DANIEL DUTRA CAVALCANTI

**Análise quantitativa dos principais acessos cirúrgicos ao tronco
encefálico com ênfase nas áreas de segurança**

Tese apresentada à Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo para obtenção de título de
Doutor em Ciências

Programa de Neurologia

Orientador: Prof. Dr. Eberval Gadelha Figueiredo

São Paulo

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Cavalcanti, Daniel Dutra

Análise quantitativa dos principais acessos
cirúrgicos ao tronco encefálico com ênfase nas
áreas de segurança / Daniel Dutra Cavalcanti. -- São
Paulo, 2018.

Tese(doutorado)--Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo.

Programa de Neurologia.

Orientador: Eberval Gadelha Figueiredo.

Descritores: 1.Tronco encefálico 2.Microcirurgia
3.Neuroanatomia 4.Neuronavegação 5.Hemangioma
cavernoso 6.Hemangioblastoma 7.Glioma

USP/FM/DBD-041/18

Responsável: Kátia Maria Bruno Ferreira - CRB-8/6008

Aos meus queridos pais, Carlos e Branca de Castela, por tudo que sou

A minha amada esposa Laís

Aos meus quatro estimados mestres: José Guasti, Robert Spetzler, Luis Borba e Paulo

Niemeyer Filho

AGRADECIMENTOS

Aos meus queridos irmãos, Ana Carolina e Fabio, pelo amor eterno;

Ao Prof. Dr. Eberval Gadelha, mestre paciente e iluminador na orientação;

Ao Prof. Neil Crawford, desenvolvedor das planilhas ativas para cálculo das áreas de exposição;

Aos inúmeros pacientes que me permitiram operá-los melhor, mediante conhecimento adquirido nas inúmeras disseções microcirúrgicas em laboratório;

Ao Dr. Mark C. Preul, pelo meu *fellowship* no *Barrow Neurological Institute* e por toda liberdade e estímulo que sempre me proporcionou, determinando para sempre minha formação profissional;

Ao Dr. Spetzler, por me ensinar inúmeras nuances da neurocirurgia do tronco encefálico.

Esta tese está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento desta publicação:

Referências: Adaptado de *International Comittee of Medical Journal Editors* (Vancouver).

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Divisão de Biblioteca e Documentação. *Guia de Apresentação de Dissertações, Teses e Monografia* – Elaborado por Annelise Carneiro da Cunha, Maria Júlia de A. L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 3^a Edição - São Paulo: Divisão de Biblioteca e Documentação; 2011.

Abreviaturas dos títulos e periódicos de acordo com *List of Journals Indexed in Index Medicus*.

Nomenclatura dos termos anatômicos baseada na Terminologia Anatômica vigente. *Terminologia Anatômica em Português*. Sociedade Brasileira de Anatomia. São Paulo. Ed. Manole; 2001.

Este estudo foi realizado no *Barrow Neurological Institute – Saint Joseph's Hospital and Medical Center*, Phoenix, Arizona, EUA, e sua utilização nesta tese foi aprovada pelo Dr. Mark Preul, Diretor de Pesquisas em Neurocirurgia daquela instituição, e pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, sob parecer consubstanciado 514.414, de 23 de janeiro de 2014 (CAAE: 11261613.4.0000.0065).

SUMÁRIO

Lista de Abreviaturas e Siglas

Lista de Símbolos

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

Resumo

Summary

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	11
3 MÉTODOS.....	13
3.1 Busca Bibliográfica.....	14
3.2 Preparo dos Espécimes e Dissecções Microcirúrgicas.....	16
3.3 Acessos Cirúrgicos	17
3.4 Variáveis Estudadas.....	19
3.5 Quantificação.....	20
3.6 Análise Estatística.....	21
4 RESULTADOS.....	23
4.1 Zonas de Entrada de Segurança no Tronco.....	24
4.2 Acessos Cirúrgicos ao Mesencéfalo.....	25
4.2.1 Acesso Orbitozigomático.....	25
4.2.2 Acesso Subtemporal.....	26
4.2.3 Acesso Supracerebelar Infratentorial Mediano.....	28
4.2.4 Acesso Supracerebelar Infratentorial Paramediano.....	29

4.2.5 Acesso Supracerebelar Infratentorial Extremo Lateral.....	31
4.3 Acessos Cirúrgicos à Ponte.....	33
4.3.1 Acesso Retrossigmoide	33
4.3.2 Acesso Retrolabiríntico	35
4.3.3 Acesso Combinado (subtemporal e retrolabiríntico)	36
4.3.4 Acesso Subtemporal Transtentorial	36
4.3.5 Petrosectomia Anterior.....	37
4.3.6 Acesso Subtemporal Transtentorial com Petrosectomia Anterior.....	37
4.3.7 Acesso Suboccipital Telovelar.....	39
4.4 Acessos Cirúrgicos ao Bulbo.....	41
4.4.1 Acesso Extremo Lateral (<i>Far-Lateral</i>).....	41
5 DISCUSSÃO.....	43
6 CONCLUSÃO.....	51
7 ANEXOS – INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS.....	53
8 REFERÊNCIAS.....	66

Apêndice

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACoA	artéria comunicante anterior
A1	primeiro segmento da artéria cerebral anterior
A2	segundo segmento da artéria cerebral anterior
AZ	Arizona
CA	Califórnia
CO	Colorado
C1	primeira vértebra cervical
EUA	Estados Unidos da América
FL	Flórida
<i>Inc.</i>	<i>incorporation</i>
MI	Michigan
MO	Missouri
NJ	Nova Jérsei
PA	Pensilvânia
PICA	artéria cerebelar posteroinferior
RM	ressonância magnética
SLR	<i>single lens reflex</i>
V3	terceiro segmento da artéria vertebral
V4	quarto segmento da artéria vertebral
WA	Washington

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Celsius
mm	milímetro
mm ²	milímetro quadrado
±	mais ou menos
>	maior que
<	menor que
=	igual a
°	grau
%	percentagem

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Ilustrações iniciais do tronco encefálico.....	3
FIGURA 2	Variedade de acessos de acordo com topografia.....	4
FIGURA 3	Complexa anatomia seccional do mesencéfalo, ponte e bulbo.....	5
FIGURA 4	Colículo facial e anatomia subjacente.....	6
FIGURA 5	Anatomia das zonas de entrada de segurança na face dorsal do tronco..	6
FIGURA 6	Primeira descrição de uma zona de entrada de segurança no tronco.....	7
FIGURA 7	Os trógonos suprafacial e infrafacial de Kyoshima e col.....	7
FIGURA 8	O uso de tecnologia na quantificação de acessos cirúrgicos.....	8
FIGURA 9	O papel do Laboratório de Base de Crânio do Barrow Neurological Institute na difusão de estudos de quantificação de acessos cirúrgicos.....	9
FIGURA 10	Estação de dissecação neurocirúrgica.....	19

FIGURA 11	Espécimes e materiais de dissecação.....	19
FIGURA 12	Cálculo das áreas de exposição com planilha ativa do Excel.....	21
FIGURA 13	Cálculo das exposições angulares e extensão linear de exposição.....	22
FIGURA 14	Áreas de segurança no mesencéfalo.....	24
FIGURA 15	Áreas de segurança na ponte.....	24
FIGURA 16	Áreas de segurança no bulbo.....	24
FIGURA 17	Craniotomia frontoorbitozigomática.....	25
FIGURA 18	Área de exposição estimada no tronco pelo frontoorbitozigomático...	26
FIGURA 19	Acesso subtemporal e suas extensões.....	27
FIGURA 20	Acesso supracerebelar infratentorial mediano.....	28
FIGURA 21	Área de exposição gerada pelo acesso supracerebelar infratentorial mediano.....	29
FIGURA 22	Acesso supracerebelar infratentorial paramediano.....	30
FIGURA 23	Acesso supracerebelar infratentorial extremo lateral.....	31
FIGURA 24	Área de exposição gerada pelo acesso supracerebelar infratentorial extremo lateral.	32
FIGURA 25	Acesso retrossigmoide.....	34
FIGURA 26	Área de exposição fornecida pelo retrossigmoide.....	34
FIGURA 27	Acesso pré-sigmoide retrolabiríntico.....	35
FIGURA 28	Acesso de Kawase.....	38
FIGURA 29	Área de exposição estimada no tronco pelo subtemporal e variações	39
FIGURA 30	Acesso suboccipital mediano telovelar.....	40

FIGURA 31	Área de exposição proporcionada pelo acesso telovelar.....	41
FIGURA 32	Acesso extremo lateral (<i>far-lateral</i>).....	42
FIGURA 33	Área de exposição fornecida pelo extremo lateral (<i>far-lateral</i>).....	42
FIGURA 34	Áreas de Exposição em Comparação Absoluta.....	45

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.	Zonas de entrada de segurança mesencefálicas por acesso.....	15
TABELA 2.	Zonas de entrada de segurança pontinas por acesso.....	16
TABELA 3.	Zonas de entrada de segurança bulbar por acesso.....	16
TABELA 4.	Comparação de exposições angulares e trajetória entre os acessos orbitozigomático e subtemporal em relação à zona mesencefálica anterior.....	27
TABELA 5.	Comparação de exposições angulares e trajetórias entre os três acessos supracerebelar infratentorial em relação ao centro da zona de segurança intercolicular.....	30
TABELA 6.	Comparação de exposições angulares e trajetórias entre os acessos subtemporal e supracerebelar infratentorial extremo lateral em relação ao sulco mesencefálico lateral.....	32
TABELA 7.	Comparação entre áreas de exposição do retrossigmoide e retrolabiríntico.....	33
TABELA 8.	Comparação de exposição angular e trajetória entre os acessos retrossigmoide e o retrolabiríntico em relação a duas zonas de segurança.....	36
TABELA 9.	Ganho em extensão linear de exposição vertical pela adição do corte tentorial e petrosectomia anterior ao acesso subtemporal.....	38

TABELA 10. Ganho em área de exposição pela adição do corte tentorial e petrosectomia anterior ao acesso subtemporal.....	39
---	----

RESUMO

Cavalcanti DD. *Análise quantitativa dos principais acessos cirúrgicos ao tronco encefálico com ênfase nas áreas de segurança* [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2018.

INTRODUÇÃO: O tronco encefálico é uma pequena estrutura com elevada concentração de núcleos e tratos. Historicamente, houve grande debate sobre indicações cirúrgicas às lesões no tronco encefálico. Apesar do desenvolvimento da microcirurgia, cirurgia da base do crânio e da neuronavegação, poucos grupos têm experiência no manejo daquelas lesões. Quando lesões no tronco encefálico não afloram à superfície pial, torna-se crucial o conhecimento de áreas de segurança de acesso ao tronco, as quais representam estreitos corredores em que há paucidade de estruturas eloquentes e ausência de vasos perfurantes. **OBJETIVO:** Quantificar a área de trabalho gerada pelos acessos cirúrgicos mais comumente utilizados ao tronco encefálico, além de definir as exposições angulares geradas pelos mesmos acessos às áreas de segurança por meio de disseções cadavéricas. Adicionalmente, detalhamos a anatomia cirúrgica de treze acessos ao tronco encefálico, com fotografias passo a passo e descrições detalhadas para auxiliar na melhor difusão destas técnicas. **MÉTODOS:** Foi realizada disseção anatômica de 10 cadáveres humanos para demonstração de 13 acessos cirúrgicos ao tronco encefálico e da anatomia das seguintes zonas de segurança: mesencefálica anterior, sulco mesencefálico lateral, intercolicular, peritrigeminal, supra-trigeminal, pontina lateral, supra-colicular, infra-colicular, sulco mediano do quarto ventrículo, sulco posteromediano e olivar. Os acessos estudados foram: orbitozigomático, subtemporal, subtemporal transtentorial, subtemporal transtentorial com petrosectomia anterior, suboccipital telovelar, supracerebelar infratentorial mediano, paramediano e lateral, retrossigmoideo, extremo lateral, petrosectomia anterior, retrolabiríntico, e combinado. A disseção foi realizada entre Janeiro a Julho de 2010, no Laboratório de Base de Crânio do *Barrow Neurological Institute*, localizado em Phoenix, Arizona, EUA. Os espécimes fixados em formalina e com artérias e veias perfundidas com silicone colorido foram dissecados em suporte de Mayfield em mesa cirúrgica, com todo instrumental cirúrgico simulando um ambiente operatório. Após cada acesso, neuronavegador era utilizado para coletar coordenadas tridimensionais de pontos pré-definidos nas craniotomias e no campo operatório, os quais após análise em *software* específico, se traduziam em valores das seguintes variáveis: área de exposição, exposição angular e extensão de exposição. Os resultados obtidos foram comparados quando havia interseção de área ou zona de segurança. **RESULTADOS:** A área de exposição média do orbitozigomático no tronco foi de $164,7 \pm 43,6 \text{ mm}^2$. A exposição angular horizontal à zona mesencefálica anterior foi $37,9 \pm 7,3^\circ$. A área média produzida pelo retrossigmoideo foi $538,6 \pm 161,0 \text{ mm}^2$. As exposições angulares horizontal e vertical médias geradas por esse corredor para a zona pontina lateral foram $31,1 \pm 6,7^\circ$ e $49,3 \pm 9,4^\circ$, respectivamente. A área média produzida pelo *far-lateral* foi $856,8 \pm 139,7 \text{ mm}^2$. As exposições angulares horizontal e vertical médias deste acesso para a zona olivar foram $40,8 \pm 10,2^\circ$ e $54,8 \pm 6,8^\circ$. **CONCLUSÃO:** O acesso orbitozigomático oferece mínima área de exposição do tronco, mas melhor trajetória em relação à zona mesencefálica anterior que o subtemporal. O supracerebelar infratentorial extremo lateral oferece melhor trajetória e ângulos ao sulco mesencefálico

lateral que o subtemporal. Não há diferença significativa entre as áreas de exposição e exposições angulares ao tronco entre o retrossigmoide e retrolabiríntico, mas este último oferece trajetória mais direta.

