei. On the other hand, in the walls of the ESFO and the transverse sinus the collagen fibers formed overlapping and densely packed layers, longitudinally and transversely distributed in relation to the long axis of the sinuses. Even though it composed by layers, this pattern of organization did not resemble that found in the internal jugular vein.

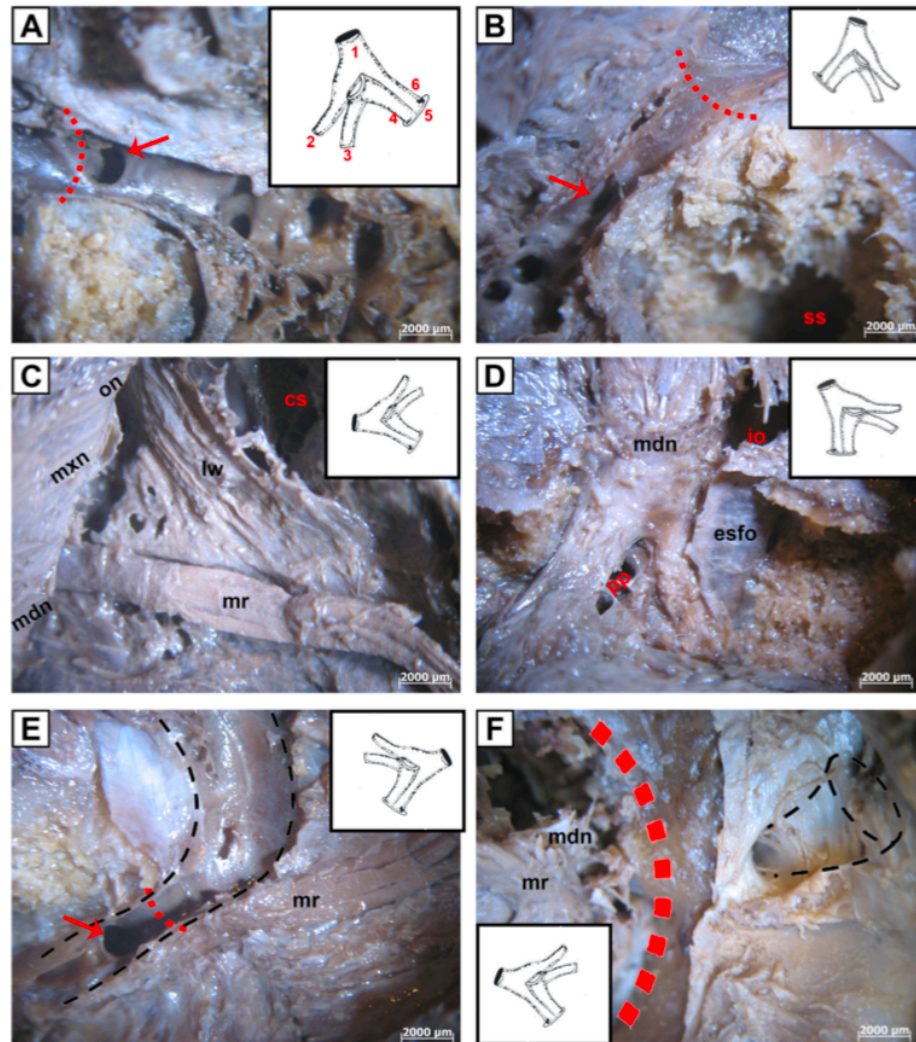


Fig. 2. Topographic aspects and communications of ESFO.

Communication with the pterygoid plexus was seen just below the oval foramen (A – red arrow), and on the pterygopalatine fossa (B and E – red arrow). The main relations of ESFO (C) were the inferior margin of the ophthalmic nerve (on), regions proximal to the maxillary (mxn) and mandibular (mdn) nerves, and anterior to the motor root (mr) of the trigeminal nerve. It established a relation with the cavernous sinus (cs) on the superior margin and with the pterygoid plexus (pp) on the inferior margin (D). In some specimens, the inferior opening penetrated the foramen of Vesalius (F), and under these conditions, the relationship was with the medial margin of foramen ovale (F - red line). ss – sphenoidal sinus; lw – lateral wall; io – inferior opening; esfo – emissary sinus of foramen ovale; red line – margin of foramen ovale; 1 – trigeminal ganglion; 2 – ophthalmic nerve; 3 – maxillary nerve; 4 – esfo; 5 – foramen ovale; 6 – mandibular nerve (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article).

4. Discussion

According to several authors, the blood drainage of the peri-trigeminal region is performed by a vein or a venous plexus [9,25–28]. However, second to the literature available, only Henderson [29] and Simões [8,24] admit that this function is performed by a venous sinus.

Early in 1868, Trolard [4] described the structure of the ESFO with more details as a massive vein that crosses the foramen ovale posteriorly to the mandibular nerve, and communicates the cavernous sinus with the pterygoid plexus.

This structure was nominated the 'vein of the foramen oval' by Knott

[1] as a variable vessel that could be found bilaterally and unilaterally, and Bergmann [25] observed it as two veins near the medial margin of the trigeminal ganglion, which penetrated the lacerated, ovale, and occasionally Vesalius foramina. Accordingly to Gvozdanovic and Riessner [26] it was a venous network (*rete venosum foraminis ovalis*) responsible for the drainage of blood in direction to the pterygoid plexus.

