

As sete regras para obter sucesso na cirurgia dos gliomas da ínsula

The seven rules for success in insula glioma surgery

Gustavo Rassier Isolan^{1,2}, Samir A. Bark³, Viviane Buffon^{1,2}, Leandro I. Dini³, Lia Grub Becker³, Osvaldo Malafaia², Marco Antônio Schlindwein Vaz¹

RESUMO

Introdução: O melhor tratamento para gliomas insulares é a ressecção cirúrgica. Essas lesões são de tratamento cirúrgico complexo devido à anatomia da ínsula e sua proximidade com estruturas corticais e subcorticais funcionais e estruturas vasculares. Os esforços para preservar a integridade dessas estruturas baseados, exclusivamente, na anatomia microcirúrgica não garantem que o paciente não apresentará déficit motor ou de linguagem no período pós-operatório.

Objetivo: Apresentar 7 regras para alcançar maior sucesso terapêutico, visando aumentar a sobrevida livre de doença e a qualidade de vida.

Método: Dissecções anatômicas microcirúrgicas insulares e 45 microcirurgias de gliomas insulares basearam a proposta das 7 regras para alcançar ressecção segura e eficaz nesses tumores.

Resultado: As 7 regras foram divididas em 4 anatômicas (ramo fronto-orbital do nervo facial, córtex insular, fissura silviana e artérias lenticuloestriadas) e 3 fisiológicas (mapeamento cortical, mapeamento subcortical e cápsula interna).

Conclusão: Considerou-se necessário ter grande domínio anatômico e experiência em monitoramento neurofisiológico para obter resultados satisfatórios nas operações sobre gliomas insulares.

PALAVRAS-CHAVE: Glioma. Neurocirurgia. Anatomia. Mapeamento cerebral. Ínsula.



Coletânea de casos de glioma da ínsula tratados cirurgicamente

MATERIAL SUPLEMENTAR

Parte 1 – O que são gliomas da ínsula
<https://www.youtube.com/watch?v=WbdLBoNAKQ>

Parte 2 - Porque os gliomas devem ser operados-10 motivos
<https://www.youtube.com/watch?v=CXraBMAT4uQ>

Parte 3- Gliomas da ínsula minhas 3 regras de anatomia microcirúrgica.
<https://www.youtube.com/watch?v=WMRCd8mDg&f=1s>

Parte 4- Gliomas da ínsula minhas 4 regras de mapeamento cortical
<https://www.youtube.com/watch?v=BoGacjQNo4>

ABSTRACT

Introduction: The best treatment for insular gliomas is surgical resection. These lesions require complex surgical treatment due to the anatomy of the insula and its proximity to functional cortical and subcortical structures and vascular structures. Efforts to preserve the integrity of these structures based exclusively on microsurgical anatomy do not guarantee that the patient will not present motor or language deficits in the postoperative period.

Objective: To present 7 rules to achieve greater therapeutic success, aiming to increase disease-free survival and quality of life.

Method: Microsurgical insular anatomical dissections and 45 microsurgeries of insular gliomas were the basis for the proposal of the 7 rules to achieve safe and effective resection of these tumors.

Result: The 7 rules were divided into 4 anatomical (fronto-orbital branch of the facial nerve, insular cortex, sylvian fissure and lenticulostriate arteries) and 3 physiological (cortical mapping, subcortical mapping and internal capsule).

Conclusion: It was considered necessary to have great anatomical knowledge and experience in neurophysiological monitoring to obtain satisfactory results in surgeries on insular gliomas.

KEYWORDS: Glioma. Neurosurgery. Anatomy. Brain mapping. Insula.

Mensagem Central

O lobo da ínsula, o seio cavernoso e outras regiões de anatomia complexa eram há pouco tempo consideradas "No man's land". Contudo, foi evidenciado que a remoção de tumores envolvendo a ínsula eram, na verdade, menos arriscados do que inicialmente se considerava. Isso foi possível a partir do acréscimo no armamentário neurocirúrgico, do conhecimento profundo da anatomia microcirúrgica, das técnicas microcirúrgicas sob visão microscópica e dos avanços da neuroanestesia. Assim, metadização das operações baseada em sete regras propostas como orientadoras para bons resultados foram apresentadas neste artigo.

Perspectiva

A anatomia microcirúrgica do lobo da ínsula e seu estudo pelo método tridimensional fornece visão mais realista sobre as relações neurais e vasculares desta região. Nos tumores insulares, além da importância em se ter grande domínio anatômico, deve-se ter conhecimento da utilização e interpretação em tempo real dos achados de monitorização neurofisiológica intraoperatória. Para tanto, há necessidade de treinamento em dissecções microcirúrgicas e prática na monitorização neurofisiológica intraoperatória.

¹Centro Avançado de Neurologia e Neurocirurgia (CEANNE), Porto Alegre, RS, Brasil;

²Instituto Presbiteriano Mackenzie, São Paulo, SP, Brasil;

³Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

Conflito de interesse: Nenhum | Financiamento: Nenhum | Recebido em: 17/07/2024 | Aceito em: 22/10/2024 | Correspondência: gisolari@yahoo.com.br | Editor Associado: Thelma Larocca Skare³

Como citar:

Isolan GR, Bark SA, Buffon V, Dini IJ, Becker LG, Malafaia O, Vaz MAS. As sete regras para obter sucesso na cirurgia dos gliomas da ínsula. BioSCIENCE. 2024;82:e066

INTRODUÇÃO

O lobo da ínsula, o seio cavernoso e outras regiões de anatomia complexa eram há pouco tempo consideradas “No man’s land”. Após o artigo inovador de Yasargil et al.¹ publicado em 1992, foi evidenciado que a remoção de tumores envolvendo a ínsula eram, na verdade, menos arriscados do que inicialmente se considerava. Isso foi possível a partir do acréscimo no armamentário neurocirúrgico, do conhecimento profundo da anatomia, das técnicas microcirúrgicas sob visão microscópica. e os avanços da neuroanestesia.²⁻⁸

Embora a anatomia da ínsula seja complexa, estudos recentes têm demonstrado que é possível remover tumores insulares com baixa incidência de complicações.⁷⁻¹¹ Desde a publicação inicial de primeiros casos de gliomas insulares¹, houve disseminação das técnicas de mapeamento cortical, principalmente com a emergência do conceito de ressecção supratotal para gliomas de baixo grau.⁵⁻¹¹

O objetivo deste artigo foi apresentar a proposição de 7 regras para a maximização da ressecção de gliomas insulares com a máxima redução de efeitos adversos do tratamento microcirúrgico. Ainda se soma como base, a experiência do autor sênior (GRI) com 45 microcirurgias para remoção de gliomas insulares realizadas entre 2006 e 2020 e seu treinamento prévio em laboratório de microcirurgia estudando a anatomia da ínsula.