Descritores: tronco encefálico; microcirurgia; neuroanatomia; neuronavegação; hemangioma cavernoso; hemangioblastoma; glioma

SUMMARY

Cavalcanti DD. *Quantitative analysis of the main surgical approaches to the brainstem emphasizing the safe entry zones* [thesis]. São Paulo: “Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo”; 2018.

INTRODUCTION: The brainstem is a small structure disposing of high concentration of nuclei and tract. Historically, there was enormous discussion on surgical indications to brainstem lesions. In spite of the evolution of microsurgery, skull base surgery, and neuronavigation, few groups bear experience managing this pathology. Whenever lesions do not surface on pia or ependyma, it is key using the safe entry zones, managing the brainstem, which represent tiny corridors where eloquent structures and perforators are sparse. **OBJECTIVE:** To quantify the working area provided by the main surgical approaches to brainstem, as well as angles of attack provided by the same approaches to the safe zones through cadaveric dissections. It was possible at the same time to detail the microanatomy of thirteen approaches, with stepwise images and descriptions, in order to aid spreading this knowledge in Portuguese. **METHODS:** Ten human cadavers were dissected in order to visually demonstrate 13 surgical approaches to brainstem and these safe zones: anterior mesencephalic, lateral mesencephalic sulcus, intercollicular, peritrigeminal, supratrigeminal, lateral pontine, supracollicular, infracollicular, median sulcus of the fourth ventricle, posteromedian sulcus and olivary. The following approaches were analyzed: orbitozygomatic, subtemporal, subtemporal transtentorial, subtemporal transtentorial with anterior petrosectomy, median suboccipital telovelar, median, paramedian and lateral supracerebellar infratentorial, retrosigmoid, far-lateral, anterior petrosectomy, retrolabyrinthine, and combined. Dissections were carried out from January to July 2010, at the Skull Base Laboratory in the Barrow Neurological Institute, Phoenix, Arizona, USA. The specimens were lightly fixed in formalin while arteries and veins were perfused with color silicone. They were dissected on a Mayfield head-holder, using a complete set of surgical instruments simulating an operative environment. Neuronavigation was utilized after every approach to collect tridimensional coordinates of predefined points on the craniotomy edges and within the surgical field. Using a specific software, these coordinates translate themselves into the following variables: areas of exposure, angles of attack and lengths of exposure. The variables were compared among them when 2 or more approaches addressed overlapped areas. **RESULTS:** The mean area of exposure provided by the orbitozygomatic on the brainstem was $164,7 \pm 43,6 \text{ mm}^2$. The horizontal angle of attack to the anterior mesencephalic zone was $37,9 \pm 7,3^\circ$. Mean area delivered by the retrosigmoid was $538,6 \pm 161,0 \text{ mm}^2$. Mean horizontal and vertical angles of attack produced by this corridor aiming the lateral pontine zone were $31,1 \pm 6,7^\circ$ e $49,3 \pm 9,4^\circ$, respectively. The far-lateral approach produced a mean area of exposure of $856,8 \pm 139,7 \text{ mm}^2$. Mean horizontal and vertical angles of attack offered by this avenue aiming the olivary zone were $40,8 \pm 10,2^\circ$ e $54,8 \pm 6,8^\circ$. **CONCLUSION:** The orbitozygomatic approach provides a minimum area of exposure, but a better trajectory concerning the anterior mesencephalic zone comparing to the subtemporal. The extreme lateral supracerebellar infratentorial yields better trajectory and wider angles to the lateral mesencephalic sulcus than the subtemporal. There is no significant difference regarding areas of exposure and

angles of attack to the brainstem between the retrosigmoid and retrolabyrinthine, but the latter produces a more direct trajectory.

Descriptors: brain stem; microsurgery; neuroanatomy; neuronavigation; hemangioma, cavernous; hemangioblastoma; glioma

1 INTRODUÇÃO

Há um debate histórico sobre as indicações cirúrgicas às lesões encontradas no tronco encefálico, principalmente gliomas focais, malformações cavernosas e hemangioblastomas. Em 1939, Percival Bailey¹ classificara esse tema como um capítulo pessimista da história da neurocirurgia. Três décadas após, Donald Matson² ainda afirmava que a localização daquelas lesões as tornavam inoperáveis. Atualmente, apesar da evolução das técnicas microcirúrgicas, das disseções da base do crânio, dos avanços na neuroimagem e dos procedimentos guiados por neuronavegação, seletos grupos no mundo têm acumulado significativa experiência no tratamento multiprofissional daquelas lesões.³⁻¹⁰

O tronco encefálico é uma estrutura neural de pequena área seccional, porém de alta concentração de núcleos e tratos, com chance elevada de desenvolvimento ou piora de déficits neurológicos quando manipulado (Figuras 1-3). Quando as lesões não afloram à superfície pial ou endimária, é mister o conhecimento das áreas de segurança de acesso ao tronco encefálico, descritas na literatura neurocirúrgica por meio da experiência adquirida nas principais séries cirúrgicas e também em disseções cadavéricas.¹¹⁻¹⁴ Tais zonas de segurança representam pontos de entrada e trajetos em que há esparsidade de estruturas eloquentes e ausência de artérias perfurantes, nas quais uma neurotomia possa ser realizada gerando o menor dano possível ao doente (Figuras 4 e 5).

A definição de áreas de segurança no tronco encefálico teve seu mais provável início com Baghai et al.¹⁵ em 1982 ao optar pelo acesso retrossigmoide para biópsias de tumores do tronco encefálico ao invés da craniectomia suboccipital com acesso através do assoalho do quarto ventrículo (Figura 6). A porção ventrolateral da ponte entre a emergência dos nervos cranianos trigêmeo e facial permitiu um maior aproveitamento no

resultado das biopsias comparativamente associada a mínima morbidade. Ulteriormente, Kyoshima et al.¹² descreveram duas áreas clássicas de segurança na fossa romboide onde estruturas neurais são relativamente esparsas, os triângulos suprafacial e o infrafacial (Figura 7). Finalmente, Albino Bricolo^{3, 11, 16} foi responsável pela descrição de diversas outras áreas de segurança no tronco encefálico por observação de seus resultados cirúrgicos em uma grande série. Progressivamente, outros autores reportaram mais áreas de segurança no tronco encefálico ampliando as possibilidades de acesso menos mórbidos em diferentes pontos do tronco encefálico.^{14, 17, 18}

FIGURA 1: Primeiras ilustrações de qualidade do tronco encefálico humano. A. *Humani Corpus Fabrica*, Livro VII, Lâmina 24, Pádua, 1534. Andreas Vesalius ilustra a base do cérebro após remoção deste do crânio, sem fixação. O tronco encefálico, portanto, se encontra algo distorcido. B. *Cerebri Anatome*, Página 25 (2ª edição, Oxford, 1664). Quase cem anos depois, Thomas Willis e Christopher Wren detalham com beleza a anatomia ventral do tronco encefálico, emergência dos nervos cranianos e o famoso polígono arterial.

A extensão da lesão na ressonância magnética bem como sua proximidade à superfície ou uma zona de segurança ditarão a adequada seleção de um acesso cirúrgico

em relação a outros.⁴ A integralidade na compreensão da anatomia de superfície e seccional do tronco encefálico, e principalmente da realização dos principais acessos cirúrgicos que oferecem acesso às faces ventral, dorsal e lateral do mesencéfalo, ponte e bulbo e suas respectivas áreas de segurança proporcionam a correta escolha do melhor acesso a uma lesão naquela região com maior margem de ressecção.^{19, 20} No caso de uma malformação cavernosa isso significa redução nas taxas de ressangramento,²¹ já no caso de um glioma focal aquilo se traduz em um melhor prognóstico a longo prazo.²²

FIGURA 2: A. Corte axial de imagem de ressonância magnética de encéfalo revelando um glioma pontomesencefálico. B e C. Cavernoma pontino lateral direito e cavernoma pontino posterior no assoalho do quarto ventrículo, respectivamente. Apesar de próximas em localidade, as três lesões demandam acessos cirúrgicos completamente diferentes.

FIGURA 3: Secções axiais do tronco encefálico em 3 diferentes níveis demonstrando parte de sua complexa anatomia. A neurotomia e dissecação intrínseca têm que considerar a topografia dos inúmeros tratos e núcleos. Em vermelho o trato corticoespinal, em azul o espinotalâmico e em violeta o lemnisco medial.

A escolha da correta técnica cirúrgica para cada topografia intracraniana a ser acessada torna-se melhor fundamentada cientificamente, ainda que na era atual de cirurgia guiada por imagem, no momento em que a área produzida no campo cirúrgico possa ser quantificada.^{23, 24} Tradicionalmente, o neurocirurgião em formação aprende a região exposta por cada acesso cirúrgico qualitativamente por meio da leitura de capítulos e artigos clássicos sobre cada acesso, e finalmente pela experiência diária de auxílio a seus mentores realizando o procedimento, ou ao fazê-los pessoalmente.

FIGURA 4: Secção da ponte ao nível do colículo facial, uma das melhores referências anatômicas no assoalho do quarto ventrículo. O mesmo representa um abaulamento comportando o núcleo do nervo abducente com a trajetória do facial ao redor.

FIGURA 5: Visão posterior da complexa anatomia de superfície do tronco encefálico humano, revelando algumas áreas de entrada de segurança. Em violeta a zona intercolicular, o sulco mediano do 4º ventrículo e o sulco posteromediano bulbar. Em verde o sulco mesencefálico lateral e os trígono faciais (atualmente zonas pericoliculares, em marrom).

FIGURA 6: Primeira descrição de uma área de entrada de segurança ao tronco, por Parviz Baghai e col. em 1982. Utilizando o acesso retrossigmoide, e dissecação da cisterna do ângulo pontocerebelar, esse grupo descreveu uma das zonas mais usadas atualmente, na face lateral da ponte, entre a emergência do trigêmeo e do complexo VII-VIII.
 FONTE: Adaptado de Baghai e col.¹⁵

FIGURA 7: Figura clássica do texto de Kyoshima e col. de 1993 revelando áreas de segurança de acesso ao tronco através da fossa romboide. Há o triângulo suprafacial e o infrafacial, separados pelo abaulamento do colículo facial.
 FONTE: Adaptado de Kyoshima e col.¹²

A quantificação de determinadas variáveis estudadas em laboratório para cada acesso cirúrgico pode auxiliar na escolha de determinado corredor cirúrgico em relação a outros. A dissecação de cadáveres preparados em laboratório simulando o ambiente cirúrgico permite a aquisição de áreas de exposição, cones de acesso, exposições angulares e grau de liberdade cirúrgica. Emery e col.²⁵ introduziram o conceito de “cone de acesso”, enquanto Honeybul e col.²³ sugeriram a expressão “janela de acesso”. Schwartz e col.²⁴, de modo a entender e demonstrar com acurácia o benefício produzido pela adição da osteotomia orbitária ou orbitozigomática ao acesso frontotemporal, introduziram o uso da neuronavegação como instrumento de medição da exposição cirúrgica no cérebro e base do crânio de cadáveres gerado por cada passo cirúrgico (Figura 8).

FIGURA 8: Em 1999, Schwartz e col. desenvolveram novo método científico de aplicação do neuronavegador para coleta de pontos cartesianos predeterminados na superfície da exposição ou na profundidade do campo operatório. Um software especial calcula os valores para cada grupo de pontos. Este estudo comprovou quantitativamente o significativo aumento de exposição cirúrgica ao se adicionar uma osteotomia orbitária a um acesso frontotemporal.

FONTE: Schwartz e col.²⁴

Tais estudos foram popularizados mais tarde no Laboratório de Cirurgia de Base de Crânio do Barrow Neurological Institute, onde medidas como área de trabalho ou área de exposição, ângulo de trabalho ou exposição angular, e liberdade cirúrgica foram mensurados criticamente em diversos acessos cirúrgicos, fundamentando quantitativamente os ganhos de cada acesso para áreas específicas assim como benefícios de um acesso em relação a outro.²⁶⁻³¹ (Figura 9)

FIGURA 9: O laboratório de base de crânio do Barrow Neurological Institute (Phoenix, AZ, EUA) é um grande difusor de estudos quantitativos envolvendo comparação entre técnicas, visando contribuir na tomada de decisão cirúrgica melhor baseada em evidências quando mais de um acesso é possível. Figueiredo e col.²⁸ compararam três acessos cirúrgicos (pterional, orbitopterional e orbitozygomático) para manejo de lesões no complexo da artéria comunicante anterior (ACoA). Quatro cadáveres foram dissecados com a cabeça fixada em suporte Mayfield. Quatro pontos foram definidos no campo microcirúrgico: 1) junção ipsilateral do segmento A1 e ACoA, 2) ponto superior extremo visto na A2 ipsilateral, 3) ponto superior extremo visto na A2 contralateral, e 4) junção contralateral do segmento A1 e ACoA. Um sistema de captura digital de pontos cartesianos no espaço foi utilizado para coleta desses 4 pontos com os 3 acessos, produzindo áreas de exposição. Um microscópio robótico foi utilizado para definir ângulos de acesso (exposições angulares).