As Henderson [29], Simões [8] also reported this structure as a dural sinus, which he named it 'Emissary Sinus of Foramen Ovale (ESFO)', located near to the trigeminal ganglion, the proximal border of the maxillary nerve, and anteromedial to the mandibular nerve, unlike

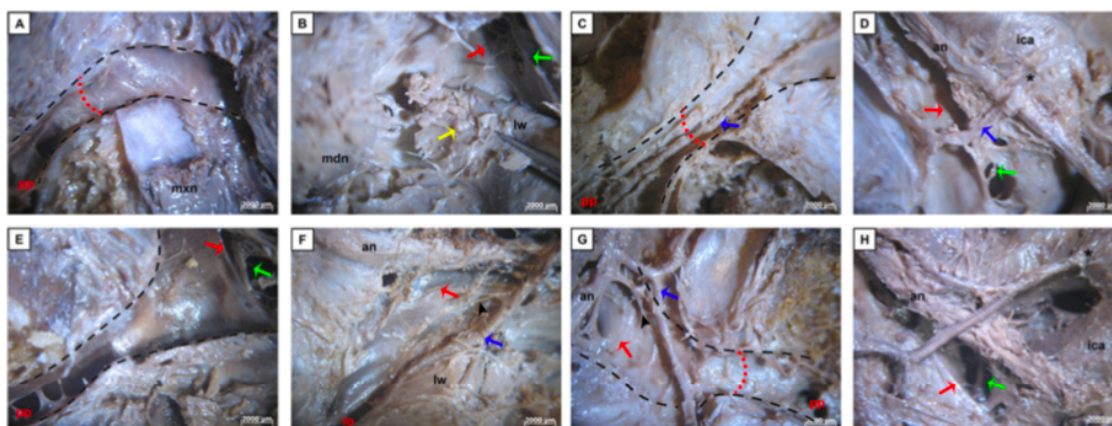


Fig. 3. Internal macroscopic aspects of ESFO.

ESFO showed a smooth and shiny venous bed (A and E) with arachnoid granulations on the lateral walls (B – yellow arrow) and trabecular tissue near the cavernous sinus (F and G – black arrow), besides arterial anastomosis of the internal carotid artery (C, D, F – H – blue arrow). This arterial branch entered the superior opening of ESFO and proceeded towards the pterygoid plexus, passing through the foramen ovale (C and F – red line) or crossing through the wall of the superior route (G). **pp** – pterygoid plexus; **mxn** – maxillary nerve; **mdn** – mandibular nerve; **lw** – lateral wall; **ica** – internal carotid artery; **an** – abducens nerve; **io** – inferior opening; **red arrow** – sphenoidal lingual; **green arrow** – cavernous sinus; **black asterisk** – origin of the arterial anastomosis of the internal carotid artery (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article).

the observations earlier reported by Trolard [4].

The dense layers of collagen fibers type I and the presence of elastic fibers only in the sub-endothelial region described on this study, allow us to admit that the ESFO is effectively a venous sinus. This theory is reinforced by the fact that the ESFO, like the dura mater, has circular collagen fibers, few elastic fibers and lack a muscle layer [1,30], as well as has an inner lining of endothelial cells similar to what is reported by other authors on studies about venous sinuses [5,30–32].

According to Simões [8,24], it was noted that they are formed by fibrous dural leaflets. However, the presence of trabecular tissue and arachnoid granulations mainly on the lateral walls near its superior opening—site of communication with the cavernous sinus - were not a constant finding in the specimens studied. Thus, the data presented by this study do not agree with Browder et al. [33], which attributed to the

trabecular and arachnoid granulations a function similar to that of veins' valves that prevent the retrograde blood flow from the sinuses to veins of the brain.

The classic three layered structure of blood vessels [34,35] does not apply to the ESFO. Compared to the structure of the internal jugular vein and the transverse sinus (control group), the histological layers resembled the transverse sinus, where a dense network of collagen fibers superimpose the transverse and longitudinal arrangements, especially that on lateral walls in contact with the trigeminal ganglion and its branches.

It is known that the presence of elastic fibers allows blood vessels the necessary compliance for distension of their walls during circulation. In veins, these fibers are spread, especially through the tunica adventitia [35,36]. Once that no muscular layer was detected, and that

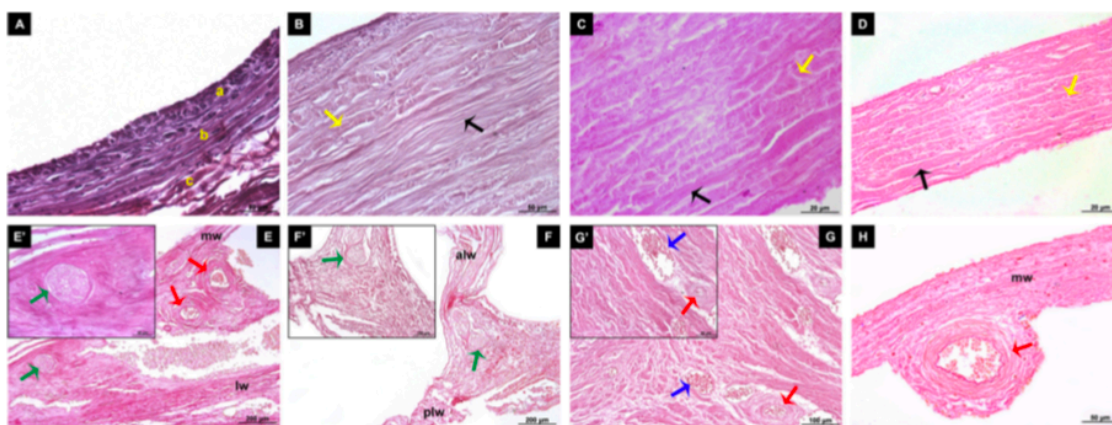


Fig. 4. Microscopic evaluation of the internal jugular vein, transverse sinus and ESFO. Three layers (a - tunica intima, b - tunica media, c - tunica adventitia) were identified in the internal jugular vein (A), whereas the transverse sinus (B) had visible layers of tissue transversely (black arrow) and longitudinally (yellow arrow) arranged. Regarding the ESFO (C – H), the superior (C and E) and inferior (D and F) openings had small arteries (E, G and H – red arrow), veins (G – blue arrow) and nerves (E and F – green arrow), which are demonstrated with greater detail on E', F' and G', respectively. The walls of ESFO were composed by fibers arranged in transverse (C and D – black arrow) and longitudinal (C and D – yellow arrow) direction. **mw** – medial wall; **lw** – lateral wall; **alw** – anterolateral wall; **plw** – posterolateral wall (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article).