MÉTODO

Série de casos que foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos CAAE 12425413.7.0000.5327 com consentimento informado de todos os pacientes. Este estudo segue os princípios estabelecidos no Código de Regulamentações Federais dos Estados Unidos, Título 45, Parte 46, Proteção de Sujeitos Humanos, revisado em 15 de janeiro de 2009 (<http://www.hhs.gov/ohrp/humansubjects/guidance/45cfr46.html>) e na Declaração de Helsinque da Associação Médica Mundial (<http://www.wma.net/en/30publications/10policies/b3/index.html>).

A casuística utilizada foi de 45 microcirurgias para remoção de gliomas insulares entre 2006 e 2020 realizadas por um dos autores (GRI). Todos os pacientes nos quais foi realizada “awake surgery” foram submetidos à simulação pré-operatória do processo cirúrgico. Durante a operação, a cabeça foi fixada em suporte Mayfield. Microscópio cirúrgico e aspirador cirúrgico ultrassônico com baixa potência ultrassônica foram utilizados em todos os pacientes.

Ao longo dos anos, a técnica para ressecção desses tumores evoluiu de abordagem focada puramente na anatomia microcirúrgica subjacente para combinação de anatomia e mapeamento funcional do cérebro. O primeiro paciente desta série, que apresentava glioma insular esquerdo de baixo grau, foi operado por abordagem transsilviana sem nenhum tipo de monitoramento neurofisiológico intraoperatório em 2007.

De 2008 a 2009, utilizou-se a abordagem transsilviana para todos os tumores insulares com o

auxílio do monitoramento neurofisiológico intraoperatório (incluindo potencial evocado somatossensorial e motor) com estimulação elétrica subcortical sob anestesia geral para definir os limites mediais da ressecção. Considerou-se resposta eletromiográfica positiva no corpo contralateral com 10 mA de estimulação subcortical como sinal de proximidade do trato motor para usar esse parâmetro como limite de ressecção. De 2010 a 2014, para tumores insulares puramente localizados no hemisfério dominante, utilizou-se operação acordada com abordagem transsilviana. Para tumores insulares que se estendiam além da ínsula para os lobos frontal e temporal, utilizou-se a abordagem transopercular nos casos em que o mapeamento silencioso foi obtido. Durante a manipulação do segmento M2 da artéria cerebral média, ocorreu dor de cabeça intensa em 2 pacientes. Com base nessa experiência, ao longo dos anos, evoluiu-se para abordagem transcortical-transopercular com ressecção subpial para todos os tumores insulares no hemisfério dominante, evitando a manipulação direta da parede arterial que causava cefaleia severa.

No início desta série, utilizou-se orientação por imagem com navegação em 4 pacientes. Observou-se que, principalmente em tumores maiores, os parâmetros de localização foram significativamente afetados após o início da ressecção do tumor devido ao deslocamento cerebral. Portanto, em tais pacientes, atualmente leva-se em consideração a precisão da navegação com relutância. Não se utilizou ressonância magnética intraoperatória para identificar as margens de ressecção. Por outro lado, se utilizou ultrassonografia intraoperatória para determinar a posição do tumor em relação aos sulcos e giros. No passado, costumava-se usar eletrocorticografia intraoperatória para avaliar o fenômeno de pós-descarga durante a estimulação do mapeamento cortical, mas recentemente abandonou-se essa técnica. Os parâmetros de estimulação elétrica cortical e subcortical intraoperatória utilizados foram os publicados por outros autores.^{5,6} As disseções anatômicas foram realizadas em 12 cabeças-cadáver no laboratório de microcirurgia da University of Arkansas for Medical Sciences (UAMS), USA, no laboratório de microcirurgia do Hospital da Beneficência Portuguesa de São Paulo, SP, Brasil e Laboratório de Microcirurgia de Gainesville, Flórida, USA.

RESULTADO

Os resultados cirúrgicos foram parcialmente apresentados em outras publicações.⁷⁻¹¹ Baseados nesses resultados foram preconizadas as 7 regras aqui publicadas divididas em 4 anatômicas e 3 fisiológicas (Tabela).

TABELA — As sete regras para obter sucesso na cirurgia dos gliomas da ínsula

REGRAS ANATÔMICAS
1. Ramo fronto-orbital do nervo facial
2. Córtex insular
3. Fissura silviana
4. Artérias lenticuloestriadas
REGRAS FISIOLÓGICAS
5. Linguagem (mapeamento cortical com pacientes acordado)
6. Linguagem (mapeamento subcortical com paciente acordado)
7. Cápsula interna (mapeamento subcortical com paciente acordado ou anestesiado)

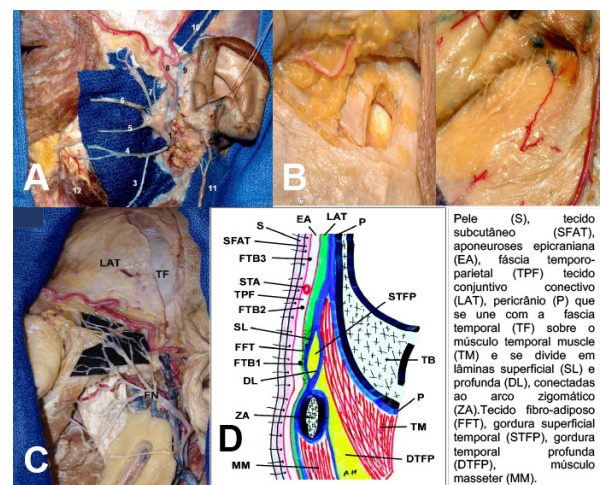
REGRAS ANATÔMICAS

Regra nº 1: Ramo fronto-orbital do nervo facial

O primeiro estudo anatômico sistemático do ramo frontal do nervo facial foi realizado pelo cirurgião plástico brasileiro Ivo Pitanguy em 1966.¹² Na literatura, esse nervo e sua relação com as fáscias resulta em debate devido à nomenclatura controversa e sobreposta entre os estudos.

