**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO
Departamento de Cirurgia e Anatomia**

VICENTE DE PAULO MARTINS COELHO JÚNIOR

**Acesso retrossigmoideo versus petroso posterior: análise comparativa anatomocirúrgica
de duas abordagens assistidas por endoscopia à região petroclival**

**Ribeirão Preto
2019**

VICENTE DE PAULO MARTINS COELHO JÚNIOR

**Acesso retrossigmoideo versus petroso posterior: análise comparativa anatomocirúrgica
de duas abordagens assistidas por endoscopia à região petroclival**

Versão original

Tese apresentada à Faculdade de Medicina de
Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo,
para obtenção do título de Doutor em
Medicina
Área de Concentração: Clínica Cirúrgica

Orientador: Prof. Dr. Benedicto Oscar Colli

**Ribeirão Preto
2019**

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Coelho Jr., Vicente de Paulo Martins

Acesso retrossigmoideo versus petroso posterior: análise comparativa anatomocirúrgica de duas abordagens assistidas por endoscopia à região petroclival. Ribeirão Preto, 2019.

98 p. : il. ; 30 cm

Tese de Doutorado, apresentada à Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/USP. Área de concentração: Clínica Cirúrgica.

Orientador: Colli, Benedicto Oscar.

1. Acesso petroso. 2. Acesso retrossigmoideo. 3. Base de crânio. 4. Lesão petroclival. 5. Neuroendoscopia.

COELHO JR., V. P. M.

Acesso retrossigmoideo versus petroso posterior: análise comparativa anatomocirúrgica de duas abordagens assistidas por endoscopia à região petroclival.

Tese apresentada à Faculdade de Medicina de
Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, para
obtenção do título de Doutor em Medicina, pelo
Programa de Clínica Cirúrgica, Departamento de
Cirurgia e Anatomia, Divisão de Neurocirurgia.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

À Roberta e à Stella, amores da minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por permitir-nos perscrutar a beleza de suas leis.

À Roberta, pelo amor sincero com que me ilumina o cotidiano.

A meu pai Vicente (*in memoriam*) e à minha mãe Meiry, pelos reiterados estímulos desde a infância e pelas sucessivas demonstrações de honestidade diante dos percalços da vida.

Ao Prof. Dr. Benedicto Oscar Colli, a quem muito devo a minha formação neurocirúrgica, da ética à técnica, pela honra de tê-lo também como orientador.

Ao Dr. Márcio Saquy Rassi, pela amizade e pela ajuda providencial e imprescindível neste labor na fria Boston.

Ao Dr. Ossama Al-Mefty, por gentilmente providenciar a concessão para que eu utilizasse o laboratório e frequentasse o respeitável departamento herdeiro de Harvey Cushing.

À Sra. Juliana Pischiottin da Silva Moraes, pelos incontáveis auxílios durante toda a pós-graduação.

Ao Dr. José Mauricio Segundo Correia Mota, amigo-irmão com o qual tive o privilégio da convivência no colégio, na faculdade e em Ribeirão, por estimular-me também neste passo.

RESUMO

COELHO JR., V. P. M. **Acesso retrossigmoideo versus petroso posterior: análise comparativa anatomocirúrgica de duas abordagens assistidas por endoscopia à região petroclival.** 2019. 98 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2019.

A região petroclival abriga peculiaridades anatômicas que acrescem maior complexidade à sua abordagem cirúrgica, representando importante desafio na cirurgia de base do crânio. A conjugação do endoscópio à microscopia clássica vem se consolidando modernamente, podendo auxiliar sobremaneira neste contexto. Entretanto, havendo diferentes acessos propostos para esta área anatômica, dos quais se destacam o retrossigmoideo e o petroso posterior, a literatura carece de evidências mais robustas para dirimir critérios que orientem a escolha de determinada abordagem, tornando-se importante investigar em qual rota à área-alvo este dispositivo permite o melhor resultado. Utilizando um modelo cadavérico, nós objetivamos comparar os acessos petroso posterior e o retrossigmoideo, ambos assistidos por endoscopia, quanto à exposição cirúrgica e à manobrabilidade, bem como verificar se o ângulo petroclival e a profundidade clival podem interferir nestas variáveis. Em cinco cabeças de cadáver, um acesso retrossigmoideo foi realizado de um lado e um petroso posterior retrolabiríntico do outro (10 abordagens). Sob visão endoscópica, coordenadas eram adquiridas por neuronavegação para o cálculo das áreas de exposição cirúrgica (petroclival e pontobulbar) e da manobrabilidade, permitindo-se as comparações. Correlações destas variáveis com o ângulo petroclival e a profundidade clival também foram estudadas. Neste modelo, os acessos mostraram equivalência quanto à exposição cirúrgica, mas o retrossigmoideo permitiu significante maior manobrabilidade. O ângulo petroclival e a profundidade clival se correlacionam com a manobrabilidade, mas não com a exposição cirúrgica em ambos os acessos assistidos por endoscopia. As técnicas assistidas por endoscopia permitem adequada exposição petroclival nestes acessos, o que pode dispensar a necessidade de passos cirúrgicos adicionais de maior morbidade. Usando a neuroendoscopia, o acesso retrossigmoideo pode mostrar alguma vantagem sobre o petroso posterior ao lidar com lesões petroclivais cuja consequente distorção anatômica é mínima.

Palavras-chave: Acesso petroso. Acesso retrossigmoideo. Base de crânio. Lesão petroclival. Neuroendoscopia.

ABSTRACT

COELHO JR., V. P. M. **Retrosigmoid versus posterior petrosal approach: anatomosurgical comparative analysis of two endoscope-assisted approaches to the petroclival region.** 2019. 98 f. Thesis (Doctorate) - Ribeirão Preto Medical School, University of São Paulo, Ribeirão Preto, 2019.

The petroclival region bears anatomical peculiarities that add more complexity to its surgical approach, representing an important challenge in skull base surgery. The conjugation of the endoscope to the classic microscopy has been consolidating modernly, being able to help greatly in this context. However, with different accesses proposed for this anatomical area, of which retrosigmoid and posterior petrous stand out, the literature lacks more robust evidence to determine criteria that guide the choice of a particular approach, making it important to investigate which route to the target-area this device allows the best result. Using a cadaveric model, we aimed to compare posterior petrosal and retrosigmoid approaches, both with endoscopic assistance, regarding surgical exposure and maneuverability, as well as to verify whether the petroclival angle and clival depth interfere in these variables. In five cadaveric heads, a retrosigmoid approach was performed on one side and a retrolabyrinthine posterior petrosal on the other (10 approaches). Under endoscopic view, coordinates were acquired by neuronavigation to calculate the surgical exposure area (petroclival and pontomedullary) and maneuverability to allow comparisons. Correlations of these variables with petroclival angle and clival depth were also studied. In this model, the approaches showed equivalence regarding surgical exposure, but retrosigmoid afforded significantly greater maneuverability. The petroclival angle and clival depth correlate with maneuverability, but not with surgical exposure in both endoscope-assisted approaches. Endoscope-assisted techniques allow adequate petroclival exposure in these approaches, which may spare the need for additional surgical steps of greater morbidity. Using neuroendoscopy, the retrosigmoid approach might show some advantage over posterior petrosal when dealing with petroclival lesions whose consequent anatomical distortion is minimal.

KEY WORDS: Petrosal approach. Retrosigmoid approach. Skull base. Petroclival lesion. Neuroendoscopy.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Fotografia da região petroclival de um crânio humano, demonstrando-se a demarcação de zonas através da linha entre os meatos acústicos internos (intermeatal) e da outra entre os tubérculos jugulares (intertubercular). A zona I localiza-se superiormente à linha intermeatal; a zona II, entre as linhas (com a depressão clival central representada pela região hachurada); a zona III estende-se abaixo da linha intertubercular, incluindo portanto a porção anterior do forame magno (ABDEL AZIZ *et al.*, 2000).....20
- Figura 2 - Ilustração dos acessos assistidos por endoscopia comparados no modelo cadavérico do presente estudo. Parte dos seios durais está representada em azul em ambos os desenhos.29
- Figura 3 - Visão endoscópica panorâmica do ângulo pontocerebelar através do acesso petroso posterior (lente 0°), após completar-se a dissecação cisternal, demonstrando-se os corredores convencionados neste trabalho: corredor superior, entre o V e o VII-VIII; corredor inferior, entre o VII-VIII e os nervos baixos. O tubérculo suprameatal (#) não possuía tamanho avantajado (assim como nos outros espécimes utilizados). ACAI: artéria cerebelar anteroinferior; Fl.: flóculo; V: nervo trigêmeo; VII-VIII: complexo facial-vestibulococlear; IX: nervo glossofaríngeo; X: nervo vago; rl-ACS: ramo lateral da artéria cerebelar superior; a: apontador do neuronavegador; VPS: veia petrosa superior.....30
- Figura 4 - Fotografia da estação de trabalho no laboratório durante a fase endoscópica da dissecação cisternal.31
- Figura 5 - Fotografia da incisão do acesso retrossigmoideo. Uma incisão retroauricular em C era realizada, com a porção central distando 4cm da implantação da orelha.32
- Figura 6 - Fotografia da craniotomia retromastoidea. O encontro dos seios transversos e sigmoide (seta) era exposto, preservando-se a mastoide (M).33
- Figura 7 - Fotografia da durotomia no acesso retrossigmoideo. Após realizada, as bordas durais adjacentes aos seios eram reparadas, expondo-se a superfície suboccipital do hemisfério cerebelar ipsilateral.34
- Figura 8 - Visão microscópica no acesso retrossigmoideo, após fase inicial da dissecação cisternal, com remoção da aracnoide que cobria os nervos visualizados. VII-VIII: complexo facial-vestibulococlear; IX: nervo glossofaríngeo; X: nervo vago.35
- Figura 9 - Fotografia da incisão do acesso petroso posterior. Com o formato de J, a mesma se estendia da raiz do arco zigomático, 1cm anterior ao trago, até o ápice mastoideo.36
- Figura 10 - Fotografia da exposição óssea para o acesso petroso posterior. A fáscia temporal (FT) era rebatida posteriormente em conjunto com parte do músculo esternocleidomastoideo (ME), enquanto que o músculo temporal (MT) era rebatido anteriormente.36

Figura 11 - Fotografias da execução em passos da exposição dural no acesso petroso posterior. A: Uma craniotomia suboccipitotemporal era realizada primeiramente, expondo-se partes da dura-máter sobre a região temporal (DT) e suboccipital (DSO), além do seio sigmoide (SS). B: A linha tracejada demonstra a área de broqueamento na mastoidectomia, inicialmente da sua região superficial e depois das trabéculas ósseas, deixando-se fina camada de osso cortical sobre o SS e pequena parte da DSO, além de preservar-se o labirinto.....37

Figura 12 - Fotografia do acesso petroso posterior, após a craniotomia suboccipitotemporal e a mastoidectomia com preservação do labirinto (acesso petroso posterior retrolabiríntico). O seio sigmoide (SS) e a dura-máter sobre a região temporal (DT) estão identificados, assim como a dura pré-sigmoide no triângulo de Trautmann (TT), o qual é delimitado pelo seio petroso superior (linha tracejada amarela), pelo SS (linha tracejada branca) e pelo labirinto (linha tracejada preta).38

Figura 13 - Fotografia do aspecto cisternal após a incisão do tentório e dissecação aracnoidea. A linha tracejada ilustra o local da incisão, iniciando-se imediatamente posterior ao seio petroso superior (SPS), acompanhando-se a crista petrosa até a cisterna *ambiens*, onde identificamos o nervo troclear (IV) e o segmento pontomesencefálico da artéria cerebelar superior (spm-ACS), apontado pela seta. O ramo lateral da artéria cerebelar superior (rl-ACS) também está identificado.39

Figura 14 - Fotografia da disposição das espátulas no acesso petroso posterior retrolabiríntico. O seio petroso superior (SPS), destacado pela seta, era tracionado por sutura, após a incisão tentorial. SS: seio sigmoide.39

Figura 15 - Parte da visão microscópica no acesso petroso posterior retrolabiríntico. VII-VIII: complexo facial-vestibulococlear; IX: nervo glossofaríngeo; X: nervo vago.40

Figura 16 - Captura de tela obtida na plataforma de neuronavegação durante a aquisição de coordenadas. O método foi utilizado para permitir o cálculo das medidas utilizadas para as comparações neste estudo.41

Figura 17 - Capturas de tela dos *softwares* utilizados para o cálculo dos parâmetros estudados. As coordenadas adquiridas pela neuronavegação (A) eram utilizadas no programa gráfico GeoGebra (B) para compor polígonos cujas áreas representavam as medidas utilizadas para comparação.42

Figura 18 - Representação esquemática da área poligonal estabelecida como a exposição petroclival neste trabalho, calculada a partir de coordenadas obtidas por neuronavegação. V: nervo trigêmeo; VI: nervo abducente; VII-VIII: complexo facial-vestibulococlear; IX-X-XI: nervos baixos (glossofaríngeo, vago e acessório).43

Figura 19 - Visão de aproximação com endoscópio 0° do nervo trigêmeo (V) próximo à zona de entrada da raiz dorsal. Além da superfície pontina (seta), a raiz sensitiva e as radículas motoras do V estão identificadas, assim como a alça da artéria cerebelar anteroinferior (ACAI). a: apontador do neuronavegador.44

Figura 20 - Ilustração esquemática da área poligonal definida como a exposição pontobulbar neste trabalho, também calculada a partir de coordenadas obtidas por neuronavegação, sob visão endoscópica. V: nervo trigêmeo; VII-VIII: complexo facial-vestibulococlear; IX: nervo glossofaríngeo.....44

Figura 21 - Visão de aproximação do nervo abducente (VI) na entrada da dura clival, após dissecação cisternal assistida pelo endoscópio, no início de seu segmento galfar (entrada do canal de Dorello, apontada pela seta) - endoscópio com lente 0° inserido entre o complexo VII-VIII e o nervo glossofaríngeo. AB: artéria basilar; a: apontador do neuronavegador; VI: nervo abducente.....45

Figura 22 - Ilustração esquemática da área de manobrabilidade de um microdissector reto posicionado na entrada do canal de Dorello, obtendo-se uma área poligonal esférica a partir de coordenadas de neuronavegação dos pontos de movimentação máxima em dois eixos (um do tronco para o clivus e o outro perpendicular a este, limitado pelo nervos cranianos), tanto pelo corredor superior quanto pelo inferior. V: nervo trigêmeo; VI: nervo abducente; VII-VIII: complexo facial-vestibulococlear; IX-X-XI: nervos baixos (glossofaríngeo, vago e acessório).....46

Figura 23 - Imagens da reconstrução multiplanar 3D e da forma de cálculo do ângulo petroclival e da profundidade clival a partir da orientação obtida. A disposição escolhida dos eixos perpendiculares foi padronizada. A: Janela de exibição coronal, com o eixo vertical cruzando a ponta do odontoide e a sutura sagital. B: Janela de exibição sagital, com o um dos eixos na linha tubérculo selar-protuberância occipital externa. C: Janela de exibição axial, com o eixo vertical alinhado com a *crista galli* e a protuberância occipital externa. D: Cálculo do ângulo petroclival em um dos espécimes, a partir do encontro das linhas das superfícies clival e petrosa. E: Medida da profundidade clival, a distância perpendicular da linha intermeatal à superfície média do clivus.47