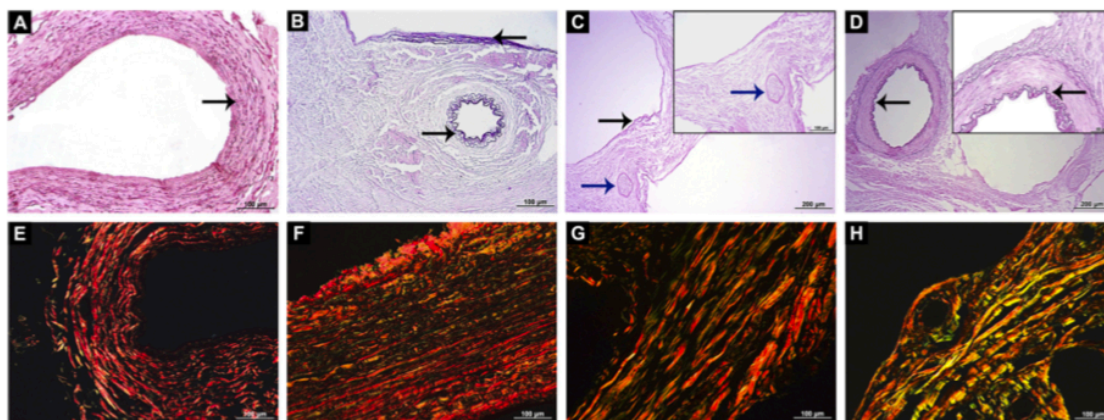


Fig. 5. Microscopic evaluation of the internal jugular vein, transverse sinus and ESFO. The elastic fibers were present in the tunica media on the internal jugular vein (A – black arrow), while on the transverse sinus and the ESFO they were found in the sub-endothelial layer (B and C – black arrow, respectively) and in the tunica intima of small arteries (D – black arrow) and around small nerve branches (C – blue arrow). Larger collagen fibers were predominant in all specimens, the internal jugular vein (E), the transverse sinus (F) and the superior (G) and inferior (H) opening of ESFO (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article).

elastic fibers constitute only a thin sub-endothelial layer, the multi-direction arrangement of collagen fibers of the ESFO lateral walls is probably due to the attachment of its medial wall to the internal face of the sphenoidal bone in the middle cranial fossa, which limits its ability to expand. The parallel longitudinal and transverse arrangement of collagen fibers on lateral walls of ESFO along with its long axis, probably allows a minimum of complacency required during the passage of blood flow through the venous bed.

Regarding the topographic aspects, the ESFO was always present as a single venous channel, disposed anteromedially to the mandibular branch, with the superior opening contacting the angle between the proximal end of both ophthalmic and maxillary nerves, and in intrinsic contact with cavernous sinus. The cavernous sinus have several afferent and efferent venous connections of paramount importance not only to endovascular interventions, as well as to understand the functional venous system around the middle cranial fossa. These correlations allow the use of ESFO as an anatomical reference during surgical approaches, improving adequate and safe therapeutic procedures at this site [24,37].

In addition, this topographic aspects may be considered as a path to spread infectious processes from the environment [12,37,38] to the brain, mainly coming from the face and pterygopalatine fossa. This theory is supported by examples of cavernous sinus thrombophlebitis (CST) caused by infections initiated outside the cranial cavity, such as oral infections or iatrogenic teeth extractions, which enter the cranial cavity through the cavernous sinus via the lacerated, rotundum and oval foramina emissary veins [39–41]. In the dural sinuses, venous flow is bidirectional because these channels do not have valves, pathogens and/or thrombi can spread to cavernous sinus via pterygoid plexus. Approximately 10% of CST cases are usually related to odontogenic causes [39,42–45], including *β-hemolytic streptococci*, anaerobes pathogens and others microorganisms such as, *Streptococcus* species (*S. pneumoniae* and *S. aureus*), and gram-negative bacteria. [12,41,45].

Moreover, the intimate relation of the ESFO with the trigeminal ganglion and its branches, should not be neglected in trigeminal neuralgia, since its etiology is multifactorial [46–48], and one of them is related to the compression of the trigeminal nerve by adjacent vascular structures near its origin site in the brainstem, such as the basilar and cerebellar arteries or pontine veins [49,50].

According to this study, the branch of the internal carotid artery (ACI) found in half of the studied specimens should be considered as

crossing the inferior path of ESFO. This branch, called 'inferolateral trunk' or 'artery of the inferior cavernous sinus', originates on the lateral surface of the horizontal portion (C4) of the ACI and is present in approximately 80–90% of the population [51,52] and might be correlated with intracavernous aneurysm [52]. It emits four smaller branches [51,53–55], what make its vascularization area variable [53]. One of the possibilities is a descending path to the peri-trigeminal region that perform inferior anastomosis with the internal maxillary artery branches, as described by our results.