Os pontos de referência do tecido mole (como aurícula e aspecto lateral da sobrancelha) foram descritos classicamente como relações anatômicas para prever o curso do ramo temporal, mas essas medidas são variáveis. A maioria dos autores identificou entre 2 a 5 ramos da porção temporal cruzando o arco zigomático.¹³⁻¹⁶ Esses ramos podem ser divididos em anterior, médio e posterior, com o médio visto apenas em 66%.^{9,10} Eles cobrem 62% do comprimento total do arco zigomático e cruzam a face inferior do zigoma, 10 mm anterior ao meato acústico externo.⁹ Os ramos frontotemporais são descritos como os mais superficiais do nervo facial.¹⁷ Seu marco foi considerado a linha do cabelo temporal com a área posterior sendo segura para dissecação,⁷ mas isso não foi confirmado. Distalmente à glândula parótida, gradualmente tornam-se mais superficiais.¹⁸ Ao nível do arco zigomático, eles cruzam-se na camada fibrogordurosa por baixo da fáscia temporoparietal.^{19,20} Superior ao arco, são descritos correndo dentro da fáscia temporoparietal.^{10,14,15,21-23} Com cortes histológicos seriados, Salas et al.²⁰ mostraram que os ramos frontotemporais têm relação diferente com a fáscia temporoparietal ao longo de seu curso. Superior à linha onde a fáscia temporoparietal está ligada à fáscia temporal (septo temporal inferior), os ramos correm dentro da fáscia temporoparietal.²⁰ Abaixo dessa linha, eles correm no tecido fibrogorduroso, na extensão do tecido areolar frouxo.²⁰ A relação entre a artéria temporal superficial (ATS) e o ramo temporal também é discutida de forma controversa. Enquanto a maioria dos pesquisadores encontrou-a correndo no mesmo plano na superfície profunda da fáscia temporoparietal,^{14,15,22} Abul-Hassan et al.²⁴ observaram o nervo facial ao nível do arco zigomático em um plano imediatamente profundo à fáscia temporoparietal e à ATS dentro da fáscia.²⁴ Por outro lado, Stuzin et al.²² encontraram o ramo temporal do nervo facial paralelamente ao ramo frontal da ATS, mas anteroinferiormente.²² Há consenso geral de que o ramo frontotemporal do nervo facial está anteroinferior ao ramo frontal da ATS.^{16,25,26} Os ramos frontotemporais do nervo facial mudam de nível no tecido dentro da região temporal, indo do tecido fibrogorduroso ao nível do arco zigomático até a fáscia temporoparietal em que atingem seu ponto final.²⁰ Normalmente, dissecação da fáscia subgaleal e subtemporoparietal realiza-se com segurança até a fixação fibrosa entre a fáscia temporoparietal, o tecido areolar frouxo e a fáscia temporal, descrita como septo temporal inferior. O tecido areolar frouxo pode ser dissecado separadamente ou deixado com a fáscia temporoparietal. Durante esta primeira etapa,

evita-se a coagulação excessiva na gálea ou fáscia temporoparietal anterior à ATS, com efeito, não se lesiona os ramos frontotemporais do nervo facial. Uma vez alcançado o ponto de referência onde as aderências, interrompe-se a dissecação superior a fáscia temporal e dissecação interfascial (corretamente interlaminar, entre as 2 lâminas da fáscia temporal profunda) ou subfascial (sob a fáscia temporal) deve ser realizada. Ao nível do arco zigomático, dissecação subperiosteal é a chave para proteger o nervo facial e o começo da orla orbital inferior e posterior ou do nível superior da articulação temporomandibular para anterior. Ao descolar o músculo temporal, cuida-se ao elevar o músculo com o periosteio, a fim de proteger as artérias e os nervos temporais profundos (Figuras 1A a 1D).²⁷



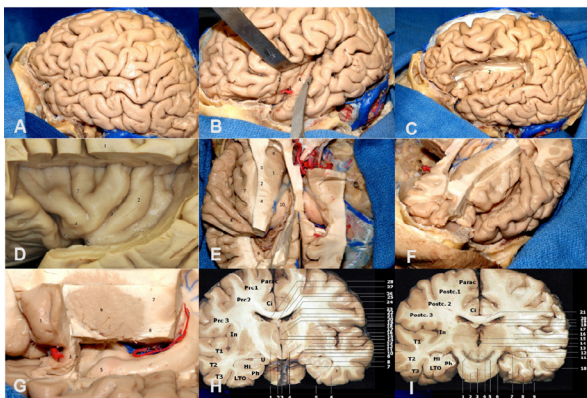
Fonte: Krayenbühl N et al.²⁷

FIGURA 1 – A) Visão lateral do ramo fronto-orbital do nervo facial onde a glândula parótida foi removida para expor ramos do nervo facial: 1=nervo facial (tronco superior), 2=nervo facial (tronco inferior), 3=ramo cervical, 4=ramo mandibular, 5=ramo bucal, 6=ramo zigomático, 7=ramo fronto-orbital, 8=artéria temporal superficial, 9=veia temporal superficial, 10=nervo auriculotemporal, 11=nervo auricular magno, 12=músculo masseter; B) dissecação e exposição das diferentes fáscias da região do músculo temporal, evidenciando o ramo frontal do nervo facial no interior da fáscia temporal superficial, com gordura ao seu redor (esquerda) e os pequenos ramos passando da fáscia para a inervação da pele; C) dissecação dos ramos do nervo facial com a parótida dissecada e removida dos ramos do nervo facial e a relação do ramo fronto-orbital com a artéria temporal superficial; D) desenho esquemático de corte coronal evidenciando a relação do ramo fronto-orbital do nervo facial com as fáscias temporais.²⁷