Figura 24 - Comparação das médias das áreas de exposição petroclival dos acessos eRS e ePP. A comparação entre elas demonstrou que a diferença não era significativa ($p = 0,69$). Os dados, expressos como média e erro padrão da média, foram comparados pelo teste U de Mann-Whitney. eRS: acesso retrossigmoideo assistido por endoscopia; ePP: acesso petroso posterior assistido por endoscopia.....51

Figura 25 - Comparação das médias das áreas de exposição pontobulbar dos acessos eRS e ePP. Esta comparação demonstrou que a diferença não era significativa ($p = 0,83$). Os dados, expressos como média e erro padrão da média, foram comparados pelo teste U de Mann-Whitney. eRS: acesso retrossigmoideo assistido por endoscopia; ePP: acesso petroso posterior assistido por endoscopia.....52

Figura 26 - Comparações das médias das áreas de manobrabilidade total, via corredor superior e via corredor inferior dos acessos eRS e ePP. O eRS demonstrou significativa maior manobrabilidade total ($p = 0,03$) que o ePP. A manobrabilidade do primeiro tendeu a ser maior que a do último quando se considerou separadamente por corredor, não tendo havido significância estatística ($p = 0,055$) para ambos os corredores isoladamente. Os dados, expressos como média e erro padrão da média, foram comparados pelo teste U de Mann-

Whitney. eRS: acesso retrossigmoideo assistido por endoscopia; ePP: acesso petroso posterior assistido por endoscopia; * destaca a comparação que demonstrou significância estatística. .54

Figura 27 - Gráficos de dispersão das relações entre áreas de manobrabilidade e o ângulo petroclival, sendo aqui assinalados somente os que demonstraram relação monotônica com correlações fortes. Quanto maior o ângulo petroclival, menor a manobrabilidade através do corredor superior tanto no eRS (A, $r_s = -0,9$ / $p = 0,037$) como no ePP (C, $r_s = -0,3$ / $p = 0,62$) e maior a manobrabilidade pelo corredor inferior no ePP (B, $r_s = 0,8$ / $p = 0,1$). Os dados foram analisados pela correlação de Spearman. eRS: acesso retrossigmoideo assistido por endoscopia; ePP: acesso petroso posterior assistido por endoscopia; * destaca a correlação que demonstrou significância estatística.56

Figura 28 - Gráficos de dispersão das relações entre áreas de manobrabilidade e a profundidade clival, sendo aqui assinalados somente os que demonstraram relação monotônica com correlações fortes. Quanto maior a profundidade clival, maior é a manobrabilidade total no eRS (A, $r_s = 0,9$ / $p = 0,037$) e menor a manobrabilidade pelo corredor inferior no ePP (B, $r_s = -0,9$ / $p = 0,037$). Os dados foram analisados pela correlação de Spearman. eRS: acesso retrossigmoideo assistido por endoscopia; ePP: acesso petroso posterior assistido por endoscopia; * destaca as correlações que demonstraram significância estatística.57

Figura 29 - Gráfico de dispersão da relação entre o ângulo petroclival e a profundidade clival. Quanto maior o ângulo petroclival, menor a profundidade clival ($r_s = -0,6$ / $p = 0,3$). Os dados foram analisados pela correlação de Spearman.58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Medidas das áreas de exposição petroclival para cada acesso nos espécimes.	50
Tabela 2 - Medidas das áreas de exposição pontobulbar para cada acesso nos espécimes.	52
Tabela 3 - Medidas das áreas de manobrabilidade para cada acesso nos espécimes.	53
Tabela 4 - Média e desvio-padrão das áreas de manobrabilidade por acesso.	54
Tabela 5 - Medidas do ângulo petroclival e da profundidade clival nos espécimes.	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a	Apontador do neuronavegador
AB	Artéria basilar
ACAI	Artéria cerebelar anteroinferior
rl-ACS	Ramo lateral da artéria cerebelar superior
spm-ACS	Segmento pontomesencefálico da artéria cerebelar superior
DT	Dura-máter temporal
DP	Desvio-padrão
DSO	Dura-máter suboccipital
ePP	Acesso petroso posterior assistido por endoscopia
eRS	Acesso retrossigmoideo assistido por endoscopia
Fl.	Flóculo
FT	Fáscia temporal
M	Mastoide
ME	Músculo esternocleidomastoideo
MT	Músculo temporal
TC	Tomografia computadorizada
TT	Triângulo de Trautmann
SPS	Seio petroso superior
SS	Seio sigmoide
IV	Nervo troclear
V	Nervo trigêmeo
VI	Nervo abducente
VII-VIII	Complexo facial-vestibulococlear
IX	Nervo glossofaríngeo
X	Nervo vago
IX-X-XI	Nervos baixos (glossofaríngeo, vago e acessório)
3D	Tridimensional
3D MPR	Reconstrução multiplanar tridimensional
p	Valor de p
r _s	Coefficiente de Spearman
xyz	Coordenadas cartesianas x, y e z

LISTA DE SÍMBOLOS

cm	centímetro
cm ³	centímetro cúbico
mm	milímetro
mm ²	milímetro quadrado
°	grau
n.º	número
=	igual a
±	mais ou menos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	A região petroclival	19
1.1.1	Conceituação anatomocirúrgica	19
1.1.2	Zoneamento petroclival	19
1.1.3	Dificuldades de abordagem cirúrgica inerentes à região	20
1.1.4	Configuração espacial petroclival como fator de influência na dificuldade cirúrgica	21
1.2	Os acessos cirúrgicos à área petroclival	21
1.2.1	Exposição cirúrgica conforme as zonas petroclivais	22
1.2.2	Passos cirúrgicos adicionais para otimizar a exposição cirúrgica	22
1.2.3	As recentes vias transnasais endoscópicas à região petroclival	23
1.2.4	Os acessos escolhidos para este estudo	23
1.3	A Neurocirurgia assistida por endoscopia	24
1.3.1	Benefícios	24
1.3.2	Desvantagens	25
1.3.3	Panorama da investigação	25
2	OBJETIVOS	27
3	MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1	Modelo cadavérico	29
3.2	Padronização dos acessos	30
3.2.1	Generalidades	30
3.2.2	Acesso retrossigmoideo	31
3.2.3	Acesso petroso posterior	35
3.3	Aquisição de dados e cálculos	40
3.4	Parâmetros computados	42
3.4.1	Área de exposição petroclival	42
3.4.2	Área de exposição pontobulbar	43
3.4.3	Manobrabilidade	45
3.5	Protocolo de medição do ângulo petroclival e da profundidade clival	46

3.6	Análise estatística	48
4	RESULTADOS	50
4.1	Áreas petroclivais	50
4.2	Áreas pontobulbares	51
4.3	Manobrabilidade	53
4.4	Correlações de Spearman	55
5	DISCUSSÃO	60
5.1	Limitações gerais deste modelo.....	60
5.2	Ponderações sobre aspectos técnicos dos acessos	60
5.3	Manipulação endoscópica.....	61
5.4	Aspectos metodológicos	62
5.5	Visão geral.....	64
6	CONCLUSÕES.....	67
7	REFERÊNCIAS.....	69
8	ANEXOS.....	75
9	MANUSCRITO	77

1. INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

1.1 A região petroclival

1.1.1 Conceituação anatomocirúrgica

Consistindo numa segmentação topográfica utilizada para didatizar o raciocínio da tática cirúrgica, o que se convencionou chamar de região petroclival, classicamente, engloba os compartimentos intracranianos relacionados à região delineada pela conjunção da parte posterior do osso esfenoide (dorso da sela túrcica) e das porções clival do osso occipital e petrosa do osso temporal, além desses mesmos componentes ósseos (TEDESCHI; RHOTON, 1994). Há determinadas divergências na literatura neurocirúrgica quanto a esta definição, mais explicitadas quando o termo é aplicado para classificar meningeomas, uma vez que a implantação dural destes tumores é o critério utilizado para tal. Neste sentido, alguns postulam que a implantação pode ser denominada petroclival somente quando situada medialmente ao nervo trigêmeo, para diferenciá-la de outro segmento topográfico contíguo, o ângulo ponto-cerebelar. A inobservância por outros autores deste limite anatômico convencionado respondeu pelo consequente emprego do termo petroclival para tumores que seriam elencados como do ângulo pontocerebelar. Embora esta discordância conceitual alicerce as críticas com relação à artificialidade desta diferenciação, argumentando-se que o processo patológico obviamente não respeita obrigatoriamente estas fronteiras anatômicas estabelecidas, estas delimitações subsidiam estudos da abordagem cirúrgica da área com maior objetividade nas análises (SAFAVI-ABBASI *et al.*, 2007).

1.1.2 Zoneamento petroclival

No intuito de prover uma delimitação clara da região a ser estudada, o presente trabalho adota a definição de região petroclival utilizada no artigo que propôs uma subdivisão

da região em zonas (Figura 1), destacando-se que os nervos trigêmeos, os meatos acústicos internos e os tubérculos jugulares são os principais parâmetros anatômicos que estabelecem os limites laterais da região petroclival, estendendo-se a porção óssea desta portanto do dorso da sela túrcica até a porção anterior do forame magno (ABDEL AZIZ *et al.*, 2000).

Após traçar duas linhas imaginárias, uma entre os meatos acústicos internos (linha intermeatal) e outra entre os tubérculos jugulares (linha intertubercular), os autores subdividiram a região em zonas: a zona I localiza-se superior à primeira linha; a zona II é definida entre as linhas, cuja porção central na superfície clival é denominada de depressão clival central; e a zona III situa-se inferior à última linha (ABDEL AZIZ *et al.*, 2000; CHANG *et al.*, 2009).

Figura 1 - Fotografia da região petroclival de um crânio humano, demonstrando-se a demarcação de zonas através da linha entre os meatos acústicos internos (intermeatal) e da outra entre os tubérculos jugulares (intertubercular). A zona I localiza-se superiormente à linha intermeatal; a zona II, entre as linhas (com a depressão clival central representada pela região hachurada); a zona III estende-se abaixo da linha intertubercular, incluindo portanto a porção anterior do forame magno (ABDEL AZIZ *et al.*, 2000).

1.1.3 Dificuldades de abordagem cirúrgica inerentes à região

As particularidades anatômicas da região petroclival conferem tamanha complexidade à sua abordagem cirúrgica que comumente a região é referida como verdadeiro desafio na cirurgia de base do crânio (HASANBELLIU *et al.*, 2016; KOUTOUROUSIOU *et al.*, 2017;

MUTO *et al.*, 2016). A disposição das estruturas neurovasculares nesta área, determinando a exiguidade dos corredores cirúrgicos, e a eloquência destas aumentam sobremaneira os riscos de morbidade. Ademais, tumores na região podem não só distorcer a configuração anatômica das estruturas, dificultando-se a identificação cirúrgica, como por vezes chegam a envolvê-las, acrescendo a complexidade das disseções necessárias (JACQUESSON *et al.*, 2015b; SCHROEDER; HICKMANN; BALDAUF, 2011).

1.1.4 Configuração espacial petroclival como fator de influência na dificuldade cirúrgica

A própria conformação espacial resultante da disposição das superfícies ósseas clival e petrosa configura elemento que também pode influenciar resultados cirúrgicos nesta área, como o grau de ressecção tumoral conseguido, por exemplo. Descreveu-se que quanto menor é o ângulo entre estas superfícies, maior tende a ser a quantidade de resíduo tumoral, principalmente devido a uma maior dificuldade de visibilização pela microscopia cirúrgica, especialmente na área da depressão clival central (ABDEL AZIZ *et al.*, 2000). Esta referida conformação pode ser mensurada através do ângulo petroclival e da profundidade clival, cujos conceitos serão abordados doravante neste trabalho.

1.2 Os acessos cirúrgicos à área petroclival

O número de opções de abordagens à região petroclival, incluindo variações técnicas dentro da mesma categoria, corrobora a dificuldade contextualizada anteriormente (GROSS *et al.*, 2012; SAMII; ALIMOHAMADI; GERGANOV, 2014; SANMILLAN *et al.*, 2016; SIWANUWATN *et al.*, 2006; TEDESCHI; RHOTON, 1994). Frequentemente, os acessos têm sua indicação estabelecida rotineiramente pela preferência do cirurgião, uma vez que não há demonstração inequívoca na literatura que estabeleça a superioridade de determinada abordagem. Para uma mesma lesão, desta forma, grupos comumente divergem quanto ao melhor acesso (GROSS *et al.*, 2012; SAMII; ALIMOHAMADI; GERGANOV, 2014, 2016).

De maneira geral, entretanto, vantagens e desvantagens são descritas para cada abordagem, ressaltando-se principalmente as limitações de exposição cirúrgica.

1.2.1 Exposição cirúrgica conforme as zonas petroclivais

Em consonância com o zoneamento proposto para a região petroclival, alguns autores argumentam que: o acesso petroso anterior alcança principalmente a zona I e o acesso transcondilar permite abordar a zona III, com ambos evidenciando importantes limitações no trabalho cirúrgico nas demais zonas; e os acessos petroso posterior e retrossigmoideo se destacam no grupo das abordagens à região petroclival, uma vez que, além de serem os principais para acessar a zona II, podem viabilizar a exposição das três zonas quando acrescidos de variações técnicas que envolvem ressecção óssea intradural adicional, embora ainda com restrições, notadamente na depressão clival central (ABDEL AZIZ *et al.*, 2000; ALONSO *et al.*, 2017; CHANG *et al.*, 2009).

1.2.2 Passos cirúrgicos adicionais para otimizar a exposição cirúrgica

Apesar desta sistematização com base na zona melhor exposta por cada acesso, as limitações impostas à visibilização são evidentes mesmo na zona ideal preconizada da abordagem proposta (ABDEL AZIZ *et al.*, 2000). A dificuldade está relacionada principalmente aos empecilhos interpostos à visibilização pela microscopia cirúrgica pelas próprias estruturas anatômicas da região petroclival. No intuito de sobrepujar essas limitações, tanto a combinação de acessos como passos cirúrgicos extras têm sido relatados, ocasionando, todavia, acréscimo na morbidade. Neste ínterim, por exemplo, para ampliar o alcance do acesso petroso posterior, existem variações técnicas que incluem ressecções labirínticas em graus variados. Estas extensões translabirínticas do acesso petroso posterior vão desde uma labirintectomia parcial, com a ressecção dos canais semicirculares superior e posterior, envolvendo os riscos óbvios à audição, até uma extensão transcoclear, a qual consiste numa petrosectomia total com mobilização do nervo facial, significando o sacrifício

da audição e o possível comprometimento da função do nervo facial ipsilaterais. Já no acesso retrossigmoideo, também como medida de expandir sua capacidade de exposição cirúrgica, o broqueamento do tubérculo suprameatal é descrita, o que também aumenta o risco de lesões neurovasculares (GROSS *et al.*, 2012; HASANBELLIU *et al.*, 2016; SAFAVI-ABBASI *et al.*, 2007).