Com o conhecimento analítico da região do tronco encefálico que cada acesso cirúrgico fornece, seria da mesma maneira possível definir as melhores abordagens para

determinada área de segurança no tronco encefálico. O conhecimento visual e quantitativo da anatomia microcirúrgica dos acessos e áreas de segurança ao tronco ofereceriam ao neurocirurgião dados significativos em conjunto com a análise crítica da ressonância magnética para selecionar o melhor corredor para cada lesão, evitando disseções fúteis de estruturas neurovasculares críticas e ampliando a possibilidade de ressecção total. Mais pacientes e lesões poderiam ser abordados nessa remota e complexa área, além de permitir redução progressiva da morbidade operatória.

2 OBJETIVOS

Objetivos

Quantificar a área de trabalho e exposição linear de alvos anatômicos fornecidas pelos acessos cirúrgicos mais comumente utilizados ao tronco encefálico (orbitozigomático, subtemporal, subtemporal transtentorial, subtemporal transtentorial com petrosectomia anterior, suboccipital telovelar, supracerebelar infratentorial mediano, paramediano e lateral, retrossigmoideo, extremo lateral, petrosectomia anterior, retrolabiríntico, e combinado) por meio de dissecções cadavéricas com técnica microcirúrgica, e delimitar as exposições angulares geradas por esses acessos às áreas de segurança no tronco encefálico.

3 MÉTODOS

3.1 BUSCA BIBLIOGRÁFICA

Foram realizadas buscas no *Medline* e *Google Scholar* sobre artigos científicos abordando os temas em inglês de “acessos cirúrgicos”, “cirurgia do tronco encefálico”, “malformações cavernosas”, “tronco encefálico” e “zonas de entrada de segurança”, para revisão das diversas áreas de segurança no tronco descritas por diferentes autores. Dessa forma, chegou-se aos principais acessos cirúrgicos ao tronco bem como as principais áreas de entrada de segurança descritas na literatura.^{9-15, 17, 18, 21, 32-37}

Os principais acessos cirúrgicos utilizados nas maiores séries da literatura foram:

- Orbitozigomático;^{21, 36}
- Subtemporal;³⁸
- Subtemporal transtentorial;³⁸
- Subtemporal transtentorial com petrosectomia anterior;³⁷
- Suboccipital telovelar;^{35, 39}
- Supracerebelar infratentorial mediano;^{10, 21, 33}
- Supracerebelar infratentorial paramediano;^{21, 33}
- Supracerebelar infratentorial lateral;³³
- Retrossigmoide;^{15, 40, 41}
- Extremo lateral;³⁴
- Petrosectomia anterior;^{37, 42}
- Retrolabiríntico;³⁷
- Combinado (subtemporal e retrolabiríntico)^{43, 44}

As principais áreas de segurança relatadas foram:

- Zona mesencefálica anterior¹¹
- Sulco mesencefálico lateral;¹³
- Zona intercolicular;³
- Zona pré-trigeminal;¹³
- Zona supra-trigeminal;¹⁹
- Zona pontina lateral;¹⁵
- Zona supra-colicular;¹⁴
- Zona infra-colicular;¹⁴
- Sulco mediano do quarto ventrículo;¹¹
- Sulco posteromediano;^{11,19,20}
- Zona olivar;¹³

Tabela 1. Zonas de entrada de segurança mesencefálicas e respectivos acessos cirúrgicos

Acesso	Zonas de Entrada
Orbitozigomático/Pterional/Minisupraorbital/ Transciliar	ZMA
Subtemporal	ZMA, SML
Subtemporal transtentorial	ZMA, SML
Supracerebelar Infratentorial Mediano	SML, IC
Supracerebelar Infratentorial Extremo lateral	SML, IC
ZMA, zona mesencefálica anterior; IC, intercolicular; SML, sulco mesencefálico lateral; ZST, zona supratrigeminal	

Tabela 2. Zonas de entrada de segurança pontinas e respectivos acessos cirúrgicos

Acesso	Zonas de Entrada
Subtemporal transtentorial	ZST
Petrosectomia anterior	ZST, ZPT
Suboccipital Mediano telovelar	SM, ZIC, ZSC
Retrossigmoide	ZST, ZPT, ZPL
Retrolabiríntico	ZST, ZPT, ZPL
ZPL, zona pontina lateral; SM, sulco mediano do quarto ventrículo; ZIC, zona infracolicular paramediana; ZSC, zona supracolicular paramediana; ZPT, zona peritrigeminal; ZST, zona supra-trigeminal	

Tabela 3. Zonas de entrada de segurança bulbar e respectivos acessos cirúrgicos

Acesso	Zonas de Entrada
Suboccipital Mediano/Telovelar	MP, ZSC, ZIC
Extremo lateral	ZO
MP, sulco mediano posterior do bulbo; ZIC, zona infracolicular; ZO, zona olivar; ZSC, zona supracolicular	

3.2 PREPARO DOS ESPÉCIMES E DISSECÇÕES MICROCIRÚRGICAS

Ao mesmo tempo foi realizada dissecação anatômica de 10 cadáveres humanos para demonstração detalhada da técnica microcirúrgica de 13 dos principais acessos (orbitozigomático, subtemporal, subtemporal transtentorial, subtemporal transtentorial com petrosectomia anterior, suboccipital telovelar, supracerebelar infratentorial mediano, paramediano e lateral, retrossigmoideo, extremo lateral, petrosectomia anterior, retrolabiríntico, e combinado) cirúrgicos ao tronco encefálico e da anatomia das áreas de segurança acima relacionadas. As disseções foram realizadas entre Janeiro e Julho de 2010, no Laboratório de Base de Crânio do *Barrow Neurological Institute, Saint Joseph's*

Hospital and Medical Center, localizado em *Phoenix, Arizona, EUA* (Figura 10). As peças anatômicas eram adquiridas da Fundação *LifeLegacy (Tucson, AZ, EUA)*, que as processou em um intervalo de até 8 horas pós-morte e congeladas em nitrogênio líquido (-80°C). Nenhum doador tinha doença intracraniana diagnosticada.

Ao chegar ao laboratório, as cabeças foram descongeladas e as artérias carótidas e vertebrais além das jugulares internas foram localizadas na superfície seccionada do pescoço, e canuladas com tubos de silicone de diferentes diâmetros, sendo fixos com fios de algodão 1 (*Ethicon Inc, Sommerville, NJ, EUA*). Finalmente, os vasos foram irrigados com solução removedora de coágulos sob pressão. Os vasos arteriais citados foram preenchidos com silicone (*Dow Corning Corporation, MI, EUA*) com corante vermelho em pó (*Crayola, Easton, PA, EUA*) sob pressão, com uso de catalisador (*Catalyst 1, Dow Corning Corporation, MI, EUA*). As jugulares internas foram preenchidas com silicone azul também sob pressão.

As cabeças foram mantidas em baldes com tampas impermeáveis, em solução mista customizada de formalina 7.5%, metanol e glicerol 80% (*Sigma-Aldrich, MO, EUA*) e à temperatura ambiente. Dessa forma, a consistência tecidual cutânea, muscular, meníngea e encefálica era o mais próximo do real.

3.3 ACESSOS CIRÚRGICOS

Os acessos a seguir foram realizados nesta ordem, conforme descrições clássicas ou modificações pertinentes encontradas na literatura neurocirúrgica: orbitozigomático, subtemporal, subtemporal transtentorial, subtemporal transtentorial com petrosectomia anterior, suboccipital telovelar, supracerebelar infratentorial mediano, paramediano e

extremo lateral, retrossigmoide, extremo lateral, petrosectomia anterior, retrolabiríntico e combinado (subtemporal e retrolabiríntico).

As cabeças foram fixadas ao suporte Mayfield em mesa cirúrgica, em posição cirúrgica conforme o acesso planejado e mantidas intactas (Figuras 10 e 11). Cada estação do laboratório contava com todo instrumental cirúrgico simulando um ambiente operatório padrão (Figura 11). As craniotomias e osteotomias foram realizadas com motor *Anspach XMax*, brocas e fresas (*DePuy Synthes, Palm Beach Gardens, FL, EUA*). As dissecções microscópicas eram realizadas sob microscopia cirúrgica, com material cirúrgico dedicado (*Jarrit/Integra, Plainsboro, NJ, EUA*), inicialmente em um *Zeiss Contraves*, com magnificação de 6X a 8X e posteriormente com um *Zeiss OPMI Pentero*, proporcionando magnificação de até 40X (*Carl Zeiss Meditec, Heidenheim, Alemanha*).

Após cada aferição com neuronavegador, o retalho ósseo era recolocado e fixado com 4 miniplacas e 8 miniparafusos de titânio, e a musculatura e pele fechados com suturas de algodão agulhado 3-0 (*Ethicon Inc, Sommerville, NJ, EUA*) para permitir os acessos subsequentes. Todos acessos foram realizados bilateralmente em 5 cabeças, exceto o supracerebelar infratentorial mediano e o suboccipital mediano que foram realizados em todos os 10 espécimes. Todos passos da dissecção foram fotografados (câmera *Canon Rebel XS 10.1MP Digital SLR, Canon, Japão*), sendo as imagens mais representativas selecionadas para demonstração nesta tese.

FIGURA 10: Estação de dissecação de espécimes humanos no Laboratório de Cirurgia de Base de Crânio do Barrow Neurological Institute (Phoenix, AZ, EUA). Diversos equipamentos substituídos no centro cirúrgico compõe o laboratório para treinamento e pesquisa. Uma mesa de cirurgia ao centro, cercada do microscópio Zeiss Contraves, o neuronavegador Medtronic StealthStation Treon Plus, um endoscópio Storz, uma mesa completa de instrumentos de dissecação e microcirurgia, um motor cirúrgico e o fixador de crânio.

FIGURA 11: À esquerda, espécime humano fixo ao suporte de crânio de Mayfield, com o quadro de referência do navegador fixo e o *probe* sobre a mesa. Ao centro, mesa de instrumentos de dissecação e microcirurgia. À direita, motor Anspach XMax com encaixes, broca esférica e fresas para confecção de craniotomias e osteotomias.

3.4 VARIÁVEIS ESTUDADAS

- a) Área de trabalho fornecida pelos acessos cirúrgicos acima citados ao tronco encefálico;
- b) Exposições angulares vertical e horizontal ao centro da área exposta no tronco encefálico por cada acesso cirúrgico acima citado;
- c) Exposições angulares às áreas de segurança expostas em cada um dos acessos cirúrgicos acima citados;
- d) Exposição linear de alvos anatômicos selecionados.

3.5 QUANTIFICAÇÃO

Pontos predefinidos no tronco encefálico foram utilizados para coleta de coordenadas tridimensionais com auxílio de um aparelho de neuronavegação (*StealthStation Treon Plus*; Medtronic Navigation, Louisville, CO). Para cada acesso havia um conjunto diferente de pontos padronizados para definir a área de exposição e extensão linear de exposição (Apêndice). Adicionalmente, pontos nas craniotomias também foram predefinidos para cálculo das exposições angulares e melhores trajetórias ao centro das áreas geradas e às áreas de segurança estudadas. Tais pontos também tiveram suas coordenadas registradas pelo aparelho de neuronavegação.

Uma fórmula em uma planilha de *Excel* (*Microsoft Excel 2003*; *Microsoft Corp.*, *Redmond, WA, EUA*) foi desenvolvida para cada acesso cirúrgico, a qual permitia a quantificação da área cirúrgica por meio de polígonos tridimensionais criados na superfície do tronco encefálico (Figura 12). Cada ponto destes polígonos consistia de

coordenadas nos três planos, que eram traduzidas nessa planilha para duas dimensões de modo a permitir cálculo de área.

O software *Spherical Area* (*BitWise Ideas Inc; Fredericton, Canadá*) foi utilizado para quantificar os ângulos, melhores trajetórias e extensões lineares a partir das coordenadas coletadas nos três planos (Figura 13). As médias e desvios-padrão para cada área, ângulos e extensões lineares de todos acessos cirúrgicos foram armazenados em uma tabela de *Excel*, permitindo as análises quantitativa e comparativa.

3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O software *SigmaStat 3.5* (*Systat Software Inc, Port Richmond, CA, EUA*) foi utilizado para tratamento estatístico. Para comparação de 2 medidas diretamente utilizamos o teste-t pareado. Para comparação de 3 medidas, utilizamos a análise de variância (ANOVA). Em todas as comparações, um p valor menor que 0.05 foi considerado significativo.

FIGURA 12: Tela de planilha de *Microsoft Excel* usada no cálculo da área fornecida pelo acesso subtemporal transtentorial no espécime 2, lado esquerdo. A área de exposição foi obtida projetando-se o polígono da superfície do tronco estudado em duas dimensões.

FIGURA 13: Reprodução da tela do *software Spherical Area* para cálculo preciso das exposições angulares e extensão linear de exposição.

4 RESULTADOS

4.1 ZONAS DE ENTRADA DE SEGURANÇA NO TRONCO

As figuras 14 a 16 revelam as zonas de entrada ao tronco encefálico detalhadamente, de acordo com as 3 divisões do tronco.

FIGURA 14: Áreas de segurança no mesencéfalo em três perspectivas: axial, frontal e oblíqua.

FIGURA 15: Áreas de segurança na ponte em três perspectivas: axial, dorsal e oblíqua.

FIGURA 16: Áreas de segurança no bulbo em três perspectivas: axial, oblíqua e dorsal.