Regra nº 2: Córtex insular

A ínsula possui formato triangular, cujo ápice denomina-se límen da ínsula e constitui o limite lateral do sulco silviano. Ela se separa dos opérculos pelos sulcos peri-insulares (ou circulares) divididos em superior, inferior e anterior. O superior se localiza abaixo do opérculo frontoparietal; o inferior, abaixo do opérculo temporal; e o anterior, abaixo do opérculo orbitofrontal. Outro sulco presente na ínsula é o sulco central, que se

estende desde o sulco peri-insular superior até o límen da ínsula. Ele divide a ínsula em porção anterior e posterior. Aquela é caracterizada pelos giros curtos (anterior, médio e posterior), acessório e transversal, os quais se encontram na região anteroinferior dessa porção; todos esses giros se unem para formar o ápice da ínsula. A porção posterior constitui-se pelos giros longos anterior e posterior (separados pelo sulco pós-central da ínsula). A região inferior insular é formada por 3 estruturas: pólo, límen e região lateral do tronco da fissura silviana. O sulco lateral (sulco de Silvius) junto com o sulco central, inicia-se na base do cérebro (na altura do processo clinóide anterior e se estende até a face superolateral do cérebro) e separa o lobo frontal do lobo temporal. Em sua parte terminal, ele se divide em 3 ramos: ascendente, anterior e posterior. Este é o mais longo e se dirige para trás e para cima, terminando no giro supramarginal. Os outros 2 são os mais curtos e dividem o giro frontal inferior em 3 partes (da região anterior para a posterior): orbital, triangular e opercular. Entre a parte orbital e a triangular, encontra-se o ramo anterior; e entre a parte triangular e a opercular, o ramo ascendente. O sulco lateral pode apresentar ainda 4o ramo (fronto-orbital). Quando presente, encontra-se no lobo frontal - abaixo do ramo anterior e da parte orbital - separando esta parte do giro orbital posterior^{28,29}(Figuras 2A a 2I).



Fonte: Isolan et al.²⁹

FIGURA 2 — A) Superfície lateral do hemisfério cerebral esquerdo; B) límen da ínsula (1), opérculo frontal (2) e afastado do opérculo temporal (3) para expor o córtex insular (4) que forma o assoalho da fissura silviana; C) visão lateral do hemisfério cerebral esquerdo onde o giro frontal inferior foi removido para expor os limites do lobo da ínsula com seu sulco central (1), sulco limitante superior (2), sulco limitante inferior (3) e giro de Heschel ou giro temporal transversal anterior (4); D) visão ampliada da ínsula esquerda após remoção de parte do opérculo frontoparietal e giro temporal superior, vendo giro pré-central (1), giro longo (2), sulco central (3), ápex (4), giro transversal (5), límen (6), giro curto da ínsula (7); E) visão superior do cérebro onde o hemisfério esquerdo foi seccionado com corte coronal ao nível da cabeça do núcleo caudado (1), mostrando forame de Monro ao nível do joelho da cápsula interna, no mesmo nível da parte posterior do segundo giro curto da ínsula no qual trafegam as fibras descendentes que formam a maior parte do trato corticoespinhal, joelho da cápsula interna (2), forame de Monro (3), perna posterior da cápsula interna (4), perna anterior da cápsula interna (5), corno frontal do ventrículo lateral (6), córtex da ínsula (7), giro de Heschel (8), atrium do ventrículo lateral esquerdo (9), e tálamo (10); F) visão anterior oblíqua da dissecação

da Figura 2E mostrando a posição do giro de Heschel direcionando-se para o átrio do ventrículo; G) visão lateral da relação da ínsula com o núcleo lentiforme e a cápsula interna, mostrando o primeiro giro curto anterior da ínsula (1), límen da ínsula (2), artéria cerebral média (3), amígdala (4), hipocampo (5), núcleo lentiforme (6), porção retrolenticular da cápsula interna (7), e porção sublenticular da cápsula interna (8); H) secção coronal através corpos mamilares e núcleos anteriores do tálamo mostrando fascículo lenticular (1), corpos mamilares (2), terceiro ventrículo (3), perna posterior da cápsula interna (4), sulco colateral (5), sulco occipitotemporal (6), fissura hipocampal (7), corno temporal do ventrículo lateral (8), amígdala (9), pedúnculo cerebral (10), trato óptico (11), globo pálido medial (12), lâmina medular interna (13), massa intermédia (14), trato mamilotalâmico (15), claustrum (16), putâmen (17), cápsula externa (18), cápsula externa (19), núcleos anteriores do tálamo (20), núcleos ventrais tálamo (21), estrias lenticulocaudadas (22), núcleo caudado (23), estria terminal e veia talamoestriada (24), corno frontal do ventrículo lateral (25), corpo caloso (26), fórnix (27), plexo coroide (28), uncus (H), hipocampo (HI), parahipocampo (Ph), giro occipitotemporal lateral (LTO), giro temporal superior (T1), giro temporal médio (T2), giro temporal inferior (T3), ínsula (In), porção superior do giro pré-central (Prc 1), porção média do giro pré-central (Prc 2), porção inferior do giro pré-central (Prc 3), giro paracentral (Parac), giro do cíngulo (CI); I) face lateral hemisfério cerebral esquerdo (removido parte do opérculo frontoparietal para expor a ínsula) mostrando pars triangularis (1), giro curto da ínsula (2), giro longo da ínsula (3), tronco inferior da ACM (segmento M2 - 4), trifurcação da ACM (5), e giro temporal superior (6).

Regra nº 3: Fissura silviana

Relações arteriais

A artéria cerebral média apresenta-se como a mais complexa das 3 artérias cerebrais. Ela é 2 vezes maior do que a artéria cerebral anterior, medindo de 2,4 a 4,6 mm de diâmetro. Sua origem é no início da fissura silviana, lateralmente ao quiasma óptico. Durante o seu percurso, ela passa por baixo da substância perfurada anterior, na qual penetrarão seus pequenos ramos chamados artérias lenticuloestriadas. Em seguida, se divide no interior da fissura silviana e vira posterosuperiormente, atingindo a superfície da ínsula. É dividida em 4 segmentos - M1 a M4 - e supra a ínsula através de seus ramos. O segmento M1 (esfenoidal) tem sua origem na bifurcação da artéria carótida interna e estende-se até a principal bifurcação da artéria cerebral média, localizada na região adjacente ao límen da ínsula. O segmento M2 (insular) se estende da bifurcação principal até o sulco peri-insular. O segmento M3 (opercular) começa no sulco peri-insular e percorre os opérculos, terminando na superfície lateral do sulco de Sylvius. E por fim, o segmento M4 (parasilviano) corresponde aos ramos que suprem a convexidade cerebral.