During dissections, the ESFO was mostly found crossing the foramen ovale to communicate with the pterygoid plexus. However, on seven specimens of the left middle cranial fossa (14%), the direction was the foramen of Vesalius, anteromedially to the foramen ovale. Described as an anatomical normal variation that is considered as a small emissary vein's path, which connects the cavernous sinus with the pterygoid plexus, the authors are not in agreement regarding its presence. They describe percentages ranging from 5 to 21% [56–58], on up to 50–60% of specimens [59].

Opposing to what is described by Shinohara et al. [60] and Inoue et al. [52] which linked the foramen of Vesalius with an emissary vein, the lack of this structure seen in many specimens in this study couldn't be related to the lack of the vessel that crosses through it. Since ESFO was always present on both antimeres, and in 14% of the cases it projected the distal route towards the foramen of Vesalius, it is possible to say that the foramen of Vesalius, whenever present, represents a variety of the ESFO drainage system.

5. Conclusion

The different techniques applied in this study (mesoscopy, histology, and scanning electron microscopy) allow to imply that the venous channel responsible for the blood drainage from the intracranial inferior region to the pterygoid plexus (extracranial) is effectively a dural sinus.

Considering its topographical localization and relationships the ESFO should not be neglected during surgical approaches in the middle cranial fossa, especially those near foramen ovale, as well as disorders compromising its integrity when cases of trigeminal neuralgia or infectious processes in the cranial cavity are being evaluated. Also, due to its uniformity and typical features of a dural venous sinus, it is suggested its inclusion in the Anatomical Nomenclature as 'Emissary Sinus

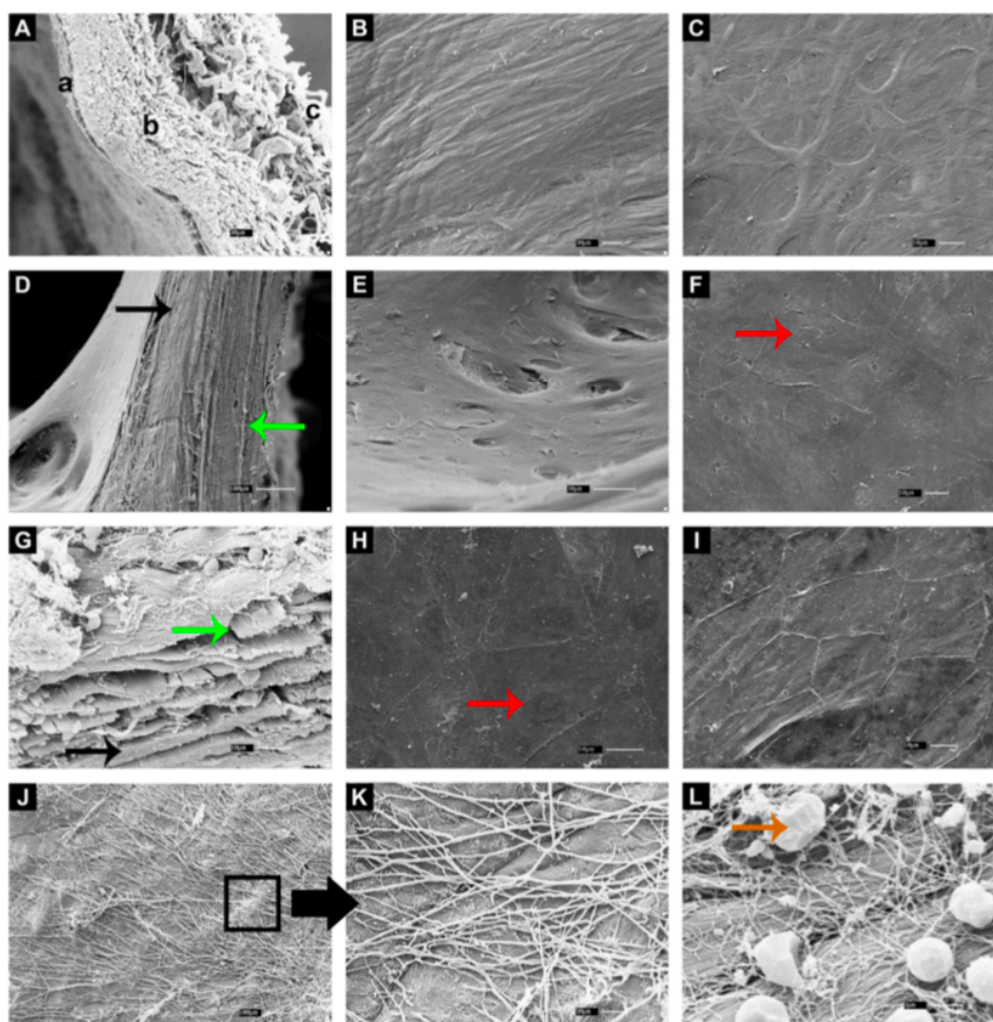


Fig. 6. Ultrastructural evaluation.

Tunica intima (a), media (b), and adventitia (c) of the internal jugular vein (A) were observed. The endothelial layer of the great saphenous vein (B and C) was smooth, whereas on the transverse sinus (E and F) and ESFO (H and I) the cells displayed irregular shapes and rounded nuclei (F and H - red arrow), and their walls (D and G, respectively) had collagen fibers arranged in longitudinal (green arrow) and transversal (black arrow) planes. The outer portion of the ESFO (J and K) had fibrillary components responsible for the attachment to the surface of the sphenoidal bone. Below the sub-endothelial layer of the ESFO (L), the distribution of collagen fibers of different sizes were found with red blood cells (orange arrow) (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article).

of Foramen Ovale'.