1.2.3 As recentes vias transnasais endoscópicas à região petroclival

Em contrapartida aos acessos transcranianos citados anteriormente, publicações dos últimos anos atestam o esforço de se desenvolver a via transnasal endoscópica para a abordagem de lesões petroclivais (DE LARA *et al.*, 2014; FREEMAN *et al.*, 2018; ZWAGERMAN *et al.*, 2016). Acessos endoscópicos estendidos, principalmente transclivais e transmaxilares, têm sido estudados para trabalhar nas três zonas petroclivais. Entretanto, alguns aspectos limitam sobremaneira a utilização destas vias, suscitando dúvidas quanto ao real benefício de se preterir as técnicas transcranianas. A limitação lateral das abordagens transnasais é patente, tornando muitas lesões que se estendem lateralmente à sutura petroclival e aos nervos abducente e hipoglosso dificilmente abordáveis por estas vias, mesmo através de manobras como a remoção da tuba de Eustáquio e a mobilização das artérias carótidas internas que, ademais, carregam consideráveis riscos. Outra ressalva é que, apesar do advento dos retalhos nasosseptais e do desenvolvimento de materiais sintéticos para fechamento das falhas durais decorrentes destes acessos, os índices de fístula liquórica pós-operatória ainda são consideráveis. Em investigação recente, Freeman e colaboradores postularam que lesões petroclivais com extensão lateral maior que 1,5cm³ são melhor abordadas por vias transcranianas (FREEMAN *et al.*, 2018).

1.2.4 Os acessos escolhidos para este estudo

O acesso petroso posterior e o retrossigmoideo integram o conjunto das vias preferidas para a abordagem da região petroclival. Além da justificativa da prevalência usual, ambos

permitem atingir, como enfatizado anteriormente, as três zonas petroclivais, salvaguardando-se as já mencionadas restrições particulares cuja superação requer variações técnicas que, em troca da ampliação da exposição cirúrgica, exacerbam a morbidade relacionada às abordagens (ABDEL AZIZ *et al.*, 2000; CHANG *et al.*, 2009; GROSS *et al.*, 2012). Desta maneira, seus alcances superam os dos demais acessos transcranianos isolados, além de superarem as óbvias limitações laterais dos acessos endoscópicos transnasais (FREEMAN *et al.*, 2018). Embora haja argumentações arroladas por grupos que defendem prioritariamente um acesso em detrimento do outro, não há critérios claros que objetivem a escolha. E dentro desta problemática, há diferenças notáveis entre os dois acessos que interferem notoriamente no ritmo cirúrgico: o acesso retrossigmoideo requer bem menos tempo e é de mais simples execução do que o petroso posterior (BAIDYA; BERHOUMA; AMMIRATI, 2014; SAMII; ALIMOHAMADI; GERGANOV, 2014; SCHROEDER; HICKMANN; BALDAUF, 2011).

1.3 A Neurocirurgia assistida por endoscopia

1.3.1 Benefícios

Na Neurocirurgia, a aplicação do endoscópio em conjugação à utilização do microscópio, modalidade denominada de microcirurgia assistida por endoscopia, vem sendo amplamente investigada nos últimos anos (BAIDYA; BERHOUMA; AMMIRATI, 2014; BAIDYA; TANG; AMMIRATI, 2013; EBNER *et al.*, 2007; KALANI *et al.*, 2016; PILLAI *et al.*, 2009; REHDER *et al.*, 2016; SALMA; WANG; AMMIRATI, 2010; SAMII; ALIMOHAMADI; GERGANOV, 2014, 2016; SCHROEDER; HICKMANN; BALDAUF, 2011; TANG; BAIDYA; AMMIRATI, 2013a, 2013b). O dispositivo permite engendrar inspeções mais detalhadas, descortinando características microanatômicas ao mesmo tempo que proporciona a visibilização de áreas inatingíveis à capacidade óptica do microscópio cirúrgico. A possibilidade de reduzir as dimensões necessárias das craniotomias e a menor necessidade de retração parenquimatosa, com implicações evidentes para o decréscimo da morbidade relacionada ao acesso cirúrgico, também são destacadas por diversos autores

(COLASANTI *et al.*, 2015; EBNER *et al.*, 2009; TAKEMURA *et al.*, 2014; YOUSSEF *et al.*, 2015).

1.3.2 Desvantagens

Os endoscópios demandam instrumentos adaptados a um trabalho coaxial com estes dispositivos, exigindo manipulações ainda pouco usuais para muitos neurocirurgiões. Além disso, ocupando espaço nos corredores cirúrgicos, sua utilização fomenta discussões especialmente no contexto de regiões como a petroclival, onde estes corredores são limitados, por potencialmente acarretarem restrições adicionais às manobras cirúrgicas necessárias (KOUTOUROUSIOU *et al.*, 2017; ZWAGERMAN *et al.*, 2016).

1.3.3 Panorama da investigação

Portanto, a utilização do endoscópio em acessos mais usuais e de melhor exposição à região petroclival, como o petroso posterior e o retrossigmoideo, poderiam não somente expandir a área de exposição conseguida, como também dispensar a necessidade do trabalho ósseo adicional para tal, albergando consequente redução da morbidade. Assim, estabelecer critérios para contrapor os acessos com o intuito de averiguar características que permitam embasar determinada escolha cirúrgica, inclusive avaliando a viabilidade da manipulação de instrumentos em técnicas assistidas por endoscopia, pode representar importante auxílio ao cirurgião para abordar a desafiadora região petroclival.

2. OBJETIVOS

2 OBJETIVOS

Através do modelo desenhado neste trabalho, nós objetivamos comparar os acessos petroso posterior com preservação do labirinto (retrolabiríntico) e retrossigmoideo, ambos assistidos por endoscopia, à região petroclival, considerando a exposição cirúrgica conseguida na área-alvo e a manobrabilidade dos instrumentos. Além disso, buscamos verificar a possível relação das características anatômicas da região petroclival com estas variáveis.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi integralmente realizado no Laboratório de Base de Crânio do *Brigham and Women's Hospital - Harvard Medical School* (Boston, EUA), obedecendo aos protocolos éticos da instituição. Os espécimes utilizados no laboratório eram provenientes do Departamento de Anatomia da *University of Maryland School of Medicine* (Baltimore, EUA).

3.1 Modelo cadavérico

Cinco cabeças de cadáver adultas caucasianas fixadas em formol, injetadas com silicone vermelho e azul para a vasculatura arterial e venosa, respectivamente, foram submetidas à tomografia computadorizada (TC) de alta resolução (cortes de 0,6mm). Excluindo-se haver processo patológico identificável radiologicamente, estas foram então utilizadas nas dissecções. Em cada cabeça, um acesso retrossigmoideo era realizado de um lado e um petroso posterior retrolabiríntico realizado do outro, totalizando dez abordagens, coletando-se dados a partir de neuronavegação para as comparações (Figura 2).

Figura 2 - Ilustração dos acessos assistidos por endoscopia comparados no modelo cadavérico do presente estudo. Parte dos seios duros está representada em azul em ambos os desenhos.

3.2 Padronização dos acessos

3.2.1 Generalidades

As cabeças eram fixadas no *Mayfield* e as abordagens eram realizadas com instrumentos neurocirúrgicos tradicionais (Aesculap, Tuttlingen, Alemanha) e *drills* elétricos de alta rotação (Stryker, Kalamazoo, EUA). Na fase intradural, ampla microdissecção cisternal era realizada sob microscópio cirúrgico (Global Surgical Co., Saint Louis, EUA), sendo complementada sob visibilização por endoscópio de 2,7mm de diâmetro e 18cm de extensão (Figura 3), com lentes de 0 e 30 graus (Aesculap, Tuttlingen, Alemanha) (Figura 4). Para o acesso retrossigmoideo, executava-se uma retração lateral cerebelar constante de 1,5cm. No acesso petroso posterior, além da mesma retração cerebelar, adicionava-se uma retração superior do lobo temporal também de 1,5cm.

Figura 3 - Visão endoscópica panorâmica do ângulo pontocerebelar através do acesso petroso posterior (lente 0°), após completar-se a dissecção cisternal, demonstrando-se os corredores convencionados neste trabalho: corredor superior, entre o V e o VII-VIII; corredor inferior, entre o VII-VIII e os nervos baixos. O tubérculo suprameatal (#) não possuía tamanho avantajado (assim como nos outros espécimes utilizados). ACAI: artéria cerebelar anteroinferior; Fl.: flóculo; V: nervo trigêmeo; VII-VIII: complexo facial-vestibulococlear; IX: nervo glossofaríngeo; X: nervo vago; rl-

ACS: ramo lateral da artéria cerebelar superior; a: apontador do neuronavegador; VPS: veia petrosa superior.

Figura 4 - Fotografia da estação de trabalho no laboratório durante a fase endoscópica da dissecação cisternal.

3.2.2 Acesso retrossigmoideo

A cabeça era colocada simulando posição semi-sentada, fixada com o suporte. Uma incisão retroauricular em forma de C era feita, executando-se uma dissecação subperiosteal,

com descolamento em plano único (Figura 5). Uma craniotomia retrossigmoidea de 3,5 cm de diâmetro era criada, expondo-se parcialmente os seios sigmoide e transverso (Figura 6). O posicionamento exato em que a craniotomia era realizada nestas condições descritas era previamente checado por neuronavegação.

Figura 5 - Fotografia da incisão do acesso retrossigmoideo. Uma incisão retroauricular em C era realizada, com a porção central distando 4cm da implantação da orelha.

Figura 6 - Fotografia da craniotomia retromastoidea. O encontro dos seios transversos e sigmoide (seta) era exposto, preservando-se a mastoide (M).

Uma durotomia em forma de C era executada (Figura 7), acompanhando-se os seios venosos nos terços superiores, e então procedida a uma retração da superfície petrosa do hemisfério cerebelar em relação à parte petrosa do osso temporal, iniciando-se a dissecação cisternal sob microscopia (Figura 8), antes da fase endoscópica.

Figura 7 - Fotografia da durotomia no acesso retrossigmoideo. Após realizada, as bordas durais adjacentes aos seios eram reparados, expondo-se a superfície suboccipital do hemisfério cerebelar ipsilateral.

Figura 8 - Visão microscópica no acesso retrossigmoideo, após fase inicial da dissecação cisternal, com remoção da aracnoide que cobria os nervos visualizados. VII-VIII: complexo facial-vestibulococlear; IX: nervo glossofaríngeo; X: nervo vago.

3.2.3 Acesso petroso posterior

A cabeça de cadáver era fixada em posição supina com rotação de 60° e com extensão suficiente para paralelizar a superfície mastoidea ao solo. Uma incisão cutânea em forma de J invertido estendia-se ao redor da orelha, começando 1 cm anterior ao trago, sendo mantida a 2 cm de distância da orelha e margeando posteriormente o ápice mastoideo (Figura 9). A fâscia do músculo temporal era rebatida posteriormente juntamente com o músculo esternocleidomastoideo, enquanto que o músculo temporal era tracionado anteriormente (Figura 10).

Figura 9 - Fotografia da incisão do acesso petroso posterior. Com o formato de J, a mesma se estendia da raiz do arco zigomático, 1cm anterior ao trago, até o ápice mastoideo.

Figura 10 - Fotografia da exposição óssea para o acesso petroso posterior. A fáscia temporal (FT) era rebatida posteriormente em conjunto com parte do músculo esternocleidomastoideo (ME), enquanto que o músculo temporal (MT) era rebatido anteriormente.

Uma craniotomia suboccipitotemporal era executada. Sob microscopia e preservando-se integralmente o labirinto, procedíamos à mastoidectomia para revelar a dura pré-sigmoidea e os seios sigmoide e petroso superior (Figura 11), podendo-se também denominar de abordagem pré-sigmoidea retrolabiríntica (Figura 12). A neuronavegação era utilizada para maior precisão do acesso.

Figura 11 - Fotografias da execução em passos da exposição dural no acesso petroso posterior. A: Uma craniotomia suboccipitotemporal era realizada primeiramente, expondo-se partes da dura-máter sobre a região temporal (DT) e suboccipital (DSO), além do seio sigmoide (SS). B: A linha tracejada demonstra a área de broqueamento na mastoidectomia, inicialmente da sua região superficial e depois das trabéculas ósseas, deixando-se fina camada de osso cortical sobre o SS e pequena parte da DSO, além de preservar-se o labirinto.

Figura 12 - Fotografia do acesso petroso posterior, após a craniotomia suboccipitotemporal e a mastoidectomia com preservação do labirinto (acesso petroso posterior retrolabiríntico). O seio sigmoide (SS) e a dura-máter sobre a região temporal (DT) estão identificados, assim como a dura pré-sigmoide no triângulo de Trautmann (TT), o qual é delimitado pelo seio petroso superior (linha tracejada amarela), pelo SS (linha tracejada branca) e pelo labirinto (linha tracejada preta).

Procedíamos à durotomia inicialmente anterior ao seio sigmoide (longitudinalmente) e depois superior e paralela ao seio petroso superior (com atenção à preservação da veia de Labbé). Após ligadura do seio petroso superior, o tentório era incisado posteriormente à crista petrosa em direção ao ponto posterior à passagem do nervo craniano troclear na margem tentorial, atingindo a incisura da tenda (Figura 13). O lobo temporal era então submetido à retração em relação à fossa média, com espátula posicionada anteriormente à veia de Labbé, assim como a face petrosa do hemisfério cerebelar e seio sigmoide também ficavam sob retração, sendo afastados da porção petrosa do osso temporal (Figura 14), realizando-se após a dissecação cisternal, inicialmente sob microscopia (Figura 15), antes de sua finalização sob visão endoscópica.

Figura 13 - Fotografia do aspecto cisternal após a incisão do tentório e dissecação aracnoidea. A linha tracejada ilustra o local da incisão, iniciando-se imediatamente posterior ao seio petroso superior (SPS), acompanhando-se a crista petrosa até a cisterna *ambiens*, onde identificamos o nervo troclear (IV) e o segmento pontomesencefálico da artéria cerebelar superior (spm-ACS), apontado pela seta. O ramo lateral da artéria cerebelar superior (rl-ACS) também está identificado.

Figura 14 - Fotografia da disposição das espátulas no acesso petroso posterior retrolabiríntico. O seio petroso superior (SPS), destacado pela seta, era tracionado por sutura, após a incisão tentorial. SS: seio sigmoide.

Figura 15 - Parte da visão microscópica no acesso petroso posterior retrolabiríntico. VII-VIII: complexo facial-vestibulococlear; IX: nervo glossofaríngeo; X: nervo vago.

3.3 Aquisição de dados e cálculos

Utilizamos a plataforma de neuronavegação Kick (BrainLab, Munich, Alemanha), obtendo-se a configuração através do método de correspondência de superfície, com a matriz de referência fixada ao *Mayfield*, com acurácia geral registrada menor que 1,5mm em todos os acessos (Figura 16).