Segmento M1

A artéria carótida interna se bifurca em artéria cerebral média e artéria cerebral anterior ao nível da porção central da substância perfurada anterior. A partir da origem da artéria cerebral média é que se inicia o segmento M1. Ele percorre a profundidade do sulco de Silvius de forma anterosuperior, superior ou posterosuperior, ao redor do límen da ínsula, onde forma

joelho. Nesse ponto se delimita o final de M1, marcado pela bifurcação principal da ACM em troncos superior e inferior. Essa bifurcação se localiza na maioria das vezes no joelho, mas também proximal ou distalmente a ele. Em alguns casos, ocorre a formação de trifurcação, através da origem de um tronco intermediário, surgindo tanto do tronco superior quanto do inferior. Ainda, há a possibilidade de quadrifurcação, quando ambos os troncos se bifurcam, contudo havendo poucos casos na literatura.^{7,30} Outra variante é o aparecimento de “falsa bifurcação”, formada pelo ramo temporal do segmento M1 ou pelo ramo frontal. Segundo Türe et al.³¹ essa variação apresentou-se em 2 dos 40 hemisférios avaliados, em todos os casos com padrão de bifurcação, exceto em 1 de quadrifurcação.³¹ Os ramos do segmento M1 são classificados de acordo com a área cerebral irrigada. Portanto, eles podem ser divididos em artérias corticais ou em artérias lenticuloestriadas laterais (ALLs).

Em relação as artérias corticais, o segmento M1 é dividido em pré-bifurcação e pós-bifurcação. A pré se compõe por único tronco, originado no início da ACM e se estende até a bifurcação do segmento M1. As artérias corticais que surgem da pré-bifurcação são chamadas de ramos precoces, que correspondem aos ramos frontais e temporais do segmento M1. Segundo Tanriover et al.²⁸, das 159 espécies analisadas, 90% delas apresentavam ramos temporais, e 30% frontais. De acordo com Türe et al.³¹, o segmento M1, em 38 dos 40 hemisférios, originou de 1 a 3 artérias corticais, localizadas na maioria das vezes (75,8%) lateralmente a este segmento, suprimindo o lobo temporal. Contudo, as artérias corticais podem se originar também da região de medial (24,2%), vascularizando o lobo frontal. Em 7 hemisférios, pequenas artérias corticais foram encontradas irrigando o córtex piriforme.^{7,31} As variações dos ramos corticais podem ser classificadas em 4 tipos (A, B, C e D), de acordo com a região do segmento M1 de onde elas se originam. No tipo A, esse segmento dá origem somente a ramos corticais temporais (laterais) podendo variar em número de 1 a 3 ramos temporais, sendo o mais comum a presença de apenas 1 ramo. No tipo B, o segmento M1 origina tanto ramos temporais como ramos frontais (mediais). Nesse tipo, a variação predominante origina-se de um ramo temporal e de outro frontal. No entanto, podem ser vistos também 2 ramos temporais e 1 frontal. No tipo C, o segmento M1 dá origem somente a ramos frontais. No tipo D, os ramos corticais não se originam desse segmento, apenas as ALLs e artérias do unco. De todos os tipos, o tipo A é o mais frequente e os tipos C e D os mais raros.

Segmento M2

O segmento M2 se origina no límen da ínsula, onde ocorre a bifurcação principal da artéria cerebral média ou, em alguns casos, a trifurcação. Distalmente ao joelho, os troncos superior e inferior lançam ramos que percorrem a ínsula até o sulco peri-insular, onde marcam o início do segmento M3. Esses ramos são chamados de “troncos arteriais”, local de origem das artérias corticais. Os ramos do segmento M2 formam-se (além dos troncos superior e inferior) do tronco intermediário, dos ramos

precoces ou mesmo da artéria cerebral média acessória. Os ramos do tronco superior vascularizam os giros transversos, acessórios e giros curtos da ínsula, o ápex insular e o sulco limitante anterior da ínsula. Os ramos do tronco inferior irrigam os giros longos posteriores da ínsula, o sulco limitante inferior e o límen da ínsula. Os ramos precoces se originam próximo da bifurcação ou da trifurcação e suprem qualquer parte da ínsula, com exceção do sulco central. Eles vascularizam parte dos sulcos limitantes inferior e anterior e límen da ínsula. A artéria cerebral média acessória é a variação mais comum da artéria cerebral média. Ela inicia-se na artéria cerebral anterior e termina na região orbitofrontal. Com efeito, irriga os giros acessórios e transversos e o sulco limitante anterior. As artérias corticais totalizam 12 artérias e lançam ramos para a ínsula, exceto a artéria temporopolar. São elas: orbitofrontal, pré-frontal, pré-central, central, parietal anterior, parietal posterior, angular, têmporo-occipital, temporal posterior, temporal média, temporal anterior e artérias temporopolares. As artérias corticais do segmento M2 podem se formar tanto do tronco superior como do inferior. A partir do tronco superior inicia-se a maioria das artérias corticais, em média 5 e variando de 2 a 7. Já do tronco inferior, podem sair de 2 a 8 artérias. Contudo, nos pacientes detentores de trifurcação, o tronco intermediário também pode originar às artérias corticais, variando de 1 a 2. As artérias corticais que se originam do tronco superior percorrem caminho mais curto na ínsula quando comparado com as artérias do tronco inferior. Além disso, elas costumam surgir mais próximo da bifurcação, em torno do polo da ínsula. A primeira artéria cortical do tronco superior costuma ser a orbitofrontal, seguida pela pré-frontal, pré-central, central, parietal anterior, parietal posterior, angular e artérias têmporo-occipitais. A artéria parietal anterior, central, têmporo-occipital e a angular raramente se originam do tronco inferior. Do tronco inferior, surgem as artérias corticais que passam pelo giro longo da ínsula e pelo limite inferior do sulco e vasculariza sua porção posterior. Seus primeiros ramos mais frequentes são o temporal médio e o posterior, seguido do temporal anterior, parietal posterior e artérias temporopolares.