Author contributions

Main author: Leonel, Luciano César Pereira Campos was responsible for all experiments, analysis and theories discussed and described above. This paper represents part of his PhD research.

Second author: de Sousa, Severino Denício Gonçalves contributed with the extra experiments, as well as the correction of the reviewed manuscript.

Third author: Liberti, Edson Aparecido was the advisor responsible for the entire correction and analysis, as well as intellectual counselor.

Declarations of interest

None.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Acknowledgments

The authors would like to thank the 'Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)', Sylvio

Scacchetti Simões, PhD (University of Taubaté), as intellectual mentor of the present research and Diego Pulzatto Cury, PhD (Department of Anatomy, Institute of Biomedical Sciences, University of São Paulo), for his comments and suggestions to improve the quality of the images and all technical support regarding the imaging management.

Appendix A. Supplementary data

Supplementary material related to this article can be found, in the online version, at doi:<https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2018.03.018>.

References

- J.F. Knott, On the cerebral sinuses and their variations, *J. Anat. Physiol.* 16 (1881) 27–42. (Accessed 5 June 2017) <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17231415>.
- E.T. Mesquita, C.V. de Souza Júnior, T.R. Ferreira, Andreas vesalius 500 years—a renaissance that revolutionized cardiovascular knowledge, *Rev. Bras. Cir. Cardiovasc.* 30 (2015) 260–265, <http://dx.doi.org/10.5935/1678-9741.20150024>.
- J. Cruveilhier, *Traité d'anatomie Descriptive*, 10th ed., (1843) Paris.
- J.B.P. Trolard, *Recherches sur l'anatomie du système veineux de l'encéphale et du crâne*, Faculté de Médecine de Paris, 1868.
- R. Zivadinov, C.-P. Chung, Potential involvement of the extracranial venous system in central nervous system disorders and aging, *BMC Med.* 11 (2013) 260, <http://dx.doi.org/10.1186/1741-7015-11-260>.
- D.H. Lee, J.T. Hong, J.H. Sung, A. Jain, J. Huh, S.U. Kim, J.Y. Kim, J.Y. Kwon, C.B. Cho, I.S. Kim, S.W. Lee, Morphologic analysis of occipital sinuses for occipital screw fixation using digital subtraction angiography, *World Neurosurg.* 91 (2016) 279–284, <http://dx.doi.org/10.1016/j.wneu.2016.04.038>.
- M. Benifla, U. Yoel, I. Melamed, V. Merkin, A. Cohen, I. Shelef, Dural sinus obstruction following head injury: a diagnostic and clinical study, *J. Neurosurg. Pediatr.* (2016) 1–10, <http://dx.doi.org/10.3171/2016.3.PEDS15690>.
- S. Simões, Relações anatómicas do seio emissário do forame oval e suas implicações clínico-cirúrgicas, *Arq. Neuropsiquiatr.* 31 (1973).
- S. Arsic, I. Jovanovic, A. Petrovic, P. Peric, M. Dukic, Stereological analysis of the human fetal trigeminal ganglion microcirculatory bed, *Facta Univ.* 15 (2008) 85–91 doi:10.6833/15/834-053.13616-076.
- W.E. Dandy, Concerning the cause of trigeminal neuralgia, *Am. J. Surg.* 24 (1934) 447–455, [http://dx.doi.org/10.1016/S0002-9610\(34\)90403-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0002-9610(34)90403-7).
- E. Smoliar, A. Smoliar, L. Sorokin, V. Belkin, Microcirculatory bed of the human trigeminal nerve, *Anat. Rec.* 250 (1998) 245–249. (Accessed 29 January 2016) <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9489785>.
- V. Desa, R. Green, Cavernous sinus thrombosis: current therapy, *J. Oral Maxillofac. Surg.* 70 (2012) 2085–2091, <http://dx.doi.org/10.1016/j.joms.2011.09.048>.
- T. Kilić, A. Akakin, Anatomy of cerebral veins and sinuses, *Front. Neurol. Neurosci.* 23 (2008) 4–15, <http://dx.doi.org/10.1159/00011256>.
- W.R. Henderson, The anatomy of the gasserian ganglion and the distribution of pain in relation to injections and operations for trigeminal neuralgia, *Ann. R. Coll. Surg. Engl.* 37 (1965) 346–373. (Accessed 31 May 2017) <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5849103>.
- W.R. Henderson, A note on the relationship of the human maxillary nerve to the cavernous sinus and to an emissary sinus passing through the foramen ovale, *J. Anat.* 100 (1966) 905–908. (Accessed 29 May 2017) <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5969985>.
- K.R. Han, Y.J. Chae, J.D. Lee, C. Kim, Trigeminal nerve block with alcohol for medically intractable classic trigeminal neuralgia: long-term clinical effectiveness on pain, *Int. J. Med. Sci.* 14 (2017) 29–36, <http://dx.doi.org/10.7150/ijms.16964>.
- H. ARISHIMA, S. KAWAJIRI, H. ARAI, Y. HIGASHINO, T. KODERA, K. KIKUTA, Percutaneous glycerol rhizotomy for trigeminal neuralgia using a single-plane, flat panel detector angiography system: technical note, *Neurol. Med. Chir. (Tokyo)* 56 (2016) 257–263, <http://dx.doi.org/10.2176/nmc.tn.2015-0286>.
- H.V.I. Easwer, N. Chatterjee, A. Thomas, K. Santhosh, K.T. Raman, R. Sridhar, Usefulness of flat detector CT (FD-CT) with biplane fluoroscopy for complication avoidance during radiofrequency thermal rhizotomy for trigeminal neuralgia, *J. Neurointerv. Surg.* 8 (2016) 830–833, <http://dx.doi.org/10.1136/neurintsurg-2015-011738>.
- A. Nader, M.C. Kendall, G.S. De Oliveria, J.Q. Chen, B. Vanderby, J.M. Rosenow, B.R. Bendok, Ultrasound-guided trigeminal nerve block via the pterygopalatine fossa: an effective treatment for trigeminal neuralgia and atypical facial pain, *Pain Phys.* 16 (2013) E537–45. (Accessed 11 March 2018) <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24077204>.
- Z. Guo, B. Wu, C. Du, M. Cheng, Y. Tian, Stereotactic approach combined with 3D CT reconstruction for difficult-to-access foramen ovale on radiofrequency thermo-coagulation of the Gasserian ganglion for trigeminal neuralgia, *Pain Med.* 17 (2016) 1704–1716, <http://dx.doi.org/10.1093/pm/pnv108>.
- S. Simões, Contribuição ao estudo do sistema venoso da área peritrigeminal: seio emissário do forame oval, Universidade de São Paulo, 1971.
- C. Weigert, Über eine methode zur färbung elastischer fasern, *ZBL All. Path. Pathol. Anat.* 9 (1898) 292.