4.2 ACESSOS CIRÚRGICOS AO MESENCÉFALO

4.2.1 ACESSO ORBITOZIGOMÁTICO

A área de exposição média no tronco encefálico foi de $164,7 \pm 43,6 \text{ mm}^2$ (Figuras 17 e 18). As exposições angulares horizontal e vertical em relação à zona mesencefálica anterior foram $37,9 \pm 7,3^\circ$ e $37,7 \pm 9,9^\circ$ respectivamente (Tabela 4). A extensão de exposição em relação ao centro da zona mesencefálica anterior foi $8,2 \pm 2,9 \text{ mm}$ caudalmente, $8,9 \pm 2,3 \text{ mm}$ cranialmente, $10,4 \pm 2,2 \text{ mm}$ anteromedialmente e $7,4 \pm 3,3 \text{ mm}$ posterolateralmente.

FIGURA 17: Dissecção orbitozigomática para acessar a face anterior do mesencéfalo. A. Posição cirúrgica, com cabeça rodada contralateralmente, estendida, incisão hemicoronal direita. B. Rebatimento do flap cutâneo, início da dissecção interfascial, exposição da sutura frontozigomática. C. Rebatimento anteroinferior do músculotemporal, craniotomia pterional. D. Elevação da tábua óssea, drilagem exhaustiva da asa do esfenóide, elevação da osteotomia frontozigomática, observando a periórbita. E. Flap ósseo em 2 peças. F. Visão microcirúrgica, com cisternas carotídea, crural, interpeduncular e quiasmática expostas. O nervo oculomotor guia o neurocirurgião ao mesencéfalo, saindo entre o segmento P1 da artéria cerebral posterior e a artéria cerebelosa superior.

FIGURA 18: Dissecção de peça anatômica ilustrando a área de exposição estimada anteriormente no tronco encefálico após confecção do acesso frontoorbitozigomático.

4.2.2 ACESSO SUBTEMPORAL

A área de exposição média no tronco encefálico foi de $369,8 \pm 70,1 \text{ mm}^2$. As exposições angulares horizontal e vertical em relação à zona mesencefálica anterior foram $47,0 \pm 3,2^\circ$ e $18,4 \pm 2,8^\circ$, respectivamente (Tabela 4). A extensão de exposição em relação ao centro da zona mesencefálica anterior foi $8,7 \pm 1,8 \text{ mm}$ caudalmente, $7,4 \pm 1,4 \text{ mm}$ cranialmente, $10,6 \pm 5,4 \text{ mm}$ anteromedialmente e $23,4 \pm 5,5 \text{ mm}$ posterolateralmente.

O acesso subtemporal também proporciona visão ao sulco mesencefálico lateral, cujas exposições angulares horizontal e vertical foram $45,2 \pm 6,4^\circ$ e $16,3 \pm 15,5^\circ$ (Figura 19A-E). A extensão de exposição em relação ao centro desta área de segurança foi $7,2 \pm 1,7 \text{ mm}$ caudalmente, $5,4 \pm 1,9 \text{ mm}$ cranialmente, $24,1 \pm 2,8 \text{ mm}$ anteromedialmente e $9,3 \pm 7,4 \text{ mm}$ posterolateralmente. Linearmente, o acesso subtemporal permite uma visualização caudal média de $2,1 \text{ mm}$ além da junção pontomesencefálica.

FIGURA 19: Acesso subtemporal passo a passo. A. O paciente é colocado em decúbito lateral e a sutura sagital é mantida paralela ao piso, com flexão lateral da cabeça contralateralmente. Uma incisão vertical reta é realizada em frente ao tragus. B. A fáscia e o músculo temporal são abertos da mesma forma. A trepanação é realizada justamente acima da raiz do arco zigomático; a largura da craniotomia é definida de acordo com o planejamento pré-operatório, definindo o melhor ângulo de trabalho à lesão. C. A dura é aberta em “U” e rebatida caudalmente. D revela a visão lateral do hiato tentorial anterior, o hiato tentorial lateral com a visão oblíqua da zona mesencefálica lateral. É possível ver no campo à direita a artéria carótida interna e a comunicante posterior; mais ao centro a relação do segmento P1 da cerebral posterior com o nervo oculomotor, sua continuação em P2A e mais caudalmente a artéria coroídea medioposterior. E. O acesso subtemporal fornece visão direta da face lateral do mesencéfalo e visões oblíquas da zona mesencefálica lateral e sulco mesencefálico lateral. F. Corte tentorial revelando a junção pontomesencefálica, o quarto nervo e a artéria cerebelosa superior. A área de exposição fica significativamente maior.

Tabela 4. Comparação de exposições angulares e trajetória entre os acessos orbitozigomático e subtemporal em relação à zona mesencefálica anterior.

	Orbitozigomático	Subtemporal	p valor
Exposição angular vertical	$37,7 \pm 9,92^\circ$	$18,4 \pm 2,8^\circ$	$< 0,001$
Exposição angular horizontal	$37,9 \pm 7,3^\circ$	$47,0 \pm 3,2^\circ$	0,002
Trajetória	90°	$25,9^\circ$	-

4.2.3 ACESSO SUPRACEREBELAR INFRATENTORIAL MEDIANO

Este acesso cirúrgico forneceu área total média de $282,9 \pm 72,4 \text{ mm}^2$ (Figuras 20 e 21). Os ângulos horizontal e vertical gerados para o centro da lâmina quadrigêmina foram $48,5 \pm 8,3^\circ$ e $24,5 \pm 6,1^\circ$ (Tabela 5), enquanto a extensão de exposição em relação ao centro do campo foi $6,9 \pm 0,9 \text{ mm}$ caudalmente, $8,5 \pm 2,6 \text{ mm}$ cranialmente, $15,2 \pm 2,5 \text{ mm}$ para direita e $14,8 \pm 2,9 \text{ mm}$ para esquerda. Este acesso proporciona uma dissecação ortogonal, direta ao centro da lâmina terminalis (zona intercolicular).

FIGURA 20: Dissecção detalhada do acesso supracerebelar infratentorial mediano. A. Posicionamento cirúrgico, em posição ventral em concorde. Esse acesso pode ser realizado em decúbito lateral e posição semi-sentada. B. Divulsão das camadas musculares. C. Craniotomia suboccipital com 2 trepanações laterais, cuja drilagem superior precisa expor seios transversos e tórula. D. Exposição da face suboccipital do cerebelo e a dissecação microcirúrgica se seguirá pela face tentorial do mesmo, coagulando veias-ponte quando necessário. E. Dissecção se continua pelo vermis anterior e superfície inferior do tentório, chegando ao espaço incisural posterior. A aracnoide ao redor da lâmina quadrigêmina é aberta cuidadosamente, expondo o complexo venoso da veia de galeno e pineal. F. Os colículos superiores e inferiores são vistos, com a região intercolicular no centro.

FIGURA 21: Dissecção de peça anatômica ilustrando a área de exposição cirúrgica estimada pelo acesso supracerebelar infratentorial mediano, com foco principal sobre a lâmina quadrigêmina.

4.2.4 ACESSO SUPRACEREBELAR INFRATENTORIAL PARAMEDIANO

A variante paramediana daquele acesso forneceu uma área média de $341,2 \pm 71,2$ mm² (Figura 22). A exposição horizontal angular ao centro da lâmina quadrigêmina foi de $35,2 \pm 2,3^\circ$ (Tabela 5). A extensão de exposição em relação também ao centro da lâmina quadrigêmina foi de $9,3 \pm 2,5$ mm contralateralmente e de $25,2 \pm 2,7$ mm ipsilateralmente. A melhor trajetória angular ao centro da lâmina quadrigêmina foi de $56,6^\circ$.

Esta janela cirúrgica também proporciona visão ao sulco mesencefálico lateral, cujas exposições angulares horizontal e vertical foram $35,5 \pm 2,8^\circ$ e $18,7 \pm 2,8^\circ$, respectivamente (Tabela 6).

FIGURA 22: Acesso supracerebelar infratentorial paramediano. A. Posição semi-sentada, com incisão linear reta vertical centrada entre uma incisão retromastoidea e uma mediana. B. Exposição da camada miofascial com artéria occipital. C. Trepanação única mais alta geralmente para expor seio transversal integralmente e elevar dura-mater, de modo a ampliar campo de visão na cisterna supracerebelar. D. Craniotomia retangular. E. Elevação da tábua óssea. F. Exposição do campo microcirúrgico, com visão oblíqua da fissura cerebelomesencefálica, com a cisterna ambiens e quadrigêmina.

Tabela 5. Comparação de exposições angulares e trajetórias entre dois acessos supracerebelares infratentoriais em relação ao centro da zona de segurança intercolicular.

	Supracerebelar Infratentorial Mediano	Supracerebelar Infratentorial Paramediano	p valor
Exposição angular vertical	24,5 ± 6,1°	22,5 ± 4,5°	< 0,001
Exposição angular horizontal	48,5 ± 8,3°	36,8 ± 2,4°	0,92
Trajetória	90°	56,6°	-

4.2.5 ACESSO SUPRACEREBELAR INFRATENTORIAL EXTREMOLATERAL

Finalmente, a variante extrema lateral da abordagem supracerebelar infratentorial forneceu uma área média de $312,0 \pm 79,3 \text{ mm}^2$ (Figuras 23 e 24). As exposições angulares horizontal e vertical médias encontradas para o sulco mesencefálico lateral como alvo foram $45,5 \pm 6,6^\circ$ e $25,1 \pm 3,3^\circ$ (Tabela 6). A extensão de exposição posterior ao sulco mesencefálico lateral foi de $14,9 \pm 3,7 \text{ mm}$ e a anterior foi de $14,3 \pm 2,7 \text{ mm}$. A melhor trajetória angular ao centro da lâmina quadrigêmina foi de $44,6^\circ$.

FIGURA 23: Acesso supracerebelar infratentorial extremo lateral passo a passo. A. Posição semi-sentada com incisão retroauricular linear vertical passando do pavilhão auditivo. B. A trepanação é colocada justamente acima do astério na sutura parietomastoide, e uma craniotomia retrossigmoide modificada é realizada estendendo-se ligeiramente acima do seio transversos para ser tracionado vertical e intermitentemente. C. Dissecção supracerebelar. D. Coagulação de algumas veias-ponte proximamente à córtex. E. Após abertura da aracnoide, chega-se à fissura cerebelomesencefálica, oferecendo visão oblíqua à lâmina quadrigêmina e ortogonal ao sulco mesencefálico lateral.

FIGURA 24: A área de exposição gerada pelo acesso supracerebelar infratentorial extremo lateral fornece uma visão oblíqua dos colículos, direta aos braços dos colículos e um acesso ortogonal ao sulco mesencefálico lateral.

Tabela 6. Comparação de exposições angulares e trajetórias entre os acessos subtemporal e supracerebelar infratentorial extremo lateral em relação ao sulco mesencefálico lateral.

	Subtemporal	Supracerebelar Infratentorial Extremo Lateral	Supracerebelar Infratentorial Paramediano
Ângulos Verticais	$16,3 \pm 3,6^\circ$	$25,1 \pm 3,3^\circ$	$19,4 \pm 3,4^\circ$
		<0,001	0,001
Ângulos Horizontais	$45,2 \pm 6,35^\circ$	$45,5 \pm 6,6^\circ$	$35,6 \pm 2,9^\circ$
		0,92	<0,001
Trajetória	$38,2^\circ$	90°	$51,8^\circ$

4.3 ACESSOS CIRÚRGICOS À PONTE

4.3.1 ACESSO RETROSSIGMOIDE

A área média produzida por este acesso foi de $538,6 \pm 161,0 \text{ mm}^2$ (Figuras 25 e 26, Tabela 7). As exposições angulares horizontal e vertical médias geradas por esse corredor cirúrgico com orientação para a zona pontina lateral foram $31,1 \pm 6,7^\circ$ e $49,3 \pm 9,4^\circ$, respectivamente (Tabela 8). Já a extensão média da exposição lateral na ponte entre a zona de saída dos nervos trigêmeo e facial (zona pontina lateral) foi de $7,1 \pm 2,2 \text{ mm}$. A extensão de exposição vertical total neste ponto proporcionada por este acesso somou em média $46,1 \pm 8,3 \text{ mm}$. As exposições angulares horizontal e vertical médias geradas agora com orientação para a zona supra-trigeminal foram $28,2 \pm 5,9^\circ$ e $45,0 \pm 7,9^\circ$, respectivamente (Tabela 8).

Em relação à zona olivar, a exposição angular horizontal média foi $28,6 \pm 8,8^\circ$ e a vertical, $39,0 \pm 9,7^\circ$; a extensão de exposição vertical média neste ponto foi $45,2 \pm 5,8 \text{ mm}$.

Tabela 7. Comparação entre áreas de exposição do retrossigmoide e retrolabiríntico

	Retrossigmoide	Retrolabiríntico	p valor
Área de Exposição	$538,6 \pm 161,0 \text{ mm}^2$	$475,0 \pm 173,4 \text{ mm}^2$	0,41

FIGURA 25: Acesso retrossigmoide, a força-motriz do manejo das lesões de tronco pontinas. A. Decúbito lateral esquerdo. B. Trepanação justamente acima do astério na sutura parietomastoide, C. Craniotomia em “C”, com sua porção mais anterior drillada sobre margem posterior do seio sigmoide. Elevação do flap ósseo, com exposição da porção posterior do seio sigmoide. D. durotomia. E. Cisterna pontocerebelar, com áreas de segurança ao redor do nervo trigêmeo.