Figura 16 - Captura de tela obtida na plataforma de neuronavegação durante a aquisição de coordenadas. O método foi utilizado para permitir o cálculo das medidas utilizadas para as comparações neste estudo.

Coordenadas cartesianas xyz dos pontos de interesse eram obtidas com o uso do apontador do neuronavegador, e estes dados então utilizados para calcular as áreas descritas adiante com o auxílio do *software* livre GeoGebra Graphing Calculator versão 6.0.458.0 (International GeoGebra Institute) (Figura 17).

Figura 17 - Capturas de tela dos *softwares* utilizados para o cálculo dos parâmetros estudados. As coordenadas adquiridas pela neuronavegação (A) eram utilizadas no programa gráfico GeoGebra (B) para compor polígonos cujas áreas representavam as medidas utilizadas para comparação.

3.4 Parâmetros computados

3.4.1 Área de exposição petroclival

Após cada dissecação, 5 pontos (coordenadas xyz) eram inicialmente registrados: 1) um na porção inferior do nervo trigêmeo no cavo de Meckel; 2) porção superior do complexo VII-VIII na entrada do meato acústico interno; 3) porção superior do nervo glossofaríngeo no nível do forame jugular; 4) o ponto superomedial mais distante atingível na superfície do clivus, com o apontador passando pelo corredor entre o trigêmeo e o complexo VII-VIII; 5) o ponto inferomedial mais distante atingível na superfície clival, desta vez com o apontador

passando pelo corredor entre o complexo VII-VIII e os nervos cranianos baixos. Os dois últimos pontos foram adquiridos sob supervisão endoscópica, por esta permitir maior alcance que a visão microscópica. Nós definimos a área do polígono resultante da união destes pontos como área de exposição petroclival (Figura 18).

Figura 18 - Representação esquemática da área poligonal estabelecida como a exposição petroclival neste trabalho, calculada a partir de coordenadas obtidas por neuronavegação. V: nervo trigêmeo; VI: nervo abducente; VII-VIII: complexo facial-vestibulococlear; IX-X-XI: nervos baixos (glosssofaríngeo, vago e acessório).

3.4.2 Área de exposição pontobulbar

Similarmente, definimos como área de exposição pontobulbar a correspondente do polígono resultante dos seguintes pontos registrados, sob visão endoscópica, por neuronavegação: 1) parte superior da entrada do nervo trigêmeo na superfície pontina (Figura 19); 2) emergência aparente do complexo facial-vestibulococlear no sulco bulbopontino; 3) parte superior da emergência do nervo glosssofaríngeo, imediatamente posterior à oliva bulbar; 4) o ponto mais superomedial atingível na superfície pontina; 5) o ponto mais inferomedial atingível na superfície bulbar (Figura 20).

Figura 19 - Visão de aproximação com endoscópio 0° do nervo trigêmeo (V) próximo à zona de entrada da raiz dorsal. Além da superfície pontina (seta), a raiz sensitiva e as radículas motoras do V estão identificadas, assim como a alça da artéria cerebelar anteroinferior (ACAI). a: apontador do neuronavegador.

Figura 20 - Ilustração esquemática da área poligonal definida como a exposição pontobulbar neste trabalho, também calculada a partir de coordenadas obtidas por neuronavegação, sob visão endoscópica. V: nervo trigêmeo; VII-VIII: complexo facial-vestibulococlear; IX: nervo glossofaríngeo.

3.4.3 Manobrabilidade

Nós escolhemos o local de entrada do nervo abducente no canal de Dorello (Figura 21) como sítio anatômico dentro da área petroclival para avaliar a manobrabilidade permitida a um microdissector reto Rhoton n.º 19.

Figura 21 - Visão de aproximação do nervo abducente (VI) na entrada da dura clival, após dissecação cisternal assistida pelo endoscópio, no início de seu segmento galfar (entrada do canal de Dorello, apontada pela seta) - endoscópio com lente 0° inserido entre o complexo VII-VIII e o nervo glossofaríngeo. AB: artéria basilar; a: apontador do neuronavegador; VI: nervo abducente.

Este instrumento era inserido através de dois corredores anatômicos distintos: 1) entre os nervos trigêmeo e o complexo VII-VIII (que aqui denominamos corredor superior) ; 2) outro entre o complexo VII-VIII e os nervos baixos (corredor inferior). Em cada um desses corredores, a ponta deste instrumento era mantida no canal de Dorello, executando-se o movimento de maior amplitude permitida em dois eixos: um paralelo aos nervos cranianos, movendo-se o cabo portanto do tronco cerebral em direção ao osso petroso; e outro eixo perpendicular a este, portanto movendo o cabo de um nervo para outro. Essa movimentação

era supervisionada com auxílio do endoscópio, executando-se uma movimentação dinâmica, para que o endoscópio per se não representasse uma fonte de limitação da movimentação do microdissector, e vigiando para que as manobras não pudessem ameaçar a integridade das estruturas neurovasculares. Nós captávamos com o apontador a ponta do cabo do microdissector nas duas extremidades de cada eixo, adquirindo portanto 4 pontos para definir a manobrabilidade no corredor superior e outros 4 pontos no corredor inferior. Cada conjunto de 4 pontos definia os vértices de um polígono esférico, representando uma área de superfície que é uma fração da esfera cujo raio é o próprio comprimento do microdissector (Figura 22). Esta área esférica, calculada com o auxílio do *software* anteriormente citado, foi assumida assim como a área de manobrabilidade (uma para o corredor superior, outra para o corredor inferior, em cada acesso).

Figura 22 - Ilustração esquemática da área de manobrabilidade de um microdissector reto posicionado na entrada do canal de Dorello, obtendo-se uma área poligonal esférica a partir de coordenadas de neuronavegação dos pontos de movimentação máxima em dois eixos (um do tronco para o clivus e o outro perpendicular a este, limitado pelo nervos cranianos), tanto pelo corredor superior quanto pelo inferior. V: nervo trigêmeo; VI: nervo abducente; VII-VIII: complexo facial-vestibulococlear; IX-X-XI: nervos baixos (glosssofaríngeo, vago e acessório).

3.5 Protocolo de medição do ângulo petroclival e da profundidade clival

O ângulo petroclival e a profundidade clival de cada cabeça cadavérica foram medidos a partir das imagens da TC adquiridas previamente às disseções, utilizando o *software* livre

Horos versão 2.4.1 (Nimble Co. Purview, Annapolis, EUA). Para tal propósito, procedíamos inicialmente a uma reconstrução multiplanar tridimensional (3D MPR), movimentando os eixos perpendiculares de cada reconstrução de modo a se verificar, simultaneamente: 1) na reconstrução coronal, que o eixo vertical cruzasse a ponta do odontoide e a sutura sagital (Figura 23A); 2) na linha média da reconstrução sagital, que o eixo horizontal cruzasse o tubérculo selar e a protuberância occipital externa (Figura 23B); 3) que o eixo vertical no axial estivesse alinhado com a *crista galli* e a protuberância occipital externa (Figura 23C). Desta maneira, obtínhamos uma reconstrução axial com adequada simetria laterolateral e com o plano de referência na linha tubérculo selar-protuberância occipital externa (KIM *et al.*, 2009). Assim, a partir dos cortes axiais obtidos com esta padronização, calculávamos o ângulo formado pelas superfícies clival e petrosa no nível da porção média dos meatos acústicos internos (ângulo petroclival) (Figura 23D). Após, traçávamos uma linha imaginária que conectava as bordas anteriores dos meatos (linha intermeatal), calculando-se a distância perpendicular desta em relação à superfície clival no mesmo corte (profundidade clival) (Figura 23E).

Figura 23 - Imagens da reconstrução multiplanar 3D e da forma de cálculo do ângulo petroclival e da profundidade clival a partir da orientação obtida. A disposição escolhida dos eixos perpendiculares foi padronizada. A: Janela de exibição coronal, com o eixo vertical cruzando a ponta do odontoide e a sutura sagital. B: Janela de exibição sagital, com o um dos eixos na linha tubérculo selar-protuberância occipital externa. C: Janela de exibição axial, com o eixo vertical alinhado com a *crista galli* e a protuberância occipital externa. D: Cálculo do ângulo petroclival em um dos espécimes, a partir do encontro das linhas das superfícies clival e petrosa. E: Medida da profundidade clival, a distância perpendicular da linha intermeatal à superfície média do clivus.

3.6 Análise estatística

Utilizamos o *software* SPSS versão 17.0 (IBM Corp., Armonk, EUA) para a análise estatística neste estudo. As áreas de exposição petroclival, pontobulbar e de manobrabilidade foram comparadas utilizando-se o teste U de Mann-Whitney. As correlações do ângulo petroclival e da profundidade clival com estas variáveis foram analisadas calculando-se o coeficiente de Spearman. Um valor de p menor que 0,05 definiu significância estatística.

4. RESULTADOS

4 RESULTADOS

4.1 Áreas petroclivais

Não houve diferença estatisticamente significativa ($p = 0,69$) quanto às áreas de exposição petroclival entre as abordagens retrossigmoidea (média $\pm$ desvio-padrão [DP]: $365,85 \pm 133,12\text{mm}^2$) e petrosa posterior (média $\pm$ DP: $320,62 \pm 103,44\text{mm}^2$) (Figura 24). Ressaltamos que ambos os acessos neste modelo não permitiram alcançar a superfície clival contralateral (Tabela 1).

Tabela 1 - Medidas das áreas de exposição petroclival para cada acesso nos espécimes.

Espécime	Área de exposição petroclival (mm^2)	
	eRS	ePP
1	228,46	210,14
2	479,99	286,41
3	255,17	358,58
4	338,57	268,41
5	527,06	479,56
	$365,85 \pm 133,12^*$	$320,62 \pm 103,44^*$

eRS: acesso retrossigmoideo assistido por endoscopia; ePP: acesso petroso posterior assistido por endoscopia; * correspondem à média $\pm$ DP, em mm^2

Figura 24 - Comparação das médias das áreas de exposição petroclival dos acessos eRS e ePP. A comparação entre elas demonstrou que a diferença não era significativa ($p = 0,69$). Os dados, expressos como média e erro padrão da média, foram comparados pelo teste U de Mann-Whitney. eRS: acesso retrossigmoideo assistido por endoscopia; ePP: acesso petroso posterior assistido por endoscopia.

4.2 Áreas pontobulbares

As áreas de exposição pontobulbar do acesso retrossigmoideo (média $\pm$ DP: $255,83 \pm 88,26\text{mm}^2$) também não apresentaram diferença significativa ($p = 0,83$) em relação às correspondentes do acesso petroso posterior (média $\pm$ DP: $229,80 \pm 74,39\text{mm}^2$) (Tabela 2). Assim como na delimitação das áreas petroclivais, as porções contralaterais do tronco cerebral também não foram alcançadas (Figura 25).

Tabela 2 - Medidas das áreas de exposição pontobulbar para cada acesso nos espécimes.

Espécime	Área de exposição pontobulbar (mm ²)	
	eRS	ePP
1	163,59	148,99
2	336,80	209,60
3	175,49	268,78
4	249,44	184,14
5	353,82	337,48
	255,83 ± 88,26*	229,80 ± 74,39*

eRS: acesso retrossigmoideo assistido por endoscopia; ePP: acesso petroso posterior assistido por endoscopia; * correspondem à média ± DP, em mm²

Figura 25 - Comparação das médias das áreas de exposição pontobulbar dos acessos eRS e ePP. Esta comparação demonstrou que a diferença não era significativa ($p = 0,83$). Os dados, expressos como média e erro padrão da média, foram comparados pelo teste U de Mann-Whitney. eRS: acesso retrossigmoideo assistido por endoscopia; ePP: acesso petroso posterior assistido por endoscopia.

4.3 Manobrabilidade

A manobrabilidade total, definida como o somatório das áreas de manobrabilidade nos corredores superior e inferior, na abordagem retrósigmoidea (média $\pm$ DP: 1155,88 $\pm$ 134,35mm²) foi significativamente maior ($p = 0,03$) do que na petrosa posterior (média $\pm$ DP: 762,27 $\pm$ 205,98mm²). Quando comparamos por corredor separadamente, verificamos que a manobrabilidade no acesso retrósigmoideo tendeu a ser maior que no petroso posterior, em ambos os corredores, não havendo, porém, significância estatística ($p = 0,055$) (Figura 26) (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3 - Medidas das áreas de manobrabilidade para cada acesso nos espécimes.

Espécime	Áreas de manobrabilidade (mm ²)					
	Total		Corredor superior		Corredor inferior	
	eRS	ePP	eRS	ePP	eRS	ePP
1	1233,59	1075,84	678,83	620,82	554,76	455,02
2	1253,08	866,19	879,18	740,76	373,90	125,43
3	1266,88	598,61	827,71	486,20	439,17	112,41
4	970,94	663,63	803,42	499,93	167,52	163,70
5	1054,92	607,10	550,13	448,88	504,79	158,22

eRS: acesso retrósigmoideo assistido por endoscopia; ePP: acesso petroso posterior assistido por endoscopia

Tabela 4 - Média e desvio-padrão das áreas de manobrabilidade por acesso.

Manobrabilidade	Média ± DP (mm ²)	
	eRS	ePP
Total	1155,88 ± 134,35	762,27 ± 205,98
Corredor superior	747,85 ± 132,82	559,32 ± 120,18
Corredor inferior	408,03 ± 150,72	202,96 ± 142,55

eRS: acesso retrossigmoideo assistido por endoscopia; ePP: acesso petroso posterior assistido por endoscopia

Figura 26 - Comparações das médias das áreas de manobrabilidade total, via corredor superior e via corredor inferior dos acessos eRS e ePP. O eRS demonstrou significante maior manobrabilidade total ($p = 0,03$) que o ePP. A manobrabilidade do primeiro tendeu a ser maior que a do último quando se considerou separadamente por corredor, não tendo havido significância estatística ($p = 0,055$) para ambos os corredores isoladamente. Os dados, expressos como média e erro padrão da média, foram comparados pelo teste U de Mann-Whitney. eRS: acesso retrossigmoideo assistido por endoscopia; ePP: acesso petroso posterior assistido por endoscopia; * destaca a comparação que demonstrou significância estatística.