Segmento M3

O início do segmento M3 é marcado pelos sulcos peri-insulares anterior, superior e inferior e percorre o trajeto indo até a superfície medial do opérculo, ou seja, na superfície da fissura silviana, onde se inicia o segmento M4. No seu percurso, o segmento M3 corre paralelamente ao M2, vascularizando a superfície medial do opérculo. Contudo, em alguns casos, o segmento M3 origina de 1 ou 2 artérias pequenas, responsáveis por suprir os sulcos peri-insulares superior e inferior. Uma particularidade apresentada pelas artérias orbitofrontal lateral e a temporopolar é quando elas se originam do segmento M1 e logo se tornam o segmento M3, não emitindo nenhum ramo para a ínsula.

Segmento M4

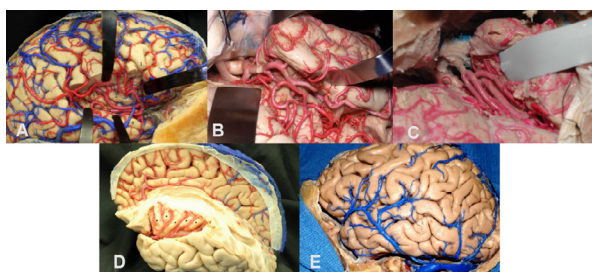
O segmento M3 percorre lateralmente a fissura silviana, que ao sair se transforma em segmento M4. Este segmento não origina nenhum ramo para a ínsula, não tendo papel na sua vascularização. A ínsula é predominantemente suprida pelos ramos do segmento M2. Os achados dos autores deste trabalho foram semelhantes aos de estudos prévios. Segundo Türe et al.³¹, cerca de 75 a 104 artérias se originam desse segmento. Contudo, em 55% dos hemisférios cerebrais analisados, observou-se a origem de 1 a 6 artérias do segmento M1, as quais são responsáveis por vascularizar principalmente o límen da ínsula. Em 10% dos hemisférios, o segmento M3 originou 1 ou 2 artérias, suprindo os sulcos peri-insulares superior e inferior. Já o segmento M4 não lança nenhum ramo para a ínsula. Aproximadamente, 80-90% das artérias insulares são curtas e vascularizam o córtex insular e a cápsula extrema; 10% são médias e responsáveis por suprir o claustrum e a cápsula externa; e os 3-5% restantes são longas e alcançam a coroa radiata. Essas últimas estão localizadas principalmente na região posterior da ínsula. O putamen, globo pálido e cápsula interna são vascularizados pelas ALLs. Essa região separa-se da região irrigada pelas artérias insulares pela cápsula externa. Do ponto de vista da vascularização dos sulcos e dos giros da ínsula, cada um deles também possui irrigação particular pelos ramos das artérias insulares. Quanto a vascularização dos giros da ínsula tem-se o padrão: os giros acessório e transversal recebem sangue das artérias corticais do tronco superior. A artéria orbitofrontal, em conjunto com a pré-frontal (com menor contribuição), são as únicas que vascularizam ambos os giros. O giro curto anterior é suprido pelos ramos do tronco superior e pela artéria pré-frontal. O giro curto médio é vascularizado pelos ramos do tronco superior e pela artéria pré-central, que vem seguida pela pré-frontal. O ápice da ínsula recebe sangue das artérias corticais do tronco superior e das artérias pré-frontal e pré-central. O giro curto posterior recebe ramos do tronco superior e artéria central, acompanhada pelas artérias pré-central e parietal anterior. O sulco central e giro longo anterior são a única região da ínsula vascularizada pelos ramos tanto do tronco superior como do tronco inferior na mesma porcentagem, sendo assim chamada de "zona de vascularização mista". O sulco central ainda recebe sangue das artérias central e parietal anterior. O giro longo anterior é irrigado também pelas artérias parietais anterior e posterior. O giro longo posterior se nutre pelos ramos do tronco inferior, responsáveis por vascularizar esse giro em 80% dos hemisférios. As artérias angular e tempo-occipital suprem exclusivamente esse giro. Quanto a vascularização dos sulcos limitantes (ou circulares) da ínsula o padrão é o que segue. O sulco circular anterior recebe sangue dos ramos do tronco superior, das artérias orbitofrontal e pré-frontal. Estas vascularizam exclusivamente esse sulco. O sulco limitante inferior recebe ramos dos troncos inferiores em 80% dos hemisférios e dos ramos precedentes em 50% dos hemisférios. Ainda, irriga-se também pelas artérias temporo-occipital e temporal posterior. Nesse sulco, podem ser encontradas as artérias perfuradas, principalmente na sua região posterior. A região do

límen é vascularizada predominantemente pela porção inicial do tronco inferior em mais de 80% dos hemisférios e recebe contribuição dos ramos precoces em 1/3 dos hemisférios. A artéria temporal média é responsável pela vascularização em 30% dos hemisférios, emitindo mais ramos para o límen da ínsula do que o tronco inferior.

Relações venosas

O sistema venoso da ínsula apresenta inúmeras variações e assimetrias. Contudo, existem algumas generalidades. O sistema venoso superficial drena a área cortical superficial da fissura silviana, enquanto o sistema venoso profundo drena a ínsula. Entre esses 2 sistemas, várias anastomoses são encontradas. O sistema venoso superficial faz-se pela veia silviana superficial. Ela corresponde à veia mais larga que drena o ramo posterior da fissura silviana e se origina como único tronco. Porém, ela pode se originar também como 2, que se juntam antes de drenar para o seio venoso. A drenagem da veia silviana superficial ocorre, em 85% dos casos, para o seio esfenoparietal. Já o restante dos casos drena para o seio cavernoso ou para esfenopetroso. As veias que drenam as regiões ao longo do ramo posterior da fissura silviana são nomeadas de acordo com a porção drenada. A da região frontal é chamada de frontossilviana, a parietal de parietossilviana; e a temporal de temporossilviana. A veia silviana superficial recebe geralmente 6 veias frontossilvianas, 4 parietossilvianas e 5 temporossilvianas. As veias frontossilvianas drenam principalmente o giro frontal inferior, a porção adjacente ao giro frontal médio e a inferior ao giro pré-central. Elas drenam também parte dos giros curtos anterior e posterior, do giro longo anterior e dos sulcos central, pré-central e do sulco circular anterior. Além disso, em 80% dos hemisférios, drenam o giro curto médio e o ápice da ínsula. As veias frontossilvianas, na maioria dos hemisférios, escoam para a veia silviana superficial. Contudo, nos hemisférios em que elas não drenam para essa veia, elas se esvaziam na veia de Trolard que conflui para o seio sagital superior. Elas apresentam mais anastomoses com as veias insulares do que as veias parietossilviana e temporossilviana. As veias parietossilvianas costumam drenar o giro pós-central e o lóbulo parietal inferior. Em 2 hemisférios, contribuem também na drenagem do giro longo anterior e do sulco insular central. Elas se esvaziam na veia silviana superficial ou nas veias que desembocam no seio sagital superior, praticamente na mesma frequência. As veias temporossilvianas drenam porção maior do que as veias frontossilviana e parietossilviana, correspondendo à área desde o polo temporal até a parte posterior final da fissura silviana. Elas contribuem também na drenagem venosa do giro longo posterior e do limite inferior do sulco. Em 15 hemisférios, elas desembocam na veia silviana superficial. No restante, elas se esvaziam tanto na veia silviana superficial como na veia de Labbé. A ínsula é drenada principalmente pelo sistema venoso profundo, representado pelas veias insulares e cerebral média profunda. Contudo, em algumas áreas, ela se drena pelas tributárias da veia silviana superficial. As veias insulares abocam predominantemente na veia cerebral média profunda. Porém, possuem anastomoses