FIGURA 26: Dissecção de peça anatômica ilustrando a área de exposição cirúrgica aproximada fornecida pelo acesso retrossigmoide.

4.3.2 ACESSO RETROLABIRÍNTICO

O acesso pré-sigmoide retrolabiríntico (Figura 27) proporcionou uma área média de $475,0 \pm 173,4 \text{ mm}^2$ (Tabela 7). As exposições angulares horizontal e vertical médias para zona supra-trigeminal foram $30,8 \pm 5,9^\circ$ e $41,5 \pm 6,1^\circ$, respectivamente (Tabela 8). Com a zona pontina lateral como alvo, as exposições angulares horizontal e vertical médias foram $34,7 \pm 5,2^\circ$ e $45,5 \pm 6,2^\circ$, respectivamente (Tabela 8). A extensão de exposição vertical média encontrada para estes pontos foi de $39,5 \pm 5,7 \text{ mm}$. A exposição linear horizontal média para a zona pré-trigeminal alcançou $11,1 \pm 4,2 \text{ mm}$.

A respeito da zona olivar, a exposição angular horizontal média foi $25,4 \pm 5,9^\circ$ e a vertical, $33,4 \pm 5,9^\circ$. A extensão de exposição média neste ponto foi $35,8 \pm 7,7 \text{ mm}$.

FIGURA 27: Acesso pré-sigmoide retrolabiríntico. A. Decúbito dorsal, coxim sob ombro ipsilateral, rotação intensa da cabeça contralateralmente, incisão em arco retroauricular. B. Exposição da tábua óssea, localização da espinha de Henle e crista supramastoideia. C. Chegada ao antro mastoideu e o septo de Koerner, sendo visíveis o tegmen temporal e o seio sigmoide coberto por leve lâmina óssea. D. O triângulo de Trautmann já é visível, assim como o bulbo da veia jugular, e os canais semi-circulares. E. A dura-máter foi aberta para visualização lateral da cisterna do ângulo pontocerebelar. A abertura é muito restrita. F. A dissecação microcirúrgica permite um acesso mais ortogonal à superfície lateral pontina e do pedúnculo cerebelar médio. As 3 principais áreas de segurança são identificáveis e úteis, a supratrigeminal, a peritrigeminal e a zona pontina lateral.

Tabela 8. Comparação de exposição angular e trajetória entre os acessos retrossigmoide e o retrolabiríntico em relação a 2 zonas de segurança.

Variável		Retrossigmoide	Retrolabiríntico	p valor
Zona Supra trigeminal	Exposição angular vertical	$45,0 \pm 7,9^\circ$	$41,5 \pm 6,1^\circ$	0,28
	Exposição angular horizontal	$28,1 \pm 5,9^\circ$	$30,8 \pm 5,9^\circ$	0,32
	Exposição angular vertical	$49,6 \pm 9,4^\circ$	$45,5 \pm 6,2^\circ$	0,27
	Exposição angular horizontal	$31,1 \pm 6,7^\circ$	$34,7 \pm 5,2^\circ$	0,20
Trajetória		$46,5^\circ$	$60,7^\circ$	-

4.3.3 ACESSO COMBINADO (SUBTEMPORAL E RETROLABIRÍNTICO)

O uso combinado de uma exposição subtemporal com o retrolabiríntico, com adição do corte tentorial foi responsável por expor uma área média de $609,3 \pm 130,3 \text{ mm}^2$. As exposições angulares horizontal e vertical médias para zona supra-trigeminal foram $69,3 \pm 6,8^\circ$ e $59,1 \pm 12,3^\circ$, respectivamente. Com a zona pontina lateral como alvo, as exposições angulares horizontal e vertical médias foram $64,6 \pm 13,6^\circ$ e $66,5 \pm 15,2^\circ$, respectivamente. Todos os ângulos foram significativamente maiores que na via retrolabiríntica isolada. A extensão de exposição vertical média encontrada para estes pontos foi de $45,7 \pm 4,8 \text{ mm}$.

4.3.4 ACESSO SUBTEMPORAL TRANSTENTORIAL

A adição do corte tentorial ao acesso subtemporal permite visão ampla e manipulação da superfície lateral superior da ponte. A área de exposição média obtida

com o aumento da janela subtemporal por intermédio da incisão tentorial foi $492,3 \pm 62,4$ mm², um ganho médio aproximado de 33,1% (Figura 19F). O ganho linear caudal no tronco encefálico foi de $6,9 \pm 3,7$ mm ($p < 0,001$) com esta incisão, ou 55,6% a mais ao proporcionado pelo subtemporal de maneira isolada (Tabela 9).

4.3.5 PETROSECTOMIA ANTERIOR

O acesso de Kawase proporcionou uma área média de $250,9 \pm 55,5$ mm² (Figura 28). As exposições angulares horizontal e vertical para zona pré-trigeminal foram $53,1 \pm 6,5^\circ$ e $29,2 \pm 5,5^\circ$.

4.3.6 ACESSO SUBTEMPORAL TRANSTENTORIAL COM PETROSECTOMIA ANTERIOR

Estendendo a janela subtemporal com a incisão tentorial adicionalmente a um acesso de Kawase gerou uma área total média de $743,2 \pm 101,6$ mm² (Tabela 10), aproximadamente duplicando (101%) aquela medida proporcionada pelo subtemporal isoladamente (Figura 29). A exposição angular vertical para zona pré-trigeminal foi $29,2 \pm 3,6^\circ$.

FIGURA 28: Um acesso de Kawase ou petrosectomia anterior é completada, com o gânglio de Gasser ou V3 como limite anterior, a carótida petrosa como limite lateral e o canal auditivo interno como limite posterior. A extensão linear de exposição caudal teve grande acréscimo, sendo possível visibilizar a origem do nervo trigêmeo no tronco, assim como as zonas peritrigeminal, supratrigeminal e a zona pontina lateral.

Tabela 9. Ganho em extensão linear de exposição vertical pela adição do corte tentorial e petrosectomia anterior ao acesso subtemporal.

Acesso	Extensão Linear de Exposição	p valor
Subtemporal	12,4 ± 2,2 mm	
Subtemporal Transtentorial	19,3 ± 3,9 mm	↓ < 0,001
Subtemporal Transtentorial com Kawase	31,3 ± 6,4 mm	↓ < 0,001

Tabela 10. Ganho em área de exposição pela adição do corte tentorial e petrosectomia anterior ao acesso subtemporal.

Acesso	Área de Exposição	p valor
Subtemporal	$369,8 \pm 70,1 \text{ mm}^2$	
Subtemporal Transtentorial	$492,3 \pm 62,4 \text{ mm}^2$	0,001
Subtemporal Transtentorial com Kawase	$743,2 \pm 101,6 \text{ mm}^2$	0,001

FIGURA 29: A adição do corte tentorial (STTT) e da petrosectomia anterior (AP) ao acesso subtemporal proporciona áreas de exposição progressiva e significativamente maiores.

4.3.7 ACESSO SUBOCCIPITAL TELOVELAR

A área poligonal média proporcionada por esse acesso cirúrgico foi de $380,9 \pm 87,9 \text{ mm}^2$ (Figuras 30 e 31). Os ângulos horizontal e vertical gerados para zona

suprafacial foram $39,6 \pm 6,6^\circ$ e $29,0 \pm 9,8^\circ$, respectivamente. Já os ângulos horizontal e vertical acessando a zona infrafacial foram de $45,6 \pm 9,1^\circ$ e $37,3 \pm 13,5^\circ$. Finalmente os ângulos horizontal e vertical para o sulco mediano da fossa romboide foram de $34,9 \pm 11,5^\circ$ e $19,1 \pm 10,3^\circ$.

FIGURA 30: Acesso suboccipital mediano telovelar. A. Posição cirúrgica em decúbito lateral esquerdo. O paciente pode ser posicionado de maneira semi-sentada ou prona; a incisão cutânea é mediana, linear, ligeiramente acima do íneo, até o processo espinhoso de C2. B. A área suboccipital é exposta com o arco posterior da vértebra C1. Craniotomia suboccipital com 2 trepanações laterais. C. Elevação da tábua óssea e osteotomia do arco posterior de C1. D. Abertura dural com exposição da face suboccipital do cerebelo e da transição cervicobulbar. E. Visualização do forame de Magendie, ambas artérias cerebelares posteroinferiores (PICAs) e da tela coroideia bilateralmente. F. Visualização ampla da fossa romboide e do aqueduto cerebral após dissecação da tela coroideia e véu medular inferior.

FIGURA 31: Dissecção de peça anatômica ilustrando a área de exposição cirúrgica proporcionada pelo acesso suboccipital mediano telovelar.

4.4 ACESSOS CIRÚRGICOS AO BULBO

4.4.1 ACESSO EXTREMOLATERAL (*FAR-LATERAL*)

A área média produzida por este acesso foi de $856,8 \pm 139,7 \text{ mm}^2$ (Figuras 32 e 33). As exposições angulares horizontal e vertical médias resultantes deste acesso cirúrgico para a zona olivar foram $40,8 \pm 10,2^\circ$ e $54,8 \pm 6,8^\circ$. A extensão de exposição vertical média neste ponto foi $60,0 \pm 6,6 \text{ mm}$, aproximadamente 33% maior que a apresentada pelo acesso retrossigmoide.

FIGURA 32: Acesso extremo lateral (*far-lateral*) em detalhes. A. Posicionamento cirúrgico em três-quartos pronado. Incisão pode ser em taco de hóquei ou linear retroauricular longa. B. Dissecção muscular minuciosa para chegada ao trígono muscular suboccipital, formado pelos músculos oblíquo superior, inferior e reto posterior maior da cabeça. Este trígono preserva a porção V3 da artéria vertebral. C. Artéria vertebral exposta no arco posterior de C1, sendo possível visualizar a primeira e segunda raízes cervicais. D. Craniotomia suboccipital extremo lateral realizada, expondo margem posterior do seio sigmoide. Drilagem do terço posteromedial do côndilo occipital. E. Durotomia, expondo cerebelo e nervos baixos, além da porção V4 da artéria vertebral e a PICA. F. Visibilização da fissura cerebelobulbar e emergência dos nervos baixos.

FIGURA 33: Dissecção de peça anatômica ilustrando a área de exposição cirúrgica aproximada fornecida pelo extremo lateral.

5 DISCUSSÃO

O conhecimento dos complexos acessos cirúrgicos à base do crânio oferece ao neurocirurgião visibilização de grande parte do tronco encefálico, uma região historicamente classificada como de difícil acesso e de manipulação proibitiva.^{17, 19-21, 45,}

⁴⁶ As técnicas e drogas mais atuais de neuroanestesia, a melhor tecnologia de microscopia e iluminação, o refinamento do neurointensivismo e nas imagens de ressonância magnética, a neuronavegação, a monitoração intraoperatória e o estudo anatômicos nesta região favoreceram os resultados de pacientes submetidos à ressecção de lesões naquela topografia. Áreas de segurança no tronco encefálico foram descritas por autores baseando-se em tais resultados e em estudos anatômicos.^{11-13, 15, 17, 18, 26}

No presente estudo, por meio de dissecções cadavéricas, foi possível demonstrar de maneira didática uma dissecção passo a passo, com a janela cirúrgica proporcionada por cada acesso. Quantitativamente, também foi possível obter com precisão áreas cirúrgicas de exposição, extensões lineares de exposição e exposições angulares para cada um desses acessos, permitindo a comparação entre diversas vias para auxílio na tomada de decisão acerca da ressecção de lesões eclodindo à superfície do tronco encefálico ou pelo uso das áreas de segurança (Figura 34).

Ao tratar lesões ventrais no mesencéfalo, a análise da conformação espacial da lesão na RM e qual ponto ela se superficializa, irá definir o acesso. O acesso orbitozigomático é sugerido para lesões mais ventrais, enquanto o subtemporal é preferido para lesões na face lateral do mesencéfalo. Há uma área de interseção anterolateral entre os 2 acessos, em que o maior eixo da lesão irá “sugerir” o acesso. A tabela 4 explora a comparação dos 2 acessos com a ZMA como alvo. O orbitozigomático oferece um acesso ortogonal, enquanto o subtemporal tem sua melhor trajetória direta em

25.9°. As exposições angulares verticais são significativamente maiores no orbitozigomático, se traduzindo em uma maior liberdade de ação. Porém, a área de exposição do tronco no orbitozigomático é diminuta, como podemos observar na figura 34.

Figura 34: Áreas de exposição cirúrgica em todas os acessos utilizados em mm². Em termos absolutos, o acesso extremo lateral (*far-lateral*) oferece maior exposição de tronco encefálico, enquanto o orbitozigomático oferece mínima exposição.

Lesões laterais no mesencéfalo ou junção pontomesencefálica são idealmente abordadas pelo acesso subtemporal. Este oferece ampla área de exposição às custas de grande exposição horizontal. É mister ter atenção à retração excessiva subtemporal posterior de modo a evitar lesão à veia de *Labbé*. Na tentativa de operar lesões com grande distribuição à superfície ou subpial, a modificação transtentorial oferece significativo aumento em exposição linear vertical (43.5%). Mais ainda, há um aumento significativo da área de exposição (31%). Caso haja necessidade de extensão caudal, com

maior visualização anterolateral pontina, a adição de uma petrosectomia anterior mantém significativos ganhos (Figura 29, Tabelas 9 e 10).