4.4 Correlações de Spearman

Depois de checar gráficos de dispersão para averiguar a possível influência do ângulo petroclival e da profundidade clival nas variáveis deste estudo, nós efetuamos a correlação de Spearman naqueles em que se percebia relação monotônica. O ângulo petroclival (média $\pm$ DP: $134,37 \pm 8,80^\circ$) apresentou uma significativa correlação negativa com a manobrabilidade pelo corredor superior no acesso retrossigmoideo ($r_s = -0,9 / p = 0,037$) e, no acesso petroso posterior, evidenciou correlação negativa com a manobrabilidade pelo corredor superior ($r_s = -0,3 / p = 0,62$) e positiva no corredor inferior ($r_s = 0,8 / p = 0,1$), ambas não significantes (Figura 27). A profundidade clival (média $\pm$ DP: $13,02 \pm 1,48\text{mm}$) apresentou uma muito forte e significativa correlação positiva com a manobrabilidade total no acesso retrossigmoideo ($r_s = 0,9 / p = 0,037$), ao passo que evidenciou uma correlação negativa muito forte com a manobrabilidade através do corredor inferior do acesso petroso ($r_s = -0,9 / p = 0,037$) (Figura 28). Entre si, ângulo petroclival e profundidade clival (Tabela 5) apresentaram uma não significativa correlação negativa forte ($r_s = -0,6 / p = 0,3$) (Figura 29). Ambas as medidas não apresentaram relação com as áreas de exposição petroclival e pontobulbar.

Tabela 5 - Medidas do ângulo petroclival e da profundidade clival nos espécimes.

Espécime	Ângulo petroclival ($^\circ$)	Profundidade clival (mm)
1	147,52	12,58
2	124,82	14,10
3	128,29	14,37
4	133,91	10,68
5	137,29	13,36
	$134,37 \pm 8,80^*$	$13,02 \pm 1,48^*$

* correspondem à média $\pm$ DP, nas unidades correspondentes

Figura 27 - Gráficos de dispersão das relações entre áreas de manobrabilidade e o ângulo petroclival, sendo aqui assinalados somente os que demonstraram relação monotônica com correlações fortes. Quanto maior o ângulo petroclival, menor a manobrabilidade através do corredor superior tanto no eRS (A, $r_s = -0,9$ / $p = 0,037$) como no ePP (C, $r_s = -0,3$ / $p = 0,62$) e maior a manobrabilidade pelo corredor inferior no ePP (B, $r_s = 0,8$ / $p = 0,1$). Os dados foram analisados pela correlação de Spearman. eRS: acesso retrossigmoideo assistido por endoscopia; ePP: acesso petroso posterior assistido por endoscopia; * destaca a correlação que demonstrou significância estatística.

Figura 28 - Gráficos de dispersão das relações entre áreas de manobrabilidade e a profundidade clival, sendo aqui assinalados somente os que demonstraram relação monotônica com correlações fortes. Quanto maior a profundidade clival, maior é a manobrabilidade total no eRS (A, $r_s = 0,9$ / $p = 0,037$) e menor a manobrabilidade pelo corredor inferior no ePP (B, $r_s = -0,9$ / $p = 0,037$). Os dados foram analisados pela correlação de Spearman. eRS: acesso retrossigmoideo assistido por endoscopia; ePP: acesso petroso posterior assistido por endoscopia; * destaca as correlações que demonstraram significância estatística.

Figura 29 - Gráfico de dispersão da relação entre o ângulo petroclival e a profundidade clival. Quanto maior o ângulo petroclival, menor a profundidade clival ($r_s = -0,6$ / $p = 0,3$). Os dados foram analisados pela correlação de Spearman.

5. DISCUSSÃO

5 DISCUSSÃO

5.1 Limitações gerais deste modelo

É imperioso ressaltar as limitações advindas deste modelo anatômico no intuito de ponderar os achados sob olhar criterioso. Obviamente o modelo não replica o relaxamento parenquimatoso obtido com a drenagem de líquido cefalorraquidiano pela dissecação cisternal, o que somado à consequente distorção anatômica que lesões expansivas provocam, geram importantes ressalvas quanto à interpretação dos resultados demonstrados. É notório considerar que, neste cenário, o eventual alargamento dos corredores anatômicos implica sobremaneira tanto uma maior manobrabilidade dos instrumentos cirúrgicos quanto uma melhor visibilização da região petroclival independentemente do acesso escolhido, muitas vezes permitindo inclusive vislumbrar estruturas contralaterais. Por outro lado, quando diante de lesões muito pequenas, cuja consequente distorção das estruturas neurovasculares é mínima, as considerações deste trabalho podem ganhar maior realce.

5.2 Ponderações sobre aspectos técnicos dos acessos

Em 2006, Siwanuwatn *et al.* avaliaram, num trabalho anatômico, as vias retrossigmoidea, petrosa combinada e transcoclear, concluindo que esta última viabilizava uma área de exposição petroclival significativamente maior que nas outras duas, as quais, por sua vez, não apresentavam diferença significante entre si (SIWANUWATN *et al.*, 2006). Neste estudo, diferentemente, mantivemos no propósito da investigação a averiguação de alternativas menos mórbidas através da utilização de técnicas assistidas por endoscopia, eixo que não foi apreciado no trabalho citado.

Igualmente, destacadas as dificuldades de se visualizar a depressão clival central sob microscopia cirúrgica, determinadas particularidades em ambos os acessos poderiam ser suscetíveis de consideração. Nós optamos por não executar o broqueamento do tubérculo suprameatal em qualquer dos acessos, informando ainda que este marco ósseo não era

avantajado em nenhum dos espécimes. E particularmente no acesso petroso posterior, embora seja consenso que o acréscimo do broqueamento do labirinto expanda consideravelmente suas possibilidades na abordagem petroclival, este passo também foi propositadamente dispensado. A ideia era a de que a utilização do endoscópio superasse as dificuldades impostas à visualização da região petroclival, eximindo a necessidade destes trabalhos ósseos adicionais, os quais representam manobras de maior morbidade. Portanto, indo além da discussão se o endoscópio acrescenta ou não vantagens cirúrgicas à microscopia, o intuito permaneceu o de avaliar em qual acesso assistido a ferramenta conferiria maiores benefícios a ponto de interferir na escolha do cirurgião. É importante frisar que esta contextualização abrange indubitavelmente inúmeros outros fatores que sobrepujam o escopo deste trabalho, como: a importância da análise pré-operatória da anatomia venosa, em que variações da veia de Labbé podem requerer modificações ou mesmo impedir o acesso petroso; a existência de déficits auditivos prévios, propiciando executar vias translabirínticas com menor morbidade adicional e o ganho de exposição com as abordagens petrosas combinadas (GROSS *et al.*, 2012).

5.3 Manipulação endoscópica

Nas disseções cisternais, assim como nas análises empreendidas, o endoscópio era utilizado sem suporte de fixação. Embora esta técnica impeça o trabalho bimanual de disseção, uma vez que o endoscópio ocupa uma das mãos do cirurgião, ela viabiliza uma melhor compensação da percepção de profundidade e uma maior flexibilidade aos movimentos cirúrgicos através de uma manipulação dinâmica. Assim, consideramos esta forma mais apropriada na região petroclival, reconhecendo-se que os meandros resultantes da disposição dos feixes neurovasculares nesta área requerem melhor controle visual do trajeto dos instrumentos para impedir lesões advindas de sua própria inserção no campo cirúrgico.

5.4 Aspectos metodológicos

As análises comparativas de acessos cirúrgicos através de variáveis cujo cálculo se ampara em coordenadas obtidas com neuronavegação têm tido destaque nos últimos anos (CHANG *et al.*, 2009; ERCAN *et al.*, 2017; JACQUESSON *et al.*, 2015a; YAGMURLU *et al.*, 2017). Faz-se mister, conseqüentemente, perscrutar a precisão do método, já que de suas medições derivam as conclusões desses estudos. Assim, defendemos a necessidade de se explicitar a acurácia alcançada na neuronavegação, calculada pela própria plataforma, assim como fizemos nesta investigação, algo omitido em alguns trabalhos (CHANG *et al.*, 2009; SAFAVI-ABBASI *et al.*, 2007; SIWANUWATN *et al.*, 2006; YAGMURLU *et al.*, 2017).

Neste estudo, não utilizamos o conceito de exposição linear de estruturas, frequentemente um dos principais quesitos utilizados em trabalhos de análise quantitativa de acessos neurocirúrgicos. Esta variável é medida diretamente com réguas apropriadas ou é calculada por neuronavegação a partir da distância entre os pontos mais extremos da estrutura em análise que são visualizados no acesso, conceitualmente correspondendo, portanto, à uma linha reta (FIGUEIREDO *et al.*, 2015; LAMKI *et al.*, 2012; YAGMURLU *et al.*, 2017). Justificamos sua não utilização pelo fato de entendermos que a aplicação deste conceito a estruturas neurovasculares, as quais apresentam intrínseca tortuosidade, pode motivar interpretações distorcidas, notoriamente com alças vasculares.

Em alguns trabalhos comparativos de acessos à fossa posterior e à região petroclival, a área de exposição do tronco cerebral foi empregada nas comparações, numa metodologia similar à utilizada neste estudo (AMBEKAR *et al.*, 2013; CHANG *et al.*, 2009; SIWANUWATN *et al.*, 2006). Esta metodologia, entretanto, não contempla o mesencéfalo, um dos motivos pelos quais preferimos denominar área de exposição pontobulbar, sendo esta porção específica do tronco cerebral onde averiguamos as possibilidades de exposição dos acessos escolhidos para comparação no presente trabalho.

Ressaltamos que utilizamos a definição da entrada do canal de Dorello como o sítio em que o nervo abducente penetra na dura clival, ou seja, no início do seu segmento galfar (TUBBS *et al.*, 2012). A escolha deste local para a avaliação da manobrabilidade foi justificada por sua maior constância e sua localização mais profunda na zona petroclival. Nós decidimos não avaliar este quesito nem com estruturas vasculares, em virtude da considerável variabilidade, nem com o nervos de disposição mais superficial, como o trigêmeo ou o facial, uma vez que o foco permanecia no interior da zona petroclival. Além disso, a quantificação

da manobrabilidade separadamente por corredores anatômicos convencionados neste trabalho tentou permitir avaliações realizadas de maneira mais detalhada, sondando-se em cada corredor a possível interferência nas variáveis estudadas.

Isto posto, obteve-se que quanto maior a profundidade clival, maior a manobrabilidade total no acesso retrossigmoideo, e menor é a manobrabilidade pelo corredor inferior via petroso posterior. E quanto maior o ângulo petroclival, menor é a manobrabilidade pelo corredor superior via retrossigmoidea. Embora tenhamos averiguado correlações distintas inclusive por corredor anatômico, ressaltamos que, do ponto de vista pragmático, a possível interferência na manobrabilidade total seria mais importante, já que ambos os acessos permitem abordagem por ambos os corredores simultaneamente.

Com relação ao grau de retração utilizado nos acessos, mantendo-o constante nas análises no propósito de padronização, os valores arbitrários utilizados foram estabelecidos em conformidade com dimensões similares às utilizadas na literatura de referência (CHANG *et al.*, 2009; FIGUEIREDO *et al.*, 2015; SIWANUWATN *et al.*, 2006). Particularmente no contexto da retração temporal no acesso petroso posterior, frisamos que conseguimos-la mesmo abdicando de utilizar ressecções girais, adicionadas por alguns autores em modelos cadavéricos como necessárias para a sua consecução, especialmente do giro temporal inferior (CHANG *et al.*, 2009). Focamos em garantir que a retração utilizada não prejudicasse a manutenção da integridade da veia de Labbé e do parênquima sob retração; assim, com 1,5cm de retração superior do lobo temporal, reafirmamos aqui que estas estruturas permaneceram incólumes em todos os espécimes. Por outro lado, percebemos que, no acesso petroso posterior deste modelo, diferentemente do que ocorre *in vivo* nesta abordagem, a utilização de instrumentos por corredores cirúrgicos superiormente ao nervo trigêmeo, rumo à zona I petroclival, era assaz limitada, mesmo com a utilização do endoscópio. Possivelmente, o grau da retração temporal requerido para tal no cadáver seria maior do que o utilizado, assim mantido, entretanto, pelas justificativas já arroladas. Além disso, o ápice petroso, intencionalmente preservado, era outro fator que contribuía para esta limitação. Consequentemente, focamos as comparações nos corredores cirúrgicos superior e inferior aqui definidos.

Os conceitos de ângulo petroclival e profundidade clival, que foram originalmente descritos no trabalho de Aziz *et al.*, em 2000, não explicitam maior detalhamento quanto à linha de orientação axial para cálculo destas medidas, uma vez que, mesmo pequenas variações nas linhas de referência para a composição da imagem axial já determinam mudanças nos valores aferidos. Assim, elaboramos a metodologia de padronização que

descrevemos nesta tese para o cálculo do ângulo petroclival e da profundidade clival com o intuito de obter os valores com a maior fidedignidade possível, diminuindo-se a variabilidade das medidas entre observadores, incluindo a adoção da linha de referência axial citada previamente nesta tese, cujos parâmetros anatômicos são facilmente identificáveis (KIM *et al.*, 2009). A avaliação da concordância interobservador com esta metodologia necessita, porém, de validação em futuras investigações.

O posicionamento do bulbo jugular ao nível das estruturas das orelhas média e interna, denominado de bulbo jugular alto, embora haja controvérsias na literatura sobre qual parâmetro anatômico exato para utilizar nesta definição, é descrito como outro elemento da conformação anatômica da base do crânio que pode determinar limitações nas abordagens posterolaterais à região petroclival (MANJILA *et al.*, 2018; ROCHE *et al.*, 2006). Assim, consideramos essencial ratificar que os bulbos jugulares de todos os espécimes utilizados neste trabalho postavam-se inferiormente ao meato acústico interno, como também não havia deiscências relacionadas à região do labirinto ósseo adjacente ao bulbo jugular, portanto sem prejuízo às manobras empreendidas neste estudo. Desta forma, não incluímos a análise das possíveis interferências do posicionamento do bulbo jugular nos critérios quantitativos nesta tese.

5.5 Visão geral

No cômputo geral da observação dos resultados, este trabalho pode suscitar a indagação sobre a viabilidade de se utilizar um acesso mais simples e mais rápido, como o retrossigmoideo, para abordar lesões na zona-alvo deste estudo, ao invés de requerer um acesso mais difícil de executar como o petroso, resguardando-se as limitações anteriormente mencionadas.

Ademais, enfatizamos que, dadas as dificuldades para a visibilização da depressão clival central, a porção mais medial na zona II petroclival, sem o broqueamento do labirinto no acesso petroso clássico, a utilização do endoscópio aparentemente permitiu suplantar esta limitação na via retrolabiríntica, expondo-se a região ipsilateral da depressão clival central, o que também se conseguiu no acesso retrossigmoideo. Tais observações reforçam a relevância da aplicação da assistência endoscópica. Num cenário real, lembramos ainda que a utilização de instrumentos adaptados ao trabalho coaxial com o endoscópio, com pontas anguladas, por

exemplo, pode expandir sobremaneira a capacidade de trabalho no alvo cirúrgico, garantindo manobras cuja análise, entretanto, foge ao desenho deste estudo.

6. CONCLUSÕES

6 CONCLUSÕES

Utilizando este modelo, os acessos retrossigmoideo e petroso posterior endoscopicamente assistidos não apresentaram diferenças quanto à área de exposição cirúrgica; no entanto, a manobrabilidade total alcançada no acesso retrossigmoideo foi maior que no petroso. O ângulo petroclival e a profundidade clival parecem ter relação com a manobrabilidade, porém não com a exposição cirúrgica, em ambos os acessos. O uso de técnicas assistidas por endoscópio nestes acessos pode dispensar alguns passos cirúrgicos de maior morbidade.