com a veia silviana superficial na maioria dos hemisférios estudados. Segundo Tanriover et al.²⁸, a drenagem da ínsula classifica-se em 3 grupos, de acordo a área drenada: superficial, profundo e de transição. O grupo classificado como de transição drena tanto para o sistema venoso superficial como para o profundo. Contudo, abocam mais para o primeiro sistema do que para o segundo. O grupo que desemboca para o sistema venoso profundo corresponde à área do límen, sulco circular inferior, giros longos e sulco central. Para o sistema venoso superficial drenam principalmente o giro curto médio e o ápice da ínsula. A zona de transição inclui o giro curto anterior e posterior e o limite anterior do sulco. As veias insulares recebem o nome de acordo com a área drenadas: anterior, pré-central, central e posterior. A veia cerebral média profunda, que faz parte do sistema venoso profundo, forma-se pela união das veias insulares na área do límen. Esta confluência constitui-se geralmente pelas veias insulares anterior, pré-central, central e posterior, fazendo parte da formação do tronco transversal comum (Figuras 3A a 3E).



Fonte: Isolan et al.²⁹

FIGURA 3 – A) Face lateral hemisfério cerebral esquerdo (removido parte do opérculo frontoparietal para expor a ínsula): pars triangularis (1), giro curto da ínsula (2), giro longo da ínsula (3), tronco inferior da artéria cerebral média (segmento M2 – 4), trifurcação da artéria cerebral média (5), giro temporal superior (6).

Regra nº 4: Artérias lenticuloestriadas

Em relação as artérias lenticuloestriadas laterais (ALLs), elas se originam da região inferomedial do segmento M1 e percorrem a porção central e lateral da região anterior da substância perforada anterior. Elas vascularizam a substância inominada, putamen, globo pálido, núcleo caudado, cápsula interna, coroa radiada e porção lateral da comissura anterior. Elas variam de 1 a 15, não havendo relação direta com o comprimento do segmento M1 e a quantidade presente dessas artérias. A origem delas varia, surgindo geralmente da região inferomedial do segmento M1. Contudo, surgem de ramos temporais ou frontais, ou ainda dos troncos superior e inferior do segmento M2. As ALLs não se comunicam com o espaço subaracnoide.³²

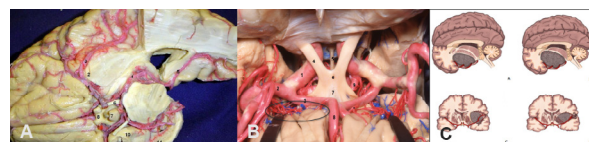
A maioria dos déficits pós-operatórios consequentes à ressecção do glioma insular atribui-se ao comprometimento das ALLs. A preservação destes vasos é atualmente crítica e desafiadora, por serem numerosos e pequenos, com curso intraparenquimatoso oculto à visualização direta durante a intervenção cirúrgica. Menor grau de deslocamento medial das ALLs

pode prever o envolvimento tumoral desses vasos, o que pressagia menor probabilidade de obtenção de ressecção total grosseira e maior probabilidade de morbidade pós-operatória. A preservação desses vasos, portanto, requer o conhecimento de sua localização durante toda a ressecção do glioma insular e se facilita por imagens pré e intraoperatórias. Entretanto, o rastreamento intraoperatório em tempo real é o padrão-ouro para a localização destes vasos.

Os gliomas insulares deslocam ou podem deslocar as ALLs.³³ Avaliação dessas artérias em relação ao tumor e à progressão da dissecação é crítica no intraoperatório, e frequentemente é desafiadora.³⁴⁻³⁷ Os exames de imagem pré-operatórios (angioCT, arteriografia, e angioressonância) podem prever a localização das ALLs em relação ao tumor e ao parênquima saudável,³⁷⁻⁴¹ porém, têm baixa acurácia. Embora microdoppler intraoperatório tenha sido testado, o padrão-ouro ainda é a visualização direta destes vasos, o que representaria o limite médio da ressecção tumoral.^{33,38-43} Estes autores estão desenvolvendo regra para definir a posição da ALLs e sua relação com a parte medial do glioma insular utilizando a imagem de RM T2 coronal. Os resultados serão publicados em breve.