Quanto à visualização do tecto mesencefálico, os três acessos supracerebelares infratentoriais estudados garantem visões progressivamente mais oblíquas, da linha média para lateralidade, com o mediano tendo melhor visão da zona intercolicular e dos quatro colículos, e o extremo lateral com visão ortogonal do sulco mesencefálico lateral, e dos colículos ipsilaterais e braços dos colículos (Tabelas 5 e 6). De forma interessante, a craniotomia do acesso extremo lateral é similar à retrossigmoide, utilizada rotineiramente em adultos para schwannomas vestibulares, neuralgia do trigêmeo, meningiomas petrosos e cistos epidermóides, e a anatomia do complexo venoso de galeno não fica tanto em risco (veias cerebrais internas, veias basais e veia da fissura cerebelomesencefálica). A drenagem de líquor das cisternas cerebelopontina e ambiens aumenta expressivamente o campo operatório, apesar da trajetória ao centro da lâmina quadrigêmea ser oblíqua (45°). Já o corredor mediano lida com a elevação progressiva do vermis cerebelar além da complexa anatomia venosa bloqueando o campo final.

Quanto ao manejo das lesões laterais da ponte e àquelas centrais, em que se evita a transgressão do assoalho do quarto ventrículo, a escolha entre as vias retrossigmoide e retrolabiríntica vai ocorrer também pela distribuição da lesão na RM. Ainda assim, como citado acima, o acesso retrossigmoide constitui um dos paradigmas técnicos da neurocirurgia em conjunto com o pterional e suas variações. Essa familiaridade com este acesso, além do curto tempo de abertura e síntese suplantam a maioria das indicações do acesso pré-sigmoide. Todavia, a via retrolabiríntica oferece uma visão teoricamente mais direta de lesões localizadas na região lateral da ponte, ao passo que o retrossigmoide

oferece uma visão tangencial para algumas lesões. Ambos “vêm” as zonas pontina lateral, supra-trigeminal e peritrigeminal, esta última com grande vantagem do pré-sigmoide. Entretanto, não houve diferença significativa entre a média das áreas de exposição além das exposições angulares para as zonas de entrada mais empregadas (ZPL e ZST) para ambos acessos (Tabelas 7 e 8). Todos fatos descritos acima suportam ainda mais o uso do retrossigmoide na absoluta maioria das lesões laterais da ponte. Em consonância, Aguiar e col.⁴⁷ utilizaram o retrossigmoide em aproximadamente 85% dos cavernomas de tronco em sua série nacional. E na descrição da maior série na literatura, Abla e col.²¹ usaram o retrossigmoide em 57 pacientes e o acesso pré-sigmoide em dois casos apenas.

As lesões que superficializam ou estão próximas ao assoalho do quarto ventrículo são atualmente abordadas de forma preferencial pelo acesso suboccipital mediano telovelar ao invés de secção do vermis cerebelar. Tanriover e col.¹⁶ compararam os acessos transvermiano e telovelar em cadáveres também usando neuronavegação. O telovelar “visualiza” melhor os recessos laterais e o forame de Luschka do quarto ventrículo, enquanto o transvermiano ofereceu mínimo aumento da exposição angular vertical à metade rostral do assoalho do quarto ventrículo.³⁹ Já em 2006, Deshmukh e col.⁴⁸ quantificaram exposições angulares e áreas de exposição desses dois acessos. O telovelar teve melhores ângulos horizontal e vertical para todos os pontos estudados, exceto novamente o ângulo vertical para o aspecto rostral do assoalho. Porém, ao se retirar o arco posterior de C1, esse ângulo aumenta significativamente. O presente estudo revelou valores das variáveis semelhantes à daquele estudo do Barrow Neurological Institute. Há preferência na literatura pelas zonas pericoliculares ou triângulos supra e

infracial, uma vez que a dissecação do sulco mediano impede qualquer mínima tração lateral, pelo risco de lesão ao feixe longitudinal medial.^{12, 14}

Finalmente as lesões bulbares posteriores podem ser manejadas diretamente por um acesso suboccipital mediano simples com o arco de C1 intacto. Não foi objeto dessa pesquisa uma vez que as três zonas bulbares posteriores têm visão direta com esse acesso (sulcos posterior mediano, posterior intermédio e posterior lateral).

O acesso extremo lateral (*far-lateral*) é utilizado para manejo das demais lesões bulbares, em situação anterolateral. Este foi o acesso que apresentou a maior área de exposição na superfície do tronco, de forma absoluta. O côndilo occipital será desbastado parcialmente quanto mais ventral estiver a lesão. A principal zona estudada por esse acesso foi a olivar, uma vez que a zona do sulco anterolateral, entre a emergência do hipoglosso e das radículas da primeira raiz cervical, está muito contígua e não acrescentaria dados significativamente diferentes. Há uma tendência à redução do acesso extremo lateral, principalmente para aneurismas de PICA e lesões intrínsecas do tronco encefálico, inclusive evitando a osteotomia do arco posterior de C1 e do côndilo.³⁰ Deve-se salientar que o extremo lateral apresentou exposições angulares e extensão de exposição linear significativamente maiores que aqueles encontrados para o acesso retrossigmoide. Ele permite a ressecção de lesões anterolaterais no bulbo, quando um simples suboccipital lateral pode demandar tração ou rotação excessiva do tronco. De 207 tumores de tronco encefálico em uma população pediátrica operados por Cavalheiro e col.⁴⁹, 24.6% tinham localização bulbar; 11 desses eram ventrais, e foram todos manejados com o acesso extremo lateral. De 260 cavernomas de tronco operados pelo

grupo de Spetzler, 33 foram submetidos ao extremo lateral, em sua maioria situados ventralmente no bulbo.²¹

A maior limitação deste estudo é o uso de um modelo cadavérico, onde a resistência do tecido cerebral é diferente de um paciente real. Também não é possível medir o impacto de drenagem liquórica, edema, fluxo sanguíneo e efeito de massa local.

É importante salientar a importância de duas ferramentas praticamente indispensáveis no manejo dessas lesões na prática diária. Por vezes, as lesões do tronco encefálico podem dificultar ainda mais a escolha do ponto perfeito de neurotomia ao distorcer a anatomia de superfície. O neuronavegador facilita na escolha deste ponto e da melhor trajetória. A monitoração dos nervos cranianos e potenciais evocados somatossensitivos e motores, também auxiliam na dissecação sobre a fossa romboide, e na progressão da dissecação no interior do tronco na maioria das topografias.^{21, 46, 50}

Finalmente, os dados obtidos nesta tese permitem definir os melhores acessos cirúrgicos para determinada superfície do tronco encefálico ou área de entrada de segurança e assim embasar com mais evidências a tomada de decisão de conduta do neurocirurgião. Entretanto, nenhuma região do tronco encefálico é totalmente “segura” para uma neurotomia e dissecação. As zonas apresentadas aqui representam os corredores no interior do tronco que proporcionariam o menor impacto possível aos pacientes. Como exemplo, a maior série da literatura revela uma alta taxa de deficits temporários.²¹ Neurocirurgiões com mínima prática na fossa posterior, e especialmente no tronco, devem idealmente referenciar os pacientes a centros de alto volume cirúrgico.

A disseminação deste conhecimento em literatura portuguesa poderá auxiliar na ampliação do manejo destas lesões em centros de referência. Poderá também estimular a

publicação de resultados nacionais ratificando o emprego das zonas de segurança ou até mesmo sugerindo novas.

6 CONCLUSÃO

O acesso orbitozigomático oferece a menor área de exposição do tronco encefálico em relação aos demais acessos, mas melhor trajetória em relação à zona mesencefálica anterior que o subtemporal. O acesso supracerebelar paramediano oferece uma trajetória algo oblíqua ao centro da lâmina quadrigêmina mas sem diferença significativa em exposição angular horizontal, evitando em parte a complexa anatomia da veia de Galeno e suas tributárias. O supracerebelar infratentorial extremo lateral oferece melhor trajetória e ângulos ao sulco mesencefálico lateral que o subtemporal. Não há diferença significativa entre as áreas de exposição e exposições angulares ao tronco entre o retrossigmoide e retrolabiríntico; apesar deste último oferecer trajetória mais direta, o retrossigmoide é mais rápido, menos complexo e usado por neurocirurgiões em diversas patologias no dia a dia. A adição do corte tentorial e também a petrosectomia anterior aumentam significativamente a exposição e ângulos fornecidos pelo acesso subtemporal. O acesso extremo lateral produziu exposições lineares e ângulos significativamente maiores a zona olivar do bulbo que o retrossigmoide.

7 ANEXOS

1) Orbitozygomatic

Reg. 1

TARGET

1 Point just lateral to CN III (safe zone)

LENGTH OF EXPOSURE

2 Caudalmost point to 1 (on pons)

3 Cranialmost point to 1 (on mesencephalus)

4 Most medial

5 Most lateral point to 1

ANGLES OF ATTACK TO CN III

6 Medial limiting point

7 Lateral limiting point

8 Cranial limiting point

9 Caudal limiting point

Reg. 2

AREA OF EXPOSURE

1 Most mediocaudal point in FOV

2 Most mediocranial point in FOV

3 Most craniolateral point in FOV

4 Most caudolateral point in FOV

2) Subtemporal

Reg. 1

TARGET

1 Point just lateral to CN III (safe zone)

LENGTH OF EXPOSURE

- 2 Caudalmost point to 1 (on pons)
- 3 Cranialmost point to 1 (on mesencephalus)
- 4 Most anteromedial point to CN III on BS
- 5 Most lateral point to 1 on BS

ANGLES OF ATTACK TO CN III

- 6 Anterior limiting point
- 7 Posterior limiting point
- 8 Cranial limiting point
- 9 Caudal limiting point

Reg. 2

AREA OF EXPOSURE

- 1 Most medio/anteriorcaudal point in FOV
- 2 Most medio/anteriorcranial point in FOV
- 3 Midpoint between 2 and 4
- 4 Most craniolateral/posterior point in FOV
- 5 Most caudolateral/posterior point in FOV

6 Midpoint between 5 and 1

BEST TRAJECTORY OFFERED TO CN III SAFE-ZONE

7 Point in front of 1.1 (ant. Limit is 1.6)

BEST TRAJECTORY OFFERED TO LMS SAFE-ZONE

8 Point in front of 3.1 (post limit is 3.1)

Reg. 3

TARGET

1 Center of LMS

LENGTH OF EXPOSURE

- 2 Caudalmost point to 1
- 3 Cranialmost point to 1
- 4 Most anterior point to CN III on BS
- 5 Most posterior point to 1 on BS

ANGLES OF ATTACK TO LMS SAFE-ZONE

- 6 Anterior limiting point
- 7 Posterior limiting point
- 8 Cranial limiting point
- 9 Caudal limiting point

3) Subtemporal Transtentorial

Reg 1

AREA OF EXPOSURE

- 1 Most medio/anteriorcaudal point in FOV
- 2 Most medio/anteriorcranial point in FOV
- 3 Midpoint between 2 and 4
- 4 Most craniolateral/posterior point in FOV
- 5 Most caudolateral/posterior point in FOV
- 6 Midpoint between 5 and 1

Reg. 2

LINEAR GAIN AFTER TENTORIAL CUT

(Distance 1-2-3 minus 1-2-4)

- 1 Cranialmost point on the center of exposed lateral surface of mesencephalus
- 2 Projection of point 1 on PMJ
- 3 Caudalmost point on vertical linear projection of points 1 and 2 (usually on pons)
- 4 Caudalmost point on vertical linear projection of points 1 and 2 (usually on pons) before tentorial cut (respective to approach 2)

4) Subtemporal Transtentorial + Anterior Petrosectomy

Reg. 1

LINEAR GAIN AFTER TENTORIAL CUT

(Compare to Approaches 2 and 3)

- 1 Cranialmost point on the center of exposed lateral surface of mesencephalus
- 2 Projection of point 1 on PMJ
- 3 Caudalmost point on vertical linear projection of points 1 and 2 (on exposed pons)

AREA OF EXPOSURE

(This area corresponds to approach 5; summing this area to the one of approach 3 will provide the total area of approach 4)

- 4 Most medio/anteriorcaudal point in the extended FOV provided by AP
- 5 Most medio/anteriorcranial point in the extended FOV provided by AP
- 6 Most craniolateral/posterior point in the extended FOV provided by AP
- 7 Most caudolateral/posterior point in the extended FOV provided by AP

5) Anterior Petrosectomy

Reg. 2

ANGLES OF ATTACK TO PERITRIGEMINAL AREA SAFE-ZONE

- 1 Point just anterior to CN V origin
- 2 Caudalmost limiting point to 1
- 3 Cranialmost limiting point to 1 on STTT + AP
- 4 Cranialmost limiting point to 1 on AP
- 5 Anteriormost limiting point to 1
- 6 Posterioormost limiting point to 1

BEST TRAJECTORY OFFERED TO PERITRIGEMINAL AREA

- 7 Point in front of CN V entrance
- 8 Anteriormost point limiting view

6) Suboccipital Telovelar Approach

Reg. 1

AREA OF EXPOSURE OF FOURTH VENTRICLE

- 1 Obex
- 2 Left extreme point on the striae medularis, just entering the lateral recess
- 3 Lateralmost point on lat. recess
- 4 Superiormost point visible/aqueduct
- 5 Mirror point of 3
- 6 Mirror point of 2

Reg. 2

ANGLES OF ATTACK TO THE INFRAFACIAL TRIANGLE

- 1 Target
- 2 Point limiting on the L
- 3 Point limiting on the R
- 4 Cranialmost point limiting view
- 5 Caudalmost point limiting view