- L.C. Junqueira, G. Bignolas, R.R. Brentani, Picrosirius staining plus polarization microscopy, a specific method for collagen detection in tissue sections, *Histochem. J.* 11 (1979) 447–455. (Accessed 14 July 2017) <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/91593>.
- S. Simões, Estudo anatómico do seio emissário do forame oval, *Rev. Fac. Odontol. Sao Paulo* 11 (1973) 115–128.
- L. Bergmann, Studies on the blood vessels of the human gasserian ganglion, *Anat. Rec.* 82 (1942) 609–629, <http://dx.doi.org/10.1002/ar.1090820410>.
- I.M. Gvozdanovic, D. Riessner, Angiographic studies in the problem of brain revascularization, *Acta Radiol.* 40 (1953) 139–154.
- M. Hashimoto, A. Yokota, H. Yamada, T. Okudera, Development of the cavernous sinus in the fetal period: a morphological study, *Neurol. Med. Chir. (Tokyo)* 40 (2000) 140–150. (Accessed 5 June 2017) <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10842483>.
- M.M. Mortazavi, R.S. Tubbs, S. Riech, K. Verma, M.M. Shoja, A. Zurada, B. Benninger, M. Loukas, A.A. Cohen Gadol, Anatomy and pathology of the cranial emissary veins: a review with surgical implications, *Neurosurg. Focus* 70 (2012), <http://dx.doi.org/10.1227/NEU.0b013e31824388f8> 1312–8–9.
- W.R. Henderson, A note on the relationship of the human maxillary nerve to the cavernous sinus and to an emissary sinus passing through the foramen ovale, *J. Anat.* 100 (1966) 905–908. (Accessed 30 January 2016) <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1270836&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>.
- M.A. Uddin, T.U. Haq, M.Z. Rafique, Cerebral venous system anatomy, *J. Pak. Med. Assoc.* 56 (2006) 516–519. (Accessed 18 July 2017) <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17183980>.
- M. Sindou, J. Leston, E. Decullier, F. Chapuis, Microvascular decompression for primary trigeminal neuralgia: long-term effectiveness and prognostic factors in a series of 362 consecutive patients with clear-cut neurovascular conflicts who underwent pure decompression, *J. Neurosurg.* 107 (2007) 1144–1153, <http://dx.doi.org/10.3171/JNS-07/12/1144>.
- L. Testut, A. Latarjet, *Traité de anatomía humana*, 8th ed., Salvat editores. S. A., Barcelona, Buenos Aires, 1945.
- J. Browder, A. Browder, H.A. Kaplan, The venous sinuses of the cerebral dura mater. I. Anatomical structures within the superior sagittal sinus, *Arch. Neurol.* 26 (1972) 175–180. (Accessed 19 July 2017) <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5008322>.
- B.-B. Zhang, Y.-J. Zhou, J. Du, S.-W. Yang, Z.-J. Wang, H. Shen, Z.-M. Zhou, Comparison of very-high-frequency ultrasound assessment of radial arterial wall layers after first and repeated transradial coronary procedures, *J. Geriatr. Cardiol.* 14 (2017) 245–253, <http://dx.doi.org/10.11909/j.issn.1671-5411.2017.04.003>.
- P. Hernández-Moreira, C.M. Travieso-González, I. Castaño-González, B. Mompe-Corredera, F. Ortega-Santana, Segmentation of elastic fibres in images of vessel wall sections stained with Weigert's resorcin-fuchsin, *Comput. Methods Programs Biomed.* 142 (2017) 43–54, <http://dx.doi.org/10.1016/j.cmpb.2017.02.018>.
- C.M. Kielty, M.J. Sherratt, C.A. Shuttleworth, Elastic fibres, *J. Cell Sci.* 115 (2002) 2817–2828. (Accessed 20 July 2017) <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12082143>.
- Y. Mitsuhashi, K. Hayasaki, T. Kawakami, T. Nagata, Y. Kaneshiro, R. Umaba, K. Ohata, Dural venous system in the cavernous sinus: a literature review and embryological, functional, and endovascular clinical considerations, *Neurol. Med. Chir. (Tokyo)* 56 (2016) 326–339, <http://dx.doi.org/10.2176/nmc.ra.2015-0346>.
- M.L. Bayot, M.K. Zabel, Neuroanatomy, Brain, Sinuses, Dural Venous Sinuses, (2018). (Accessed 8 March 2018) <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29489265>.
- H. Okamoto, A. Ogata, M. Kosugi, H. Takashima, S. Sakata, T. Matsuhashi, Cavernous sinus thrombophlebitis related to dental infection—two case reports, *Neurol. Med. Chir. (Tokyo)* 52 (2012) 757–760. (Accessed 30 January 2016) <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23095272>.
- G. Baltasavias, V. Parthasarathi, E. Aydin, R.A. Al Schameri, P. Roth, A. Valavanis, Cranial dural arteriovenous shunts. Part 1. Anatomy and embryology of the bridging and emissary veins, *Neurosurg. Focus* 38 (2015) 253–264, <http://dx.doi.org/10.1007/s10143-014-0590-2>.
- M.J. DiNubile, Septic thrombosis of the cavernous sinuses, *Arch. Neurol.* 45 (1988) 567–572. (Accessed 9 March 2018) <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3282499>.
- S. Colbert, M. Cameron, J. Williams, Septic thrombosis of the cavernous sinus and dental infection, *Br. J. Oral Maxillofac. Surg.* 49 (2011) e25–e26, <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjoms.2010.07.004>.
- M.W. Yun, C.F. Hwang, C.C. Lui, Cavernous sinus thrombosis following odontogenic and cervicofacial infection, *Eur. Arch. Otorhinolaryngol.* 248 (1991) 422–424. (Accessed 9 March 2018) <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1747254>.
- G.-S. Yeo, H.Y. Kim, H. Kim, E.-J. Kwak, Y.-S. Jung, H.-S. Park, H.-D. Jung, Cavernous sinus thrombosis caused by a dental infection: a case report, *J. Korean Assoc. Oral Maxillofac. Surg.* 40 (2014) 195–198, <http://dx.doi.org/10.5125/jkaoms.2014.40.4.195>.
- C.T. Yarrington, XXII the prognosis and treatment of cavernous sinus thrombosis, *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.* 70 (1961) 263–267, <http://dx.doi.org/10.1177/000348946107000122>.
- E.E. de Lange, Radiographic position of the trigeminal nerve in the skull for angiographic determination of arterial-nerve relationship in trigeminal neuralgia: results of a radiologic-anatomic study, *Surg. Radiol. Anat.* 9 (1987) 193–200. (Accessed 14 July 2017) <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3122340>.
- A.M. Mistry, K.J. Niesner, W.B. Lake, J.A. Forbes, C.N. Shannon, R.A. Kasl, P.E. Konrad, J.S. Neimat, Neurovascular compression at the root entry zone correlates with trigeminal neuralgia and early microvascular decompression outcome, *World Neurosurg.* 95 (2016) 208–213, <http://dx.doi.org/10.1016/j.wneu.2016.08.040>.
- C. Apra, J.-P. Lefaucheur, C. Le Guérinel, Microvascular decompression is an effective therapy for trigeminal neuralgia due to dolichoectatic basilar artery