7. REFERÊNCIAS

7 REFERÊNCIAS

ABDEL AZIZ, K. M. *et al.* Petroclival meningiomas: predictive parameters for transpetrosal approaches. **Neurosurgery**, v. 47, n. 1, p. 139- 50; discussion 150–2, 2000.

ALONSO, Fernando *et al.* The Retrolabyrinthine Presigmoid Approach to the Anterior Cerebellopontine Region: Expanding the Limits of Trautmann Triangle. **World Neurosurgery**, v. 104, p. 180–185, 2017.

BAIDYA, Nishanta B.; BERHOUMA, Moncef; AMMIRATI, Mario. Endoscope-assisted retrosigmoid resection of a medium size vestibular schwannoma tumor model: a cadaveric study. **Clinical Neurology and Neurosurgery**, v. 119, p. 35–8, 2014.

BAIDYA, Nishanta B.; TANG, Chi-Tun; AMMIRATI, Mario. Intradural endoscope-assisted anterior clinoidectomy: A cadaveric study. **Clinical Neurology and Neurosurgery**, v. 115, n. 2, p. 170–174, 2013.

CHANG, Steve W. *et al.* Quantitative comparison of Kawase's approach versus the retrosigmoid approach: implications for tumors involving both middle and posterior fossae. **Neurosurgery**, v. 64, n. 3 Suppl, p. ons44- 51; discussion ons51–2, 2009.

COLASANTI, Roberto *et al.* Microsurgical and Endoscopic Anatomy of the Extended Retrosigmoid Inframeatal Infratemporal Approach. **Neurosurgery**, v. 11, n. 1, p. 1, 2015.

DE LARA, Danielle *et al.* Endonasal Endoscopic Approaches to the Paramedian Skull Base. **World Neurosurgery**, v. 82, n. 6, p. S121–S129, 2014.

EBNER, F. H. *et al.* Endoscope-assisted retrosigmoid intradural suprameatal approach to the middle fossa: Anatomical and surgical considerations. **European Journal of Surgical Oncology (EJSO)**, v. 33, n. 1, p. 109–113, 2007.

EBNER, Florian *et al.* Microsurgical and Endoscopic Anatomy of the Retrosigmoid Intradural Suprameatal Approach to Lesions Extending from the Posterior Fossa to the

Central Skull Base. **Skull Base**, v. 19, n. 05, p. 319–323, 2009.

ERCAN, Serdar *et al.* Is less always better? Keyhole and standard subtemporal approaches: evaluation of temporal lobe retraction and surgical volume with and without zygomatic osteotomy in a cadaveric model. **Journal of Neurosurgery**, v. 127, n. 1, p. 157–164, 2017.

FIGUEIREDO, Eberval Gadelha *et al.* The Role of Endoscopic Assistance in Ambient Cistern Surgery: Analysis of Four Surgical Approaches. **World Neurosurgery**, v. 84, n. 6, p. 1907–15, 2015.

FREEMAN, Jacob L. *et al.* Expanding the endoscopic transpterygoid corridor to the petroclival region: anatomical study and volumetric comparative analysis. **Journal of Neurosurgery**, v. 128, n. 6, p. 1855–1864, 2018.

GROSS, Bradley a *et al.* Evolution of the posterior petrosal approach. **Neurosurgical Focus**, v. 33, n. 2, p. E7, 2012.

HASANBELLIU, Aurel *et al.* Expanded Anterior Petrosectomy Through the Transcranial Middle Fossa and Extended Endoscopic Transphenoidal-Transclival Approaches. **Neurosurgery**, v. 63, n. 1, p. 186, 2016.

JACQUESSON, Timothée *et al.* Which Routes for Petroclival Tumors? A Comparison Between the Anterior Expanded Endoscopic Endonasal Approach and Lateral or Posterior Routes. **World Neurosurgery**, v. 83, n. 6, p. 929–936, 2015. a.

JACQUESSON, Timothée *et al.* Anatomic comparison of anterior petrosectomy versus the expanded endoscopic endonasal approach: interest in petroclival tumors surgery. **Surgical and Radiologic Anatomy**, v. 37, n. 10, p. 1199–1207, 2015. b.

KALANI, M. Yashar S. *et al.* Endoscope-assisted supracerebellar transtentorial approach to the posterior medial temporal lobe for resection of cavernous malformation. **Neurosurgical Focus**, v. 40 Video S, n. VideoSuppl1, p. 2016.1.FocusVid.15465, 2016.

KIM, Y. I. *et al.* A New Reference Line for the Brain CT: The Tuberculum Sellae-Occipital

Protuberance Line is Parallel to the Anterior/Posterior Commissure Line. **American Journal of Neuroradiology**, v. 30, n. 9, p. 1704–1708, 2009.

KOUTOIROUSIOU, Maria *et al.* Outcomes of Endonasal and Lateral Approaches to Petroclival Meningiomas. **World Neurosurgery**, v. 99, p. 500–517, 2017.

LAMKI, Tariq *et al.* Path to the Interpeduncular Fossa: Anatomical Comparison of Endoscopic-Assisted versus Standard Subtemporal Approach. **Journal of Neurological Surgery Part B: Skull base**, v. 73, n. 4, p. 261–4, 2012.

MANJILA, Sunil *et al.* Jugular bulb and skull base pathologies: proposal for a novel classification system for jugular bulb positions and microsurgical implications. **Neurosurgical Focus**, v. 45, n. 1, p. E5, 2018.

MUTO, Jun *et al.* Comparative analysis of the anterior transpetrosal approach with the endoscopic endonasal approach to the petroclival region. **Journal of Neurosurgery**, v. 125, n. 5, p. 1171–1186, 2016.

PILLAI, Promod *et al.* Endoscopic image-guided transoral approach to the craniovertebral junction: an anatomic study comparing surgical exposure and surgical freedom obtained with the endoscope and the operating microscope. **Neurosurgery**, v. 64, n. 5 Suppl 2, p. 437- 42; discussion 442–4, 2009.

REHDER, Roberta *et al.* Endoscope-Assisted Microsurgical Approach to the Posterior and Posterolateral Incisural Space. **World Neurosurgery**, v. 91, p. 210–217, 2016.

ROCHE, P. H. *et al.* High jugular bulb in the translabyrinthine approach to the cerebellopontine angle: anatomical considerations and surgical management. **Acta Neurochirurgica**, v. 148, n. 4, p. 415–420, 2006.

SAFAVI-ABBASI, Sam *et al.* Moving toward the petroclival region: a model for quantitative and anatomical analysis of tumor shift. **Journal of Neurosurgery**, v. 107, n. 4, p. 797–804, 2007.

SALMA, Asem; WANG, Song; AMMIRATI, Mario. Extradural endoscope-assisted subtemporal posterior clinoidectomy: a cadaver investigation study. **Neurosurgery**, v. 67, n. 3 Suppl Operative, p. 43–8; discussion 48, 2010.

SAMII, Madjid; ALIMOHAMADI, Maysam; GERGANOV, Venelin. Endoscope-assisted retrosigmoid intradural suprameatal approach for surgical treatment of trigeminal schwannomas. **Neurosurgery**, v. 10 Suppl 4, n. 4, p. 565–75; discussion 575, 2014.

SAMII, Madjid; ALIMOHAMADI, Maysam; GERGANOV, Venelin. Endoscope-assisted retrosigmoid infralabyrinthine approach to jugular foramen tumors. **Journal of Neurosurgery**, v. 124, n. 4, p. 1061–1067, 2016.

SANMILLAN, Jose L. *et al.* Assessment of the Endoscopic Endonasal Transclival Approach for Surgical Clipping of Anterior Pontine Anterior-Inferior Cerebellar Artery Aneurysms. **World Neurosurgery**, v. 89, p. 368–375, 2016.

SCHROEDER, Henry W. S.; HICKMANN, Anne-Katrin; BALDAUF, Jörg. Endoscope-assisted microsurgical resection of skull base meningiomas. **Neurosurgical Review**, v. 34, n. 4, p. 441–455, 2011.

SIWANUWATN, Rungsak *et al.* Quantitative analysis of the working area and angle of attack for the retrosigmoid, combined petrosal, and transcochlear approaches to the petroclival region. **Journal of Neurosurgery**, v. 104, n. 1, p. 137–42, 2006.

TAKEMURA, Yusuke *et al.* Comparison of Microscopic and Endoscopic Approaches to the Cerebellopontine Angle. **World Neurosurgery**, v. 82, n. 3–4, p. 427–441, 2014.

TANG, Chi-Tun; BAIDYA, Nishanta B.; AMMIRATI, Mario. Endoscope-assisted supraorbital approach to the retroinfundibular area: a cadaveric study. **Neurosurgical Review**, v. 36, n. 2, p. 249–257, 2013. a.

TANG, Chi-Tun; BAIDYA, Nishanta B.; AMMIRATI, Mario. Endoscope-assisted neurovascular decompression of the trigeminal nerve: a cadaveric study. **Neurosurgical Review**, v. 36, n. 3, p. 403–410, 2013. b.

TEDESCHI, Helder; RHOTON, Albert L. Lateral approaches to the petroclival region. **Surgical Neurology**, v. 41, n. 3, p. 180–216, 1994.

TUBBS, R. Shane *et al.* Dorello Canal Revisited: An Observation that Potentially Explains the Frequency of Abducens Nerve Injury After Head Injury. **World Neurosurgery**, v. 77, n. 1, p. 119–121, 2012.

YAGMURLU, Kaan *et al.* Quantitative anatomical analysis and clinical experience with mini-pterional and mini-orbitozygomatic approaches for intracranial aneurysm surgery. **Journal of Neurosurgery**, v. 127, n. 3, p. 646–659, 2017.

YOUSSEF, Ahmed *et al.* Endoscopic versus Open Approach to the Infratemporal Fossa: A Cadaver Study. **Journal of Neurological Surgery Part B: Skull Base**, v. 76, n. 05, p. 358–364, 2015.

ZWAGERMAN, Nathan T. *et al.* Endoscopic transnasal skull base surgery: pushing the boundaries. **Journal of Neuro-oncology**, v. 130, n. 2, p. 319–330, 2016.

8 ANEXOS

ANEXO A - Declaração do Dr. Ossama Al-Mefty sobre a realização integral das disseções no Laboratório de Base de Crânio do *Brigham and Women's Hospital*.

BRIGHAM AND
WOMEN'S HOSPITAL

75 Francis Street
Boston, Massachusetts 02115
Tel: 617-732-6600
Fax: 617-582-6163

HARVARD
MEDICAL SCHOOL

Department of Neurosurgery

To whom it may concern,

Re: Vicente de Paulo Martins Coelho

During his visit to our department, in May 2017, Dr. Coelho has performed dissection in our skull base laboratory on 5 cadavers. This was toward an anatomical study regarding surgical approaches in the posterior fossa. A project titled Retrosigmoid vs. Posterior Petrosal Route to the Petroclival Region: Anatomosurgical Comparative Analysis of Endoscope-Assisted Approaches.

Sincerely,

Ossama Al-Mefty, MD, FACS
Director of Skull Base Surgery
Director of Skull Base Anatomical Lab

9 MANUSCRITO

Manuscripto submetido à revista *Neurosurgery*.

Title Page

**Retrosigmoid vs. Posterior Petrosal Route to the Petroclival Region: Anatomosurgical
Comparative Analysis of Endoscope-Assisted Approaches.**

Authors:

Vicente de Paulo Martins Coelho Jr., MD¹; Marcio Saquy Rassi, MD²; Benedicto Oscar Colli,
MD, PhD¹

Affiliations:

¹ Division of Neurosurgery, Department of Anatomy and Surgery, Ribeirão Preto School of
Medicine, University of São Paulo, Ribeirão Preto, São Paulo, Brazil.

² Department of Neurosurgery, Brigham and Women's Hospital, Harvard Medical School,
Boston, MA, USA.

Corresponding author:

Vicente de Paulo Martins Coelho Jr, MD
Division of Neurosurgery, Department of Anatomy and Surgery
Ribeirão Preto School of Medicine
University of São Paulo
vicentecoelhojr@yahoo.com.br / vicente.coelho@usp.br
+55 (67) 99614-6781

Financial support:

We did not receive any financial support from any organization to perform this study.

Disclosures:

The authors have no disclosure to report.

Manuscript

Running Title: Endoscope-assisted Retrosigmoid vs. Posterior Petrosal

1

1 ABSTRACT

2

3 **BACKGROUND:** The approach to the petroclival region harbors different pathways that
4 potentially benefit from endoscope assistance. Currently, having the endoscope at disposal and
5 knowing the pros and cons the device confers, it becomes important to define which route
6 towards the target zone the tool would allow the best result.

7 **OBJECTIVE:** Using a cadaveric model, we aimed to compare posterior petrosal and
8 retrosigmoid approaches, both with endoscopic assistance, regarding surgical exposure and
9 maneuverability, as well as to verify whether the petroclival angle and clival depth interfere in
10 these variables.

11 **METHODS:** In five cadaveric heads, a retrosigmoid approach was performed on one side and a
12 retrolabyrinthine posterior petrosal on the other (10 approaches). Under endoscopic view,
13 coordinates were acquired by neuronavigation to calculate the area of surgical exposure
14 (petroclival and pontomedullary) and maneuverability to allow comparisons. Correlations of
15 these variables with petroclival angle and clival depth were also studied.

16 **RESULTS:** In this model, the approaches showed equivalence regarding surgical exposure, but
17 retrosigmoid afforded significantly greater maneuverability. The petroclival angle and clival
18 depth may interfere with maneuverability, but not with surgical exposure in both endoscope-
19 assisted approaches.

20 **CONCLUSION:** Endoscope-assisted techniques allow adequate surgical exposure in these
21 approaches, which may spare the need for additional surgical steps of greater morbidity. Using
22 neuroendoscopy, the retrosigmoid approach might show some advantage over posterior petrosal
23 when dealing with petroclival lesions whose consequent anatomical distortion is minimal.

24

25 **KEY WORDS:** Endoscopic assistance; Petroclival lesion; Petrosal approach; Retrosigmoid
26 approach; Skull base.

27

28

29

30

31

1 INTRODUCTION

2
3 The petroclival region still represents an important challenge to the skull base surgery.¹⁻⁷
4 Consisting of a surgical site whose attainment requires careful work through corridors among
5 critical neurovascular bundles, especially when using posterolateral approaches, the decision-
6 making process of which route to perform gains crucial dimensions. The posterior petrosal and
7 retrosigmoid approaches are included among the transcranial pathways set used for clival
8 lesions.^{2,3,8,9} The pros and cons of each of these pathways usually elicit debate about their
9 suitability for each case. In this context, establishing criteria in order to investigate features that
10 might support a particular surgical choice may represent an important assistance to the surgeon.