Reg. 3

ANGLES OF ATTACK TO THE SUPRAFACIAL TRIANGLE

- 1 Target
- 2 Point limiting on the L
- 3 Point limiting on the R
- 4 Cranialmost point limiting view
- 5 Caudalmost point limiting view

Reg. 4

ANGLES OF ATTACK TO THE UPPER PART OF MEDIAL SULCUS

(3mm below lower aqueduct opening)

- 1 Target
- 2 Point limiting on the L
- 3 Point limiting on the R
- 4 Cranialmost point limiting view
- 5 Caudalmost point limiting view

7) Median Supracerebellar Infratentorial Approach

Reg. 1

BIPLANAR LENGTH OF EXPOSURE

- 1 Center of the field (among 4 colliculi)
- 2 Lateralmost point to the R
- 3 Lateralmost point to the L
- 4 Caudalmost point viewed on BS
- 5 Cranialmost point viewed on BS

HORIZONTAL LENGTH OF EXPOSURE OF INFERIOR COLLICULI COMPLEX

- 6 Center point between Inferior Colliculi
- 7 Lateralmost point of them to the R
- 8 Lateralmost point of them to the L

Reg. 2

HORIZONTAL LENGTH OF EXPOSURE OF SUPERIOR COLLICULI COMPLEX

- 1 Center point between Superior Colliculi
- 2 Apicalmost point over the R Superior Colliculus
- 3 Lateralmost point of them to the R
- 4 Apicalmost point over the L Superior Colliculus
- 5 Lateralmost point of them to the L

VERTICAL LENGTH OF EXPOSURE OF RIGHT COLLICULI COMPLEX

- 6 Cranialmost point on R Superior Colliculus
- 7 Point between 6 and 8
- 8 Caudalmost point on R Inferior Colliculus

Reg. 3

VERTICAL LENGTH OF EXPOSURE OF LEFT COLLICULI COMPLEX

- 1 Cranialmost point on L Superior Colliculus
- 2 Point between 1 and 3
- 3 Caudalmost point between on L Inferior Colliculus

ANGLES OF ATTACK TO THE CENTER OF THE FIELD OR "MAIN ANGLES"

(Target is 1.1)

- 4 Point limiting on the R
- 5 Point limiting on the L
- 6 Cranialmost point limiting view
- 7 Caudalmost point limiting view

Reg. 4

ANGLES OF ATTACK TO RIGHT COLLICULI COMPLEX

- 1 Target – Between both
- 2 Point limiting on the R
- 3 Point limiting on the L
- 4 Cranialmost point limiting view
- 5 Caudalmost point limiting view

ANGLES OF ATTACK TO LEFT COLLICULI COMPLEX

- 1 Target – Between both
- 2 Point limiting on the R
- 3 Point limiting on the L
- 4 Cranialmost point limiting view
- 5 Caudalmost point limiting view

TOTAL AREA OF WORK

Counterclockwise:

2.8 - 3.3 - 1.8 - 2.5 - 3.1 - 2.6 - 2.3 - 1.7

8) Paramedian Supracerebellar Infratentorial Approach

Reg.1

AREA OF WORK

- 1 Caudalmost on the contralateral IC
- 2 Cranialmost point on the contralateral SC
- 3 Cranial- and apicalmost point on ipsilateral SC
- 4 Cranial- and lateralmost point on the BS
- 5 Caudal- and lateralmost point on the BS
- 6 Caudalmost point on the ipsilateral IC

GENERAL ANGLE OF ATTACK AND BEST TRAJECTORY AVAILABLE

(angle – 7, 9 and 10; trajectory – 7, 8 and 9)

- 7 Center of field
- 8 Point on front of 7
- 9 Medialmost limiting point on craniotomy
- 10 Lateralmost point on craniotomy

Reg. 2

LENGTH OF EXPOSURE

(inferior- and superiormost points are equal to median SCIT)

- 1 Center of collicular complex
- 2 Lateralmost point on contralateral side of BS
- 3 Apicalmost point seen between ipsilateral colliculi
- 4 Lateralmost point seen on ipsilateral side of BS

ANGLE OF ATTACK AND BEST TRAJECTORY AVAILABLE FOR IPSILATERAL COLLICULAR REGION

- 5 Point between both ipsilateral colliculi
- 6 Point in front of it
- 7 Medialmost point on craniotomy
- 8 Lateralmost point on craniotomy

Reg. 3

ANGLES OF ATTACK

- 1 Target on Infracollicular Region
- 2 Cranialmost point on craniotomy
- 3 Caudalmost point on craniotomy
- 4 Target on Supracollicular Region
- 5 Cranialmost point on craniotomy
- 6 Caudalmost point on craniotomy
- 7 Target on ipsilateral IC
- 8 Target on ipsilateral SC
- 9 Cranialmost point on craniotomy
- 10 Caudalmost point on craniotomy

Reg. 4

BEST TRAJECTORY AVAILABLE FOR LMS

- 1 Target on center of LMS
- 2 Point in front of it
- 3 Lateralmost point on craniotomy

ANGLES OF WORK

(anteriormost point limiting view – use 4.3)

- 4 Posteriormost point limiting view
- 5 Cranialmost point limiting view
- 6 Caudalmost point limiting view

LENGTH OF EXPOSURE

Anteriormost point use 2.4
Posteriormost point use 2.3 and 2.2

9) Retrosigmoid Approach

Reg.1

AREA OF WORK

- 1 Most posterior/ lateral point to CN VII or visible point on the middle cerebellar peduncle
- 2 Cranialmost and posterior point visible to motor root of CN V
- 3 Anterior- and cranialmost point to CN V
- 4 Anterior- and caudalmost visible point to 3
- 5 Caudalmost point seen on medulla

VERTICAL LENGTH OF EXPOSURE

(Compare between RS and FL)

- 6 Point just inferior to CN V
- 7 Cranialmost point to 6
- 8 Caudalmost point to 6

VERTICAL LENGTH OF EXPOSURE OF SAFE-ZONE BETWEEN CN V AND CN VII

(Use distance from 1.6 to 1.9)

- 9 Point just superior to CN VII

Reg. 2

ANGLE OF ATTACK TO CN V/ TRANSPEDUNCULAR APPROACH AND SAFE-ZONE

BETWEEN CN V AND CN VII

- 1 Target – Point cranial to CN V
- 2 Target - Point between CN V and CN VII
- 3 Cranialmost point limiting view
- 4 Caudalmost point limiting view
- 5 Anteriormost limiting point

- 6 Posteriormost limiting point

BEST TRAJECTORY OFFERED TO CN V/ TRANSPEDUNCULAR

(Use 2.5 to complete this measurement)

- 7 Point in front of 1 laterally

BEST TRAJECTORY OFFERED TO SAFE- ZONE

BETWEEN CN V AND CN VII

(Use 2.5 to complete this measurement)

- 8 Point in front of 2 laterally

Reg. 3

ANGLE OF WORK TO A SAFE-ZONE ON OLIVE (MEDULLA)

- 1 Marked point
- 2 Cranialmost point limiting view
- 3 Caudalmost point limiting view
- 4 Anteriormost limiting point
- 5 Posteriormost limiting point

VERTICAL LENGTH

- 6 Point 3.1 vertically projected on PMJ
- 7 Caudalmost point on this line

BEST TRAJECTORY OFFERED TO OLIVE BY THE RS

(Using 3.4 gives the best trajectory; using 3.4 and

3.5 gives the range of this trajectory angle)

- 8 Point in front of 1

10) Extremelateral Supracerebellar Infratentorial Approach

Reg.1

AREA OF WORK

- 1 Cranialmost point to ipsilateral SC
- 2 Caudalmost point to ipsilateral IC
- 3 Caudalmost point on LMS
- 4 Anterior- caudalmost point seen on BS
- 5 Anterior- cranialmost point seen on BS
- 6 Cranialmost point on LMS

BEST TRAJECTORY TO COLLICULI COMPLEX

- 7 Target on SC
- 8 Point in front of 1.7
- 9 Posterioormost point on craniotomy limiting view

LENGTH OF EXPOSURE

1.1 -1.6 – 1.5

Reg. 2

ANGLES OF ATTACK TO THE LMS

- 1 Target – center of LMS
- 2 Cranialmost point limiting view
- 3 Caudalmost point limiting view
- 4 Anteriormost limiting point
- 5 Posterioormost limiting point

BEST TRAJECTORY TO LMS

Direct/0° view; the angle of attack can provide a range of trajectory.

Reg. 3

ANGLES OF ATTACK

- 1 Target on Infracollicular Region
- 2 Cranialmost point on craniotomy
- 3 Caudalmost point on craniotomy
- 4 Target on Supracollicular Region
- 5 Cranialmost point on craniotomy
- 6 Caudalmost point on craniotomy
- 7 Target on ipsilateral IC
- 8 Target on ipsilateral SC
- 9 Cranialmost point on craniotomy
- 10 Caudalmost point on craniotomy

11) Far-lateral Approach

Reg.1

AREA OF WORK

- 1 Anterior- and cranialmost point seen on pons
- 2 Anterior- and caudalmost point seen on pons
- 3 Posteriomost point seen on pons
- 4 Posteriomost point seen behind CNVII/CNVIII complex
- 5 Cranialmost point seen on contralateral portion of medulla
- 6 Caudalmost point seen on contralateral portion of medulla
- 7 Mirror to 1.6

Reg.2

ANGLE OF WORK TO A SAFE-ZONE

ON OLIVE (MEDULLA)

- 1 Marked point
- 2 Cranialmost point limiting view
- 3 Caudalmost point limiting view
- 4 Anteriormost limiting point
- 5 Posteriomost limiting point

BEST HORIZONTAL TRAJECTORY OFFERED TO OLIVE BY THE FL

(Using 2.4 gives the best trajectory using 2.4 and 2.5 gives the range of this trajectory angle))

- 6 Point in front of 2.1

BEST VERTICAL TRAJECTORY OFFERED TO OLIVE BY THE FL

Use 2.1, 2..2 and 2.3

VERTICAL LENGTH

- 7 Point 2.1 vertically projected on PMJ
- 8 Caudalmost point on this line

12) Retrolabyrinthine Approach

Reg. 1

AREA OF WORK

- 1 Anterior- and cranialmost point seen on pons
- 2 Posterior- and cranialmost point seen on pons
- 3 Posterio most point seen behind CNVII/CNVIII complex
- 4 Posterior and caudalmost point seen on BS (medulla/pontomedullary junction)
- 5 Anterior- and caudalmost point seen on BS

ANGLE OF ATTACK TO CN V/ TRANSPEDUNCULAR APPROACH AND SAFE-ZONE

BETWEEN CN V AND CN VII

- 6 Target – Point cranial to CN V
- 7 Target - Point between CN V and CN VII
- 8 Cranialmost point limiting view
- 9 Caudalmost point limiting view
- 10 Anteriormost limiting point
- 2.8 Posterio most limiting point

Reg. 2

BEST TRAJECTORY OFFERED TO CN V/ TRANSPEDUNCULAR

- 1 Point in front of 1.6

BEST TRAJECTORY OFFERED TO SAFE- ZONE

BETWEEN CN V AND CN VII

- 2 Point in front of 1.7

LENGTH OF EXPOSURE

(compare among RS, FL, RL)

- 3 Cranialmost point for 1.6
- 4 Caudalmost point for 1.6

BEST TRAJECTORY OFFERED TO PERITRIGEMINAL AREA

(Use 1.10)

- 5 Point just anterior to CN V

- 6 Point in front of CN V

LINEAR EXPOSURE OF PERITRIGEMINAL AREA

- 7 anteriormost point to 5
- 8 = "2.11"

Reg. 3

ANGLE OF WORK TO A SAFE-ZONE ON OLIVE (MEDULLA)

- 1 Marked point
- 2 Cranialmost point limiting view
- 3 Caudalmost point limiting view
- 4 Anteriormost limiting point
- 5 Posterio most limiting point

BEST TRAJECTORY OFFERED TO OLIVE BY THE RL

(Using 3.4 gives the best trajectory; using 3.4 and

3.5 gives the range of this trajectory angle)

- 6 Point in front of 1

VERTICAL LENGTH

(Superior part of this measurement can be done

taking the PMesJ to 3.1 from other approach

- 7 Caudalmost point on 3.1

13) Combined Petrosal Supra Infra

Reg. 1

AREA OF WORK

- 1 Anterior- and cranialmost point seen on mesecephallus
- 2 Posterior- and cranialmost point seen on mesencephallus
- 3 Posteriomost point seen behind CNVII/CNVIII complex
- 4 Posterior and caudalmost point seen on BS
(medulla/pontomedullary junction)
- 5 Anterior- and caudalmost point seen on BS

LENGTH OF EXPOSURE

- 6 Target – Point just posterior to CN V
- 7 Cranialmost point for 1.6
- 8 Caudalmost point for 1.6
- 9 Target – Point cranial to CN V
- 10 Target - Point between CN V and CN VII

Reg. 2

ANGLE OF ATTACK TO CN V/

TRANSPEDUNCULAR APPROACH AND SAFE-ZONE BETWEEN CN V AND CN VII

(direct view to the transpeduncular approach)

- 1 Cranialmost point limiting view
- 2 Caudalmost point limiting view
- 3 Anteriormost limiting point to 1.9
- 4 Anteriormost limiting point to 1.10
- 5 Posteriomost limiting point to 1.9
- 6 Posteriomost limiting point to 1.10
- 7 Point in front of target 1.10
- 8 Anterior limiting point in the post border of labyrinth aiming target 1.10 (trajectory 1 – attacking from backwards; trajectory 2 – attacking from anterior, we need 2.4)

VERTICAL LENGTH

Use 1.7 and 1.8

8 REFERÊNCIAS

1. Bailey P, Buchanan DN, Bucy PC. *Intracranial tumors of infancy and childhood*. Chicago: University of Chicago Press; 1939. 598 p. p.
2. Matson DD, Ingraham FD. *Neurosurgery of infancy and childhood*. 2d ed. Springfield: Thomas; 1969. xv, 934 p. p.
3. Bricolo A, Turazzi S, Cristofori L, Talacchi A. Direct Surgery for Brainstem Tumours. *Acta Neurochir*. 1991;Suppl. 53:148-58.
4. Brown AP, Thompson BG, Spetzler RF. The two-point method: Evaluating brain stem lesions. *BNI Q*. 1996;12:20-4.
5. Januszewski J, Albert L, Black K, Dehdashti AR. The Usefulness of Diffusion Tensor Imaging and Tractography in Surgery of Brainstem Cavernous Malformations. *World Neurosurg*. 2016;93:377-88.
6. Meola A, Yeh FC, Fellows-Mayle W, Weed J, Fernandez-Miranda JC. Human Connectome-Based Tractographic Atlas of the Brainstem Connections and Surgical Approaches. *Neurosurgery*. 2016;79(3):437-55.
7. Porter RW, Detwiler PW, Spetzler RF, Lawton MT, Baskin JJ, Derksen PT, et al. Cavernous malformations of the brainstem: experience with 100 patients. *J Neurosurg*. 1999;90(1):50-8.
8. Konovalov AN, Spallone A, Makhmudov UB, Kukhlajeva JA, Ozerova VI. Surgical management of hematomas of the brain stem. *J Neurosurg*. 1990;73(2):181-6.
9. Sekhar LN, Mantovani A. Surgical approaches to brain stem cavernous hemangiomas. *World Neurosurg*. 2014;82(6):1028-9.
10. Wen DY, Heros RC. Surgical approaches to the brain stem. *Neurosurg Clin N Am*. 1993;4(3):457-68.