- compression: case reports and literature review, *Neurosurg. Rev.* 40 (Oct (4)) (2017) 577–582, <http://dx.doi.org/10.1007/s10143-017-0812-5>.
- [49] L. Tanrikulu, P. Hastreiter, T. Bassemir, B. Bischoff, M. Buchfelder, A. Dörfner, R. Naraghi, New clinical and morphologic aspects in trigeminal neuralgia, *World Neurosurg.* 92 (2016) 189–196, <http://dx.doi.org/10.1016/j.wneu.2016.04.119>.
- [50] S.J. Haines, P.J. Jannetta, D.S. Zorub, Microvascular relations of the trigeminal nerve, *J. Neurosurg.* 52 (1980) 381–386, <http://dx.doi.org/10.3171/jns.1980.52.3.0381>.
- [51] G. Brassier, P. Lasjaunias, Y. Guegan, J. Pecker, Microsurgical anatomy of collateral branches of the intracavernous internal carotid artery, in: V.V. Dolenc (Ed.), *Cavernous Sinus a Multidiscip. Approach to Vasc. Tumorous Lesions*, Springer-Verlag, New York, 1987, pp. 81–103.
- [52] T. Inoue, A.L. Rhoton, D. Theele, M.E. Barry, Surgical approaches to the cavernous sinus: a microsurgical study, *Neurosurgery* 26 (1990) 903–932. (Accessed 17 June 2017) <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2362670>.
- [53] F.S. Harris, A.L. Rhoton, Anatomy of the cavernous sinus. A microsurgical study, *J. Neurosurg.* 45 (1976) 169–180, <http://dx.doi.org/10.3171/jns.1976.45.2.0169>.
- [54] D. Parkinson, A surgical approach to the cavernous portion of the carotid artery, *J. Neurosurg.* 23 (1965) 474–483, <http://dx.doi.org/10.3171/jns.1965.23.5.0474>.
- [55] E. Knosp, G. Müller, A. Pemecky, The blood supply of the cranial nerves in the lateral wall of the cavernous sinus, in: V.V. Dolenc (Ed.), *Cavernous Sinus a Multidiscip. Approach to Vasc. Tumorous Lesions*, Springer-Verlag, New York, 1987, pp. 67–80.
- [56] K. Kodama, K. Inoue, M. Nagashima, G. Matsumura, S. Watanabe, G. Kodama, [Studies on the foramen vesalius in the Japanese juvenile and adult skulls], *Hokkaido Igaku Zasshi* 72 (1997) 667–674. (Accessed 6 August 2017) <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9465318>.
- [57] V. Chaisuksunt, L. Kwathai, K. Namonta, T. Rungruang, W. Apinhasmit, S. Chompoong, Occurrence of the foramen of vesalius and its morphometry relevant to clinical consideration, *Sci. World J.* 2012 (2012) 1–5, <http://dx.doi.org/10.1100/2012/817454>.
- [58] P. Scrimani, P. Mukherjee, M. Sarkar, H. Roy, K.S. Sengupta, A.N. Sarkar, K. Ray, Foramina in alisphenoid—an observational study on their Osseo morphology and morphometry, *Int. J. Anat. Radiol. Surg.* 3 (2014) 1–6. (Accessed 6 August 2017) [http://ijars.net/articles/PDF/1997/8376_CE\(Ra1\)_F\(H\)_PFI\(PAK\)_PFA\(AK\).pdf](http://ijars.net/articles/PDF/1997/8376_CE(Ra1)_F(H)_PFI(PAK)_PFA(AK).pdf).
- [59] B.B. Raval, P.R. Singh, J. Rajguru, A morphologic and morphometric study of foramen vesalius in dry adult human skulls of Gujarat region, *J. Clin. Diagn. Res.* 9 (2015) AC04–AC07, <http://dx.doi.org/10.7860/JCDR/2015/11632.5553>.
- [60] A.L. Shinohara, C.G. de Souza Melo, E.M.V. Silveira, J.R.P. Lauris, J.C. Andreo, A. de Castro Rodrigues, Incidence, morphology and morphometry of the foramen of vesalius: complementary study for a safer planning and execution of the trigeminal rhizotomy technique, *Surg. Radiol. Anat.* 32 (2010) 159–164, <http://dx.doi.org/10.1007/s00276-009-0562-3>.