11
12 In addition, some anatomical characters, especially related to the spatial conformation of the
13 petroclival region bones, have been described as factors that might influence surgical results in
14 this area, such as the degree of tumor resection, for example.^{2,10,11} It has been punctuated that the
15 smaller the petroclival angle, the larger the tumor residue tends to be, since it increases the
16 difficulty arising from the bone hindrances to the microscope view.²

17
18 Besides, the endoscope assistance in neurosurgical procedures have been systematically reported
19 over the recent years.^{5,6,12-18} This tool widens the horizons of the surgical visualization, and may
20 confer additional advantage to overcome obstacles imposed by the anatomical structures.
21 Nevertheless, depending upon how the endoscope is applied in the procedure, some technical
22 limitations become evident, mainly due to the fact that the device occupies space in the surgical
23 corridor. Thereby, considerations about maneuverability of the instruments deserve special
24 concern in the endoscope-assisted neurosurgery, since current ones require coaxial handling.

25 OBJECTIVE

26
27
28 In this study, using a cadaveric model, we aimed to compare retrolabyrinthine posterior petrosal
29 and retrosigmoid approaches, both with endoscopic assistance, regarding surgical exposure
30 (petroclival and pontomedullary) and maneuverability, as well as to verify whether the
31 petroclival angle and clival depth interfere in these variables.

1 **METHODS**

2

3 *Cadaveric model*

4

5 Five formalin-fixed adult cadaveric heads, injected with red and blue silicone for arterial and
6 venous vasculature respectively, were submitted to high resolution computed tomography (slice
7 thickness of 0.6mm). Excluding a radiologically identifiable pathological process, they were then
8 used in the dissections of the present study, all conducted at the Skull Base Lab at Brigham and
9 Women's Hospital, Harvard Medical School. In each head, a retrosigmoid approach was
10 performed on one side and a retrolabyrinthine posterior petrosal on the other (ten approaches)
11 (Figure 1). Comparisons were drawn from data collected through neuronavigation.

12

13 *Approaches standardization*

14

15 The heads were fixed to the Mayfield holder and the approaches were performed with traditional
16 neurosurgical instruments and high-speed electric drills (Stryker, Kalamazoo, Michigan, USA),
17 following the step-by-step described in the literature.^{1,8,14,15} Over the intradural phase, large
18 cisternal microdissection was carried out under a surgical microscope (Global Surgical Co., Saint
19 Louis, Missouri, USA), being complemented under visualization by 2.7mm-diameter and 18cm-
20 length endoscopes (Fig. 2A), with 0° and 30° lenses (Aesculap, Tuttlingen, Germany). In the
21 retrosigmoid, a 1.5cm constant lateral cerebellar retraction was applied. In the posterior petrosal,
22 besides the same cerebellar retraction, a 1.5cm superior retraction of the temporal lobe was
23 added without injuring the vein of Labbé.

24

25 *Data acquisition and calculation*

26

27 We used the Kick neuronavigation platform (BrainLab, Munich, Germany), set up through the
28 surface matching method, with the reference array attached to the Mayfield, obtaining an overall
29 accuracy of less than 1.8mm. The Cartesian coordinates x, y and z of the points of interest were
30 acquired using the neuronavigator pointer, and these data were then used to calculate the areas

Running Title: Endoscope-assisted Retrosigmoid vs. Posterior Petrosal

4

1 described below with the aid of free software GeoGebra version 6.0.458.0 (GeoGebra
2 International Institute).

3

4 *Petroclival exposure area*

5

6 Under endoscopic supervision, five points (xyz coordinates) were initially recorded for each
7 approach: 1) lower portion of the trigeminal nerve (cranial nerve [CN] V) at the Meckel's cave
8 level; 2) upper portion of the vestibulocochlear (CN VII-VIII) complex at the internal auditory
9 meatus entrance; 3) upper portion of the glossopharyngeal nerve (CN IX) at the jugular foramen
10 level; 4) the most distant superomedial point attainable on the clival surface, with the pointer
11 passing through the corridor between the trigeminal nerve and the CN VII-VIII; 5) the most
12 distal inferomedial point attainable on the clival surface, this time with the pointer inserted
13 between the CN VII-VIII and the lower cranial nerves. We defined the area of polygon resulting
14 from the union of these points as the petroclival exposure area (Fig. 2B).

15

16 *Pontomedullary exposure area*

17

18 Similarly, we defined as the pontomedullary exposure area the corresponding polygon resulting
19 from the following points recorded under endoscopic vision by neuronavigation: 1) upper part of
20 the entrance of the CN V on the pontine surface (Fig. 3A); 2) apparent emergence of the CN VII-
21 VIII in the pontomedullary sulcus; 3) upper part of the emergence of the CN IX, immediately
22 posterior to the olive; 4) the most superomedial point attainable on the pontine surface; 5) the
23 most inferomedial point attainable on the medullary surface (Fig. 3B).

24

25 *Maneuverability areas*

26

27 We chose the abducens nerve (CN VI) at its entrance into Dorello's canal (Fig. 4A) as the
28 anatomical site within the petroclival area to assess the maneuverability allowed for a straight
29 ball microdissector. This instrument was inserted through two distinct corridors: 1) between the
30 trigeminal nerve and the VII-VIII complex (designated as the upper corridor); 2) between the
31 VII-VIII complex and the glossopharyngeal nerve (lower corridor). In each corridor, the

Running Title: Endoscope-assisted Retrosigmoid vs. Posterior Petrosal

5

1 instrument tip was maintained at the entrance of Dorello's canal, and then we observed the widest
2 possible movement amplitude of the microdissector in two axes: the first parallel to the cranial
3 nerves, therefore moving the handle from the brainstem towards the petrous bone; and the other
4 perpendicular to it, from one nerve to the other within the corridor. These movements were
5 overseen endoscopically in a freehand dynamic manipulation, so that the endoscope itself did not
6 restrict the range of motion of the microdissector, as well as ensuring that the maneuvers did not
7 threaten the integrity of the neurovascular structures. We acquired the coordinates of the
8 maximum position reached by the dissector at the extremity of each defined axis, touching the
9 handle tip with the pointer. In each corridor, therefore, a set of 4 points defined the vertices of a
10 spherical polygon, representing a surface area that is a fraction belonging to the sphere whose
11 radius is the length of the dissector itself (Fig. 4B). This spherical area, calculated with the aid of
12 the aforementioned softwares, was then assumed as the maneuverability area (one for the upper
13 corridor and other for the lower one).

14

15 *Petroclival angle and clival depth measurement method*

16

17 The petroclival angle and clival depth of each cadaveric head were measured from the CT
18 images acquired prior to dissections using a free DICOM viewer (Horos version 2.4.1). For this
19 purpose, we initially performed a 3D multiplanar reconstruction (3D MPR), moving the
20 perpendicular axes of each reconstruction in order to simultaneously verify: 1) in the coronal,
21 that the vertical axis crossed the odontoid tip and the sagittal suture (Fig. 5A); 2) in the midline
22 of the sagittal, that the horizontal axis crossed the tuberculum sellae and the external occipital
23 protuberance (Fig. 5B); 3) in the axial, that the vertical axis was aligned with the crista galli and
24 the external occipital protuberance (Fig. 5C). By doing so, we obtained an axial reconstruction
25 with adequate laterolateral symmetry and with the tuberculum sellae-occipital external
26 protuberance line as the reference plane.¹⁹ From these axial cuts with this standardization, we
27 calculated the angle formed by the clival and petrosal surfaces in the slice at the level of the
28 middle portion of the internal acoustic meatus, defining the petroclival angle (Fig. 5D).
29 Afterwards, we traced an imaginary line that connected the anterior edges of each internal
30 acoustic meatus (intermeatal line), measuring the perpendicular distance of this in relation to the
31 clival mid-surface in the same cut, establishing the clival depth (Fig. 5E).

1 *Statistics*

2

3 The surgical exposure and maneuverability areas were compared using the Mann-Whitney U
4 test. The correlation among petroclival angle, clival depth and these variables were analyzed by
5 computing Spearman's coefficient. A P-value less than 0.05 defined statistic significance.

6

7 **RESULTS**

8

9 *Petroclival areas*

10

11 There was no statistically significant difference ($P = 0.69$) regarding the petroclival exposure
12 areas between the retrosigmoid and posterior petrosal approaches ($365.85 \pm 133.12\text{mm}^2$ and
13 $320.62 \pm 103.44\text{mm}^2$, respectively) (Fig. 6).

14

15 *Pontomedullary areas*

16

17 There was also no significant difference ($P = 0.83$) in pontomedullary exposure between the
18 retrosigmoid (mean $\pm$ SD: $255.83 \pm 88.26\text{ mm}^2$) and the posterior petrosal (mean $\pm$ SD: $229.80 \pm$
19 74.39mm^2) approaches (Fig. 7). As well as in the petroclival area delimitation, contralateral
20 portions of the brainstem were also not reached.

21

22 *Maneuverability*

23

24 The total maneuverability (sum of the maneuverability areas in the upper and lower corridors) in
25 the retrosigmoid approach was significantly higher ($P = 0.03$) than in the posterior petrosal.
26 Considering the corridors separately, the maneuverability in the retrosigmoid tended to be higher
27 ($P = 0.055$) than in the posterior petrosal through both corridors (Fig. 8).

28

29 *Spearman's correlation*

30

Running Title: Endoscope-assisted Retrosigmoid vs. Posterior Petrosal

7

1 After creating scatterplots to assess the possible influence of the petroclival angle and clival
2 depth on the variables of this study, we ran a Spearman's correlation in those with a monotonic
3 relationship (Figs. 9 and 10). The petroclival angle ($134.37 \pm 8.80^\circ$) had a significant and strong
4 negative correlation with the maneuverability through the upper corridor in the retrosigmoid
5 approach ($r_s = -0.9$, $P = 0.037$), besides showing a strong positive correlation with
6 maneuverability in the petrosal approach, not significant, both through upper ($r_s = 0.7$, $P = 0.2$)
7 and lower corridors ($r_s = 0.8$, $P = 0.1$). The clival depth ($13.02 \pm 1.48\text{mm}$) presented a significant
8 and strong positive correlation with the total maneuverability in the retrosigmoid ($r_s = 0.9$, $P =$
9 0.037), whereas it showed a strong negative correlation with the maneuverability through the
10 lower corridor in petrosal approach ($r_s = -0.9$, $P = 0.037$). There was a strong negative correlation
11 between petroclival angle and clival depth, which was not statistically significant ($r_s = -0.6$, $P =$
12 0.3). Furthermore, it is worth mentioning that there was no relationship between these
13 measurements and surgical exposure areas in both approaches.

14

15 DISCUSSION

16

17 It is imperative to emphasize the limitations arising from this anatomical model in order to weigh
18 the findings under a judicious consideration. Obviously, the model does not replicate the
19 parenchymal relaxation obtained with CSF drainage by cisternal dissection, which, together with
20 the consequent anatomical distortion caused by expansive lesions, give rise to important caveats
21 regarding the interpretation of the results.²⁰⁻²⁶ It is noteworthy that, in this scenario, the eventual
22 widening of the anatomic corridors implies both a greater maneuverability of the surgical
23 instruments and a better visualization of the petroclival region independently of the chosen
24 approach, often even allowing to glimpse contralateral structures. On the other hand, when
25 considering very small lesions, whose consequent distortion of neurovascular structures is
26 minimal, the considerations of this work may gain greater prominence.

27

28 Defining the petroclival area as a region of interest in this study, especially the petroclival zone
29 II, certain particularities in both approaches could be susceptible to consideration.^{2,8,27} We opted
30 not to perform the suprameatal tubercle drilling on any approach, since this bony prominence
31 was not sizable in any specimen. And in the posterior petrosal, although it is a consensus that the

Running Title: Endoscope-assisted Retrosigmoid vs. Posterior Petrosal

8

1 addition of labyrinth drilling considerably expands its capabilities in accessing the petroclival
2 region^{2,8}, this step was also purposely dispensed with. The idea was that the use of the endoscope
3 would overcome the difficulties imposed on the visualization of the petroclival region, thus
4 exempting the need for an additional bone work, which represents maneuvers with higher risk
5 and morbidity. Therefore, going beyond the discussion whether or not the endoscope adds
6 surgical advantages to microscopy, the intention remained to evaluate in which assisted approach
7 the tool would confer greater benefits to the point of interfering in the surgeon's choice. It is
8 important to emphasize that this contextualization undoubtedly encompasses innumerable other
9 factors that surpass the scope of this work, such as: the importance of the venous anatomy
10 preoperative analysis, in which variations of the vein of Labbé may require modifications or
11 even prevent petrosal approach⁸; the existence of previous auditory deficits, allowing to execute
12 translabyrinthine pathways with lower additional morbidity; the exposure gain with the
13 combined anterior and posterior petrosal approaches.

14
15 We used the definition of the Dorello's canal entrance as the site where the abducens nerve enters
16 the clival dura, thus at the beginning of its gulfar segment.²⁸ The choice of this site for the
17 evaluation of maneuverability was justified by its greater constancy and its deeper location in the
18 petroclival zone. We decided not to study this question neither with vascular structures, given
19 their considerable variability, nor with the nerves with more superficial disposition, such as the
20 trigeminal or the facial, since the focus remained on the petroclival zone. In addition, the
21 quantification of the maneuverability separately by the anatomical corridors settled in this study
22 attempted to allow more detailed evaluations, investigating whether each corridor interfered
23 differently with the studied variables.

24
25 The standardization described for the calculation of the petroclival angle and clival depth was
26 elaborated with the aim of obtaining the values with the highest possible reliability, reducing the
27 variability of the measurements among observers. The use of the tuberculum sellae-occipital
28 external protuberance line, along with the other steps of the described protocol, had this purpose,
29 since the landmarks are easily identifiable, and may exhibit some advantage over the
30 orbitomeatal line.¹⁹ The evaluation of interobserver agreement with this methodology requires,
31 however, validation in future investigations.

Running Title: Endoscope-assisted Retrosigmoid vs. Posterior Petrosal

9

1 This said, it was obtained that the greater the clival depth, the greater the total maneuverability in
2 the retrosigmoid access, and the smaller the maneuverability through the inferior corridor via the
3 posterior petrosal. And the greater the petroclival angle, the smaller the maneuverability through
4 the upper corridor via retrosigmoid. Although we have found different anatomical corridor
5 correlations, we would point out that, pragmatically, the possible interference in total
6 maneuverability would be more important, since both approaches allow to work through both
7 corridors simultaneously.

8

9 Overall, this work may raise the question of using a simpler and faster approach, such as
10 retrosigmoid, to address lesions in the target area of this study, rather than requiring more
11 difficult access to perform as the petrosal, obviously considering the aforementioned limitations.

12

13 Furthermore, we emphasize that, given the difficulties in visualizing central clival depression,
14 the most medial portion in the petroclival zone II,² in petrosal approach without translabyrinthine
15 routes, the use of the endoscope apparently allowed to overcome this limitation in the
16 retrolabyrinthine pathway, exposing the ipsilateral region of the central clival depression, which
17 was also achieved in the retrosigmoid approach. These observations reinforce the relevance of
18 the endoscope-assisted techniques. In a real scenario, we also remember that the use of
19 instruments adapted to the coaxial work with the endoscope, with angled tips, for example, can
20 considerably expand the work capacity on the surgical target, ensuring maneuvers whose
21 analysis, however, is not covered by this study design.