11. Bricolo A, Turazzi S. Surgery for gliomas and other mass lesions of the brainstem. *Adv Tech Stand Neurosurg*. 1995;22:261-341.
12. Kyoshima K, Kobayashi S, Gibo H, Kuroyanagi T. A study of safe entry zones via the floor of the fourth ventricle for brain-stem lesions. Report of three cases. *J Neurosurg*. 1993;78(6):987-93.
13. Recalde RJ, Figueiredo EG, de Oliveira E. Microsurgical anatomy of the safe entry zones on the anterolateral brainstem related to surgical approaches to cavernous malformations. *Neurosurgery*. 2008;62(3 Suppl 1):9-15; discussion -7.
14. Strauss C, Lutjen-Drecoll E, Fahlbusch R. Pericolicular surgical approaches to the rhomboid fossa. Part I. Anatomical basis. *J Neurosurg*. 1997;87(6):893-9.
15. Baghai P, Vries JK, Bechtel PC. Retromastoid approach for biopsy of brain stem tumors. *Neurosurgery*. 1982;10(5):574-9.
16. Bricolo A. Brainstem Tumors. In: Sindou M, editor. *Practical Handbook of Neurosurgery: From Leading Neurosurgeons*. 2. Wien: Springer; 2009. p. 349-72.
17. Ferroli P, Sinisi M, Franzini A, Giombini S, Solero CL, Broggi G. Brainstem cavernomas: long-term results of microsurgical resection in 52 patients. *Neurosurgery*. 2005;56(6):1203-12; discussion 12-4.
18. Hebb MO, Spetzler RF. Lateral transpeduncular approach to intrinsic lesions of the rostral pons. *Neurosurgery*. 2010;66(3 Suppl Operative):26-9; discussion 9.
19. Cavalcanti DD, Preul MC, Kalani MY, Spetzler RF. Microsurgical anatomy of safe entry zones to the brainstem. *J Neurosurg*. 2016;124(5):1359-76.
20. Kalani MY, Yagmurlu K, Martirosyan NL, Cavalcanti DD, Spetzler RF. Approach selection for intrinsic brainstem pathologies. *J Neurosurg*. 2016;125(6):1596-607.

21. Abla AA, Lekovic GP, Turner JD, de Oliveira JG, Porter R, Spetzler RF. Advances in the treatment and outcome of brainstem cavernous malformation surgery: a single-center case series of 300 surgically treated patients. *Neurosurgery*. 2011;68(2):403-14; discussion 14-5.
22. Epstein F, McCleary EL. Intrinsic brain-stem tumors of childhood: surgical indications. *J Neurosurg*. 1986;64(1):11-5.
23. Honeybul S, Neil-Dwyer G, Lees PD, Evans BT, Lang DA. The orbitozygomatic infratemporal fossa approach: a quantitative anatomical study. *Acta Neurochir (Wien)*. 1996;138(3):255-64.
24. Schwartz MS, Anderson GJ, Horgan MA, Kellogg JX, McMenomey SO, Delashaw JB, Jr. Quantification of increased exposure resulting from orbital rim and orbitozygomatic osteotomy via the frontotemporal transsylvian approach. *J Neurosurg*. 1999;91(6):1020-6.
25. Emery E, Alaywan M, Sindou M. Indications respectives des deposees orbitaires et/ou zygomatiques en association aux abords fronto-pteriono-temporaux. 58 cas. *Neurochirurgie*. 1994;40(6):337-47.
26. Cavalcanti DD, Garcia-Gonzalez U, Agrawal A, Crawford NR, Tavares PL, Spetzler RF, et al. Quantitative anatomic study of the transciliary supraorbital approach: benefits of additional orbital osteotomy? *Neurosurgery*. 2010;66(6 Suppl Operative):205-10.
27. Figueiredo EG, Deshmukh P, Nakaji P, Crusius MU, Crawford N, Spetzler RF, et al. The minipterional craniotomy: technical description and anatomic assessment. *Neurosurgery*. 2007;61(5 Suppl 2):256-64; discussion 64-5.
28. Figueiredo EG, Deshmukh P, Zabramski JM, Preul MC, Crawford NR, Siwanuwatn R, et al. Quantitative anatomic study of three surgical approaches to the

anterior communicating artery complex. *Neurosurgery*. 2005;56(2 Suppl):397-405; discussion 397-405.

29. Gonzalez LF, Crawford NR, Horgan MA, Deshmukh P, Zabramski JM, Spetzler RF. Working area and angle of attack in three cranial base approaches: pterional, orbitozygomatic, and maxillary extension of the orbitozygomatic approach. *Neurosurgery*. 2002;50(3):550-5; discussion 5-7.

30. Safavi-Abbasi S, de Oliveira JG, Deshmukh P, Reis CV, Brasiliense LB, Crawford NR, et al. The craniocaudal extension of posterolateral approaches and their combination: a quantitative anatomic and clinical analysis. *Neurosurgery*. 2010;66(3 Suppl Operative):54-64.

31. Siwanuwatn R, Deshmukh P, Figueiredo EG, Crawford NR, Spetzler RF, Preul MC. Quantitative analysis of the working area and angle of attack for the retrosigmoid, combined petrosal, and transcochlear approaches to the petroclival region. *J Neurosurg*. 2006;104(1):137-42.

32. Cantore G, Missori P, Santoro A. Cavernous angiomas of the brain stem. Intra-axial anatomical pitfalls and surgical strategies. *Surg Neurol*. 1999;52(1):84-93; discussion -4.

33. de Oliveira JG, Lekovic GP, Safavi-Abbasi S, Reis CV, Hanel RA, Porter RW, et al. Supracerebellar infratentorial approach to cavernous malformations of the brainstem: surgical variants and clinical experience with 45 patients. *Neurosurgery*. 2010;66(2):389-99.

34. Lanzino G, Paolini S, Spetzler RF. Far-lateral approach to the craniocervical junction. *Neurosurgery*. 2005;57(4 Suppl):367-71; discussion -71.

35. Mussi AC, Rhoton AL, Jr. Telovelar approach to the fourth ventricle: microsurgical anatomy. *J Neurosurg*. 2000;92(5):812-23.

36. Zabramski JM, Kiris T, Sankhla SK, Cabirol J, Spetzler RF. Orbitozygomatic craniotomy. Technical note. *J Neurosurg.* 1998;89(2):336-41.
37. Oiwa Y, Nakai K, Masaki Y, Masuo O, Kuwata T, Moriwaki H, et al. Presigmoid approach for cavernous angioma in the pons--technical note. *Neurol Med Chir (Tokyo).* 2002;42(2):91-6; discussion 7-8.
38. Sabatino G, Rigante L, Marchese E, Albanese A, Esposito G, Capone G, et al. Anterior subtemporal approach for posterolateral brainstem cavernomas: report of ten cases. *Acta Neurochir (Wien).* 2012;154(11):2009-16.
39. Tanriover N, Ulm AJ, Rhoton AL, Jr., Yasuda A. Comparison of the transvermian and telovelar approaches to the fourth ventricle. *J Neurosurg.* 2004;101(3):484-98.
40. Ojemann RG. Retrosigmoid approach to acoustic neuroma (vestibular schwannoma). *Neurosurgery.* 2001;48(3):553-8.
41. Rhoton AL, Jr. The cerebellopontine angle and posterior fossa cranial nerves by the retrosigmoid approach. *Neurosurgery.* 2000;47(3 Suppl):S93-129.
42. Tanriover N, Sanus GZ, Ulu MO, Tanriverdi T, Akar Z, Rubino PA, et al. Middle fossa approach: microsurgical anatomy and surgical technique from the neurosurgical perspective. *Surg Neurol.* 2009;71(5):586-96; discussion 96.
43. Sekhar LN, Estonillo R. Transtemporal approach to the skull base: an anatomical study. *Neurosurgery.* 1986;19(5):799-808.
44. Tedeschi H, Rhoton AL, Jr. Lateral approaches to the petroclival region. *Surg Neurol.* 1994;41(3):180-216.
45. Fritschi JA, Reulen HJ, Spetzler RF, Zabramski JM. Cavernous malformations of the brain stem. A review of 139 cases. *Acta Neurochir (Wien).* 1994;130(1-4):35-46.

46. Ramina R, Mattei TA, de Aguiar PH, Meneses MS, Ferraz VR, Aires R, et al. Surgical management of brainstem cavernous malformations. *Neurol Sci.* 2011;32(6):1013-28.
47. Aguiar PHPd, Zicarelli CAM, Isolan G, Antunes Á, Aires R, Georgeto SM, et al. Brainstem cavernomas: a surgical challenge. *Einstein (São Paulo)*. 2012;10:67-73.
48. Deshmukh VR, Figueiredo EG, Deshmukh P, Crawford NR, Preul MC, Spetzler RF. Quantification and comparison of telovelar and transvermian approaches to the fourth ventricle. *Neurosurgery*. 2006;58(4 Suppl 2):ONS-202-6; discussion ONS-6-7.
49. Cavalleiro S, Yagmurlu K, da Costa MD, Nicacio JM, Rodrigues TP, Chaddad-Neto F, et al. Surgical approaches for brainstem tumors in pediatric patients. *Childs Nerv Syst.* 2015;31(10):1815-40.
50. Sala F, Manganotti P, Tramontano V, Bricolo A, Gerosa M. Monitoring of motor pathways during brain stem surgery: what we have achieved and what we still miss? *Neurophysiol Clin.* 2007;37(6):399-406.

APÊNDICE

St. Joseph's Hospital
and Medical Center.
A Dignity Health Member

11 January 2013

Prof. Dr. Ricardo Nitritini
Chairman of Neurology
Director of post graduation program – Department of Neurology
University of São Paulo – Brazil

Daniel Cavalcanti, MD
University of São Paulo – Brazil

Dear Prof. Dr. Nitritini:

I am very happy to assist Prof. Dr. Eberval G. Figueiredo in his supervision of Dr. Cavalcanti. As you may know, these two gentlemen are among the best neurosurgery research fellows (Spetzler Neurosurgery Research Fellow) that have ever come into my lab. I am immensely proud of them and what they have accomplished in their lives is something I think about every day. We will do whatever it takes in the Neurosurgery Research Laboratory to help Daniel achieve his goals. Daniel has full access to all data and we will also assist him to be connected to our workstations and data repositories. He may use the data in whatever way is associated to this thesis or his career. I look forward to seeing his progress with this work.

Sincerely yours and with greetings to Daniel and Eberval,

A handwritten signature in black ink, reading "Mark C. Preul".

Mark C. Preul, MD
Newsome Chair of Neurosurgery Research
Director, Neurosurgery Research Laboratory
Professor of Neuroscience
Barrow Neurological Institute
Division of Neurological Surgery
St. Joseph's Hospital and Medical Center
350 W. Thomas Rd.
Phoenix, AZ 85013

15th World Congress of Neurosurgery

September 8(Sun)~13(Fri), 2013 - Coex Convention Center, Seoul, Korea

www.wfns2013.org

Certificate of Presentation

This is to certify that

Daniel CAVALCANTI (Brazil)

has presented in the ORAL PRESENTATION presentation entitled

"Consolidating the Microsurgical Anatomy of Main Approaches and Safe Entry Zones to the Brainstem"

in the 15th World Congress of Neurosurgery,
held in Seoul, Korea from September 8 to 13, 2013.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Hee-Won Jung".

Hee-Won Jung
President

15th World Congress of Neurosurgery

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Chun Kun Park".

Chun Kun Park
Chairman, Scientific Program Committee
15th World Congress of Neurosurgery