APÊNDICE H – Certificado de Fellowship

The Department of Neurological Surgery of
Albany Medical Center

certifies that

Luciano Cesar Pereira Campos Leonel

completed a six month program
from September 1st 2018 to February 28th 2019
as a fellow in

Microscopic And Endoscopic Skull Base Surgical Anatomy



Alan S. Bonds, MD
Chairman, Department of Neurosurgery





Maria Peric-Caldá MD, PhD
Fellowship Director



Carlos D. Villiers-Velas MD, PhD
Director, BENT research

APÊNDICE I – SUBMISSÃO DE TRABALHO

7 de 32 < > ⚙️

28 de mai de 2019 14:08 ☆ ↩️ ⋮

JNLS-B – Decision on Manuscript ID 19-Mar-0092 Caixa de entrada x

JNLS-B <onbehalf@manuscriptcentral.com>
para eu, mperisceida ▾

🌐 inglês ▾ > português ▾ Traduzir mensagem

Desativar para: inglês x

28-May-2019

Dear Dr. Leonei:

Manuscript ID 19-Mar-0092 entitled "Foundations of Advanced Neuroanatomy: Technical Guidelines for Specimen Preparation, Dissection, and 3D-photodocumentation in a Surgical Anatomy Laboratory" which you submitted to the JNLS-B, has been reviewed. The comments of the reviewer(s) are included at the bottom of this letter.

The reviewer(s) have suggested some minor revisions to your manuscript. Therefore, I invite you to respond to the reviewer(s)' comments and revise your manuscript.

To revise your manuscript, log into <https://mc.manuscriptcentral.com/jnls-b> and enter your Author Center, where you will find your manuscript title listed under "Manuscripts with Decisions." Under "Actions," click on "Create a Revision." Your manuscript number has been appended to denote a revision.

You will be unable to make your revisions on the originally submitted version of the manuscript. Instead, revise your manuscript using a word processing program and save it on your computer.

You are requested to indicate that the revisions/corrections in the manuscript in the following ways:

1. Highlight the revisions,
2. Make the revisions with track-changes on in the word file,
3. List the revisions in a word page.

MANDATORY: May we please request you to include the responses to reviewer questions in a separate word page, and upload it along with your submission. This is a mandatory document that should be included in all the revised manuscripts.

Once the revised manuscript is prepared, you can upload it and submit it through your Author Center.

APÊNDICE J – SUBMISSÃO DE TRABALHO


Editor handles AANAT3304 Caixa de entrada x
 para eu ▾

Annals of Anatomy <em@editorialmanager.com>
 para eu ▾

XÃ ingléis ▾ > português ▾ Traduzir mensagens
 Desativar para: ingléis x

qua, 26 de Jun 13:50

Ms. Ref. No.: AANAT3304
 Title: THE VENOUS CHANNEL BETWEEN THE CAVERNOUS SINUS AND THE PTERYGOID PLEXUS. ANATOMY AND CLINICAL RELEVANCE: A REVIEW.
 Annals of Anatomy

Dear Mr Luciano Leonei,

Your submission "THE VENOUS CHANNEL BETWEEN THE CAVERNOUS SINUS AND THE PTERYGOID PLEXUS. ANATOMY AND CLINICAL RELEVANCE: A REVIEW," will be handled by Editor Lars Klimaschewski.

You may check on the progress of your paper by logging on to the Editorial Manager as an author.

Your username is: Luciano

If you need to retrieve password details, please go to: http://ees.elsevier.com/AANAT/automail_query.asp.

Thank you for submitting your work to this journal.

Kind regards,

Editorial Manager
 Annals of Anatomy

 For further assistance, please visit our customer support site at <http://help.elsevier.com/app/answers/list/p/7923>. Here you can search for solutions on a range of topics, find answers to frequently asked questions and learn more about EM via interactive tutorials. You will also find our 24/7 support contact details should you need any further assistance from one of our customer support representatives.