22

23 CONCLUSION

24

25 Using this model, endoscope-assisted retrosigmoid and retrolabyrinthine posterior petrosal
26 approaches did not demonstrate significant differences regarding surgical exposure; however, the
27 maneuverability achieved in the retrosigmoid was greater than in the petrosal. In both
28 approaches, the petroclival angle and clival depth may interfere with maneuverability, but not
29 with surgical exposure in the petroclival region. The use of endoscope-assisted techniques in
30 these procedures may spare some surgical steps of greater morbidity.

31

Running Title: Endoscope-assisted Retrosigmoid vs. Posterior Petrosal

10

1 **REFERENCES**

- 2
- 3 1. Chang SW, Wu A, Gore P, et al. Quantitative comparison of Kawase's approach versus
- 4 the retrosigmoid approach: implications for tumors involving both middle and posterior
- 5 fossae. *Neurosurgery*. 2009;64(3 Suppl):ons44-51; discussion ons51-2.
- 6 2. Abdel Aziz KM, Sanan A, van Loveren HR, Tew JM, Keller JT, Pensak ML. Petroclival
- 7 meningiomas: predictive parameters for transpetrosal approaches. *Neurosurgery*.
- 8 2000;47(1):139-50; discussion 150-2.
- 9 3. Jacquesson T, Berhouma M, Tringali S, Simon E, Jouanneau E. Which Routes for
- 10 Petroclival Tumors? A Comparison Between the Anterior Expanded Endoscopic
- 11 Endonasal Approach and Lateral or Posterior Routes. *World Neurosurg*. 2015;83(6):929-
- 12 936.
- 13 4. Muto J, Prevedello DM, Ditzel Filho LFS, et al. Comparative analysis of the anterior
- 14 transpetrosal approach with the endoscopic endonasal approach to the petroclival region. *J*
- 15 *Neurosurg*. 2016;125(5):1171-1186.
- 16 5. Schroeder HWS, Hickmann A-K, Baldauf J. Endoscope-assisted microsurgical resection
- 17 of skull base meningiomas. *Neurosurg Rev*. 2011;34(4):441-455.
- 18 6. Zwagerman NT, Zenonos G, Lieber S, et al. Endoscopic transnasal skull base surgery:
- 19 pushing the boundaries. *J Neurooncol*. 2016;130(2):319-330.
- 20 7. Koutourousiou M, Fernandez-Miranda JC, Vaz-Guimaraes Filho F, et al. Outcomes of
- 21 Endonasal and Lateral Approaches to Petroclival Meningiomas. *World Neurosurg*.
- 22 2017;99:500-517.
- 23 8. Gross B a, Tavanaiepour D, Du R, Al-Mefty O, Dunn IF. Evolution of the posterior
- 24 petrosal approach. *Neurosurg Focus*. 2012;33(2):E7.
- 25 9. Ambekar S, Amene C, Sonig A, Guthikonda B, Nanda A. Quantitative Comparison of
- 26 Retrosigmoid Intradural Suprameatal Approach and Retrosigmoid Transtentorial
- 27 Approach: Implications for Tumors in the Petroclival Region. *J Neurol Surg Part B Skull*
- 28 *Base*. 2013;74(05):300-304.

Running Title: Endoscope-assisted Retrosigmoid vs. Posterior Petrosal

11

- 1 10. Alonso F, Dekker SE, Wright J, et al. The Retrolabyrinthine Presigmoid Approach to the
2 Anterior Cerebellopontine Region: Expanding the Limits of Trautmann Triangle. *World*
3 *Neurosurg.* 2017;104:180-185.
- 4 11. Desai S, Baymon D, Sieloff E, et al. Computed tomography morphometric analysis of the
5 central clival depression and petroclival angle for application of the presigmoid approach
6 in the pediatric population. *J Pediatr Neurosci.* 2016;11(2):109.
- 7 12. Peris-Celda M, Da Roz L, Monroy-Sosa A, Morishita T, Rhoton AL. Surgical anatomy of
8 endoscope-assisted approaches to common aneurysm sites. *Neurosurgery.* 2014;10 Suppl
9 1(1):121-44; discussion 144.
- 10 13. Rehder R, Luiz Da Costa MP, Al-Mefty O, Cohen AR. Endoscope-Assisted Microsurgical
11 Approach to the Posterior and Posterolateral Incisural Space. *World Neurosurg.*
12 2016;91:210-217.
- 13 14. Colasanti R, Abbasali Tailor A-R, Gorjian M, Zhang J, Ammirati M. Microsurgical and
14 Endoscopic Anatomy of the Extended Retrosigmoid Inframeatal Infratemporal Approach.
15 *Neurosurgery.* 2015;11(1):1
- 16 15. Ebner FH, Koerbel A, Kirschniak A, Roser F, Kaminsky J, Tatagiba M. Endoscope-
17 assisted retrosigmoid intradural suprameatal approach to the middle fossa: Anatomical and
18 surgical considerations. *Eur J Surg Oncol.* 2007;33(1):109-113.
- 19 16. Samii M, Alimohamadi M, Gerganov V. Endoscope-assisted retrosigmoid
20 infralabyrinthine approach to jugular foramen tumors. *J Neurosurg.* 2016;124(4):1061-
21 1067.
- 22 17. Samii M, Alimohamadi M, Gerganov V. Endoscope-assisted retrosigmoid intradural
23 suprameatal approach for surgical treatment of trigeminal schwannomas. *Neurosurgery.*
24 2014;10 Suppl 4(4):565-75; discussion 575.
- 25 18. Baidya NB, Berhouma M, Ammirati M. Endoscope-assisted retrosigmoid resection of a
26 medium size vestibular schwannoma tumor model: a cadaveric study. *Clin Neurol*
27 *Neurosurg.* 2014;119:35-38.
- 28 19. Kim YI, Ahn KJ, Chung YA, Kim BS. A New Reference Line for the Brain CT: The

Running Title: Endoscope-assisted Retrosigmoid vs. Posterior Petrosal

12

- 1 Tuberculum Sellae-Occipital Protuberance Line is Parallel to the Anterior/Posterior
- 2 Commissure Line. *Am J Neuroradiol.* 2009;30(9):1704-1708.
- 3 20. Ercan S, Scerrati A, Wu P, Zhang J, Ammirati M. Is less always better? Keyhole and
- 4 standard subtemporal approaches: evaluation of temporal lobe retraction and surgical
- 5 volume with and without zygomatic osteotomy in a cadaveric model. *J Neurosurg.*
- 6 2017;127(1):157-164.
- 7 21. Rehder R, Luiz da Costa MP, Al-Mefty O, Cohen AR. Endoscope-Assisted Microsurgical
- 8 Approach to the Posterior and Posterolateral Incisural Space. *World Neurosurg.*
- 9 2016;91:210-217.
- 10 22. Yagmurlu K, Safavi-Abbasi S, Belykh E, et al. Quantitative anatomical analysis and
- 11 clinical experience with mini-pterional and mini-orbitozygomatic approaches for
- 12 intracranial aneurysm surgery. *J Neurosurg.* 2017;127(3):646-659.
- 13 23. Baidya NB, Tang C-T, Ammirati M. Intradural endoscope-assisted anterior
- 14 clinoidectomy: A cadaveric study. *Clin Neurol Neurosurg.* 2013;115(2):170-174.
- 15 24. Lamki T, Salma A, Baidya N, Ammirati M. Path to the Interpeduncular Fossa:
- 16 Anatomical Comparison of Endoscopic-Assisted versus Standard Subtemporal Approach.
- 17 *J Neurol Surg B Skull Base.* 2012;73(4):261-264.
- 18 25. Tang C-T, Baidya NB, Ammirati M. Endoscope-assisted neurovascular decompression of
- 19 the trigeminal nerve: a cadaveric study. *Neurosurg Rev.* 2013;36(3):403-410.
- 20 26. Tang C-T, Baidya NB, Ammirati M. Endoscope-assisted supraorbital approach to the
- 21 retroinfundibular area: a cadaveric study. *Neurosurg Rev.* 2013;36(2):249-257.
- 22 27. Ebner F, Koerbel A, Roser F, Hirt B, Tatagiba M. Microsurgical and Endoscopic
- 23 Anatomy of the Retrosigmoid Intradural Suprameatal Approach to Lesions Extending
- 24 from the Posterior Fossa to the Central Skull Base. *Skull Base.* 2009;19(05):319-323.
- 25 28. Tubbs RS, Radcliff V, Shoja MM, et al. Dorello Canal Revisited: An Observation that
- 26 Potentially Explains the Frequency of Abducens Nerve Injury After Head Injury. *World*
- 27 *Neurosurg.* 2012;77(1):119-121.
- 28

Running Title: Endoscope-assisted Retrosigmoid vs. Posterior Petrosal

13

FIGURES

Figure 1. Illustration of the endoscope-assisted approaches compared in the cadaveric model of the present study. Part of the dural venous system is represented in blue in both drawings.

Figure 2. A: Panoramic endoscopic view of the cerebellopontine angle through posterior petrosal approach (0-degree lens), after accomplishing the cisternal dissection, demonstrating the corridors defined in this study: upper corridor, between CN V and CN VII-VIII; lower corridor, between CN VII-VIII and the lower cranial nerves. The suprameatal tubercle (#) did not have large size (as in all specimens used). B: Schematic

representation of the polygonal area established as the petroclival exposure in this work, calculated from coordinates obtained by neuronavigation. The vertices of the resulting polygon were the points related to CN V, CN VII-VIII and CN IX closest to the petrosal surface, and the most distant points reachable by the pointer under endoscopic visualization. AICA: anterior inferior cerebellar artery; LbSCA: lateral branch of superior cerebellar artery; FL: flocculus; SPV: superior petrosal vein; V: trigeminal nerve; VI: abducens nerve; VII-VIII: facial-vestibulocochlear complex; IX: glossopharyngeal nerve; X: vagus nerve; IX-X-XI: lower cranial nerves; p: probe; #: suprimeatal tubercle; CN: cranial nerve.

Figure 3. A: Close-up endoscopic view of the trigeminal nerve in the vicinity of its dorsal root entry zone (0° lens). Besides the pontine surface (arrow), trigeminal nerve sensory root and motor rootlets are identified, which were reached by the AICA loop in this specimen. B: Schematic illustration of the polygonal area defined as the pontomedullary exposure in this work, also calculated from coordinates obtained by neuronavigation under endoscopic view. AICA: anteroinferior cerebellar artery; V: trigeminal nerve; VII-VIII: facial-vestibulocochlear complex; IX: glossopharyngeal nerve; p: probe.

Figure 4. A: Close-up endoscopic view of the abducens nerve (CN VI) at the entrance of the clival dura, after endoscope-assisted cisternal dissection, at the beginning of its gulfar segment (entrance of the Dorello's canal, indicated by the white arrow). B: Schematic illustration of the maneuverability area of a straight microdissector positioned at the entrance of the Dorello's canal, obtaining a spherical polygon area from neuronavigational coordinates of the points of maximum range of movement in two axes (one from brainstem towards the clivus and the another perpendicular to it, limited by the cranial nerves), for both the upper and lower corridors. BA: basilar artery; V: trigeminal nerve; VI: abducens nerve; VII-VIII: facial-vestibulocochlear complex; IX-X-XI: lower cranial nerves; p: probe.

Figure 5. 3D multiplanar reconstruction images and the measurement mode of petroclival angle and clival depth. The perpendicular axes arrangement was standardized. A: Coronal viewport, with the vertical axis crossing the odontoid tip and the sagittal suture. B: Sagittal viewport, with one of the axes in the tuberculum sellae-external occipital protuberance line. C: Axial viewport, with the vertical axis aligned with the crista galli and the external occipital protuberance. D: Petroclival angle calculation, from the intersection of the lines of clival and petrosal surfaces. E: Clival depth measurement, the perpendicular distance from the intermeatal line to the clivus mid-surface.

Running Title: Endoscope-assisted Retrosigmoid vs. Posterior Petrosal

17

Figure 6. Petroclival exposure areas of the EaRS and EaPP approaches. The comparison between them, with data expressed as mean and standard error of the mean, showed that the difference was nonsignificant ($P = 0.69$). EaRS: endoscope-assisted retrosigmoid approach; EaPP: endoscope-assisted posterior petrosal approach.

Figure 7. Pontomedullary exposure areas of the EaRS and EaPP approaches. The comparison between them, with data expressed as mean and standard error of the mean,

Running Title: Endoscope-assisted Retrosigmoid vs. Posterior Petrosal

18

showed that the difference was nonsignificant ($P = 0.83$). EaRS: endoscope-assisted retrosigmoid approach; EaPP: endoscope-assisted posterior petrosal approach.

Figure 8. Maneuverability areas (total, via the upper corridor and via the lower corridor) of the EaRS and EaPP approaches. The EaRS demonstrated significant greater total maneuverability ($P = 0.03$) than the EaPP. The maneuverability of the former approach tended to be greater than that of the latter when considered separately by corridor, but not significant ($P = 0.055$), for both corridors. Data were expressed as mean and standard error of the mean. * highlights the comparison whose P was significant. EaRS: endoscope-assisted retrosigmoid approach; EaPP: endoscope-assisted posterior petrosal approach.

Running Title: Endoscope-assisted Retrosigmoid vs. Posterior Petrosal

19

Figure 9. Scatterplots with trendlines displaying the relationship between maneuverability areas and the petroclival angle. Only those with a monotonic relation with strong correlation were depicted. The greater the petroclival angle, the lower the maneuverability through the upper corridor in both EaRS (A, $r_s = -0.9$, $P = 0.037$) and EaPP (B, $r_s = -0.3$, $P = 0.62$), and the greater the maneuverability by the lower corridor in the EaPP (C, $r_s = 0.8$, $P = 0.1$). * highlights the correlation whose P was significant.

Running Title: Endoscope-assisted Retrosigmoid vs. Posterior Petrosal

20

EaRS: endoscope-assisted retrosigmoid approach; EaPP: endoscope-assisted posterior petrosal approach.

Figure 10. Scatterplots with trendlines displaying the relationship between maneuverability areas and the clival depth. Again, only those with a monotonic relation with strong correlation were showed. The greater the clival depth, the greater the total maneuverability in the EaRS (A , $r_s = 0.9$, $P = 0.037$) and the lower maneuverability

Running Title: Endoscope-assisted Retrosigmoid vs. Posterior Petrosal

21

through the lower corridor in the EaPP (B , $r_s = -0.9$, $P = 0.037$). The clival depth showed a strong negative correlation with the petroclival angle (C , $r_s = -0.6$, $P = 0.3$). * highlights the correlations whose p was significant. EaRS: endoscope-assisted retrosigmoid approach; EaPP: endoscope-assisted posterior petrosal approach.