Como o parênquima irrigado pelas ALLs geralmente não recebe fluxo colateral significativo, a lesão iatrogênica de um único vaso lenticuloestriado pode causar infarto ganglionar basal ou capsular interno,⁴⁴ resultando em hemiplegia.^{31,40,41,44}

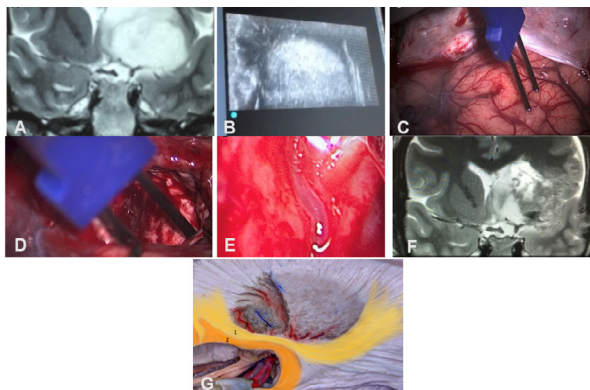
A identificação pré-operatória das ALLs pode ser efetivamente alcançada por meio do uso de angiografia de subtração digital craniana por cateter convencional, angiotomografia⁴² e várias imagens de ressonância magnética (RNM).⁴¹ As artérias lenticuloestriadas são visualizadas na ressonância como vazios de fluxo proeminentes⁴¹ e, também, avaliadas sua proximidade do tumor. A angiografia por ressonância magnética avalia de forma efetiva e direta a vasculatura intracraniana e provou ser benéfica na identificação da posição e do curso da artéria lenticuloestriada,^{38,39} conhecimento do qual aumenta significativamente a extensão viável de ressecção com segurança e reduz a morbidade concomitante de expedições operatórias sobre tumores e lesões da ínsula.^{33,40,42,45,46} A interface tumoral-parenquimatosa insular pode ser mais propriamente delimitada na sequência de T2 e FLAIR por RNM.³⁸ As suas correlações microcirúrgicas podem serem visualizadas nas Figuras 4 e 5.



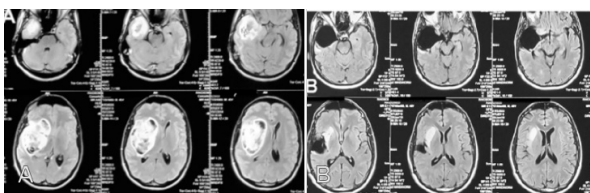
Fontes: A e B - Isolan GR²⁹; C - Isolan GR⁸

FIGURA 4 – A) Visão anatômica inferior: artéria cerebral média (segmento M1) com ramos perfurantes (artérias lenticuloestriadas – 1), límen de ínsula (2), artéria cerebral média (segmento M2 – 3), artéria cerebral posterior (4), artéria calcarina (5), nervo oculomotor (6), glândula pituitária (7), quiasma óptico (8), artéria

carótida interna (9), úncus (10), e giro denteado (11); B) visão superior das relações arteriais da fissura silviana e das artérias lenticuloestriadas (círculo); artéria carótida interna supraclinoideia (1), artéria cerebral média (M1 - 2), artéria cerebral anterior (segmento A1 - 3), nervo óptico - 4), haste hipofisária (5), quiasma óptico (6), lâmina terminalis (7), artéria cerebral anterior (segmento A2 - 8), artéria comunicante posterior, *artéria de Heubner (9); C) desenho esquemático mostrando as artérias lenticuloestriadas não englobadas (A e C) ou englobadas (B e D) pelo aspecto medial do tumor insular.



FIGURAS 5—Glioma insular à esquerda evidenciando comprometimento da região onde as lenticuloestriadas devem estar presentes: A) ecografia intraoperatória definindo as bordas do tumor; B) mapeamento cortical avaliando a posição segura para a realização da corticotomia; C) estimulação subcortical; D) visualização de artéria lenticuloestriada enquanto a estimulação subcortical ainda fornecia segurança para estender a ressecção medialmente definindo o limite anatômico medial da ressecção; E) visão intraoperatória sob microscópio cirúrgico da visualização de artéria lenticuloestriada; F) RNM em T2 no primeiro dia pós-operatório evidenciando permanência do tumor na região irrigada pelas artérias lenticuloestriadas; G) verificação do limite medial da parte anterior no hemisfério dominante para verificar a presença de parafasia durante a estimulação subcortical, ou seja, estímulo do fascículo fronto-occipital inferior (1), fascículo unciforme (2)



Fonte: Isolan et al.⁴⁷

FIGURA 6 — Ressonância magnética axial em T1 com gadolínio: A) volumoso glioma insular e o envolvimento das artérias lenticuloestriadas pelo tumor foi achado intraoperatório; B) RM axial em T1 3 meses após a operação onde a parte do tumor que envolvia as artérias lenticuloestriadas não foi ressecada.

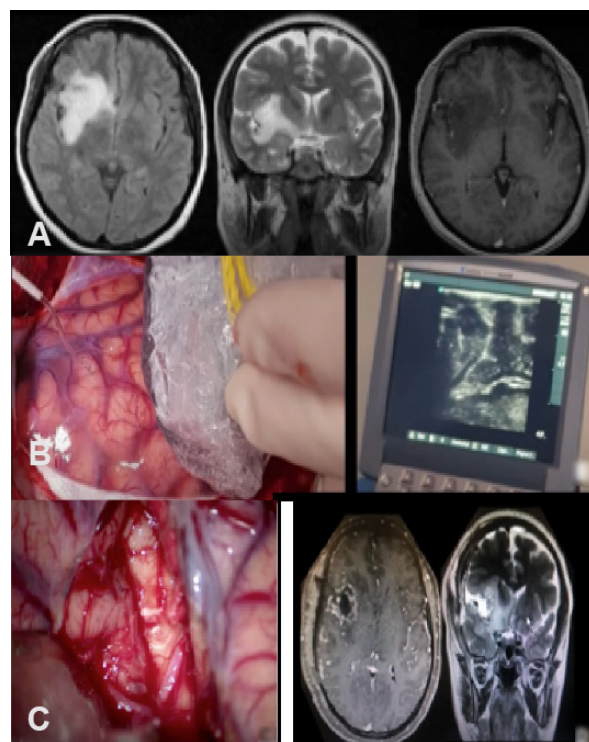


FIGURA 7 — A) RM axial em FLAIR, coronal em T2 e axial em T1 evidenciando glioma na topografia da ínsula observando-se no corte coronal em T2 que a topografia das artérias lenticuloestriadas está comprometida pelo tumor com indicação de ressecção subtotal ou “near total”; B) ecografia intraoperatória delimitando o tumor; C) ampla dissecação da fissura silviana expondo toda a extensão tumoral, não sendo necessária corticotomia; D) pós-operatório imediato evidenciando ressecção tumoral na RM axial T1 e na RM coronal T2 observando-se que a parte tumoral que envolvia as artérias lenticuloestriadas não foi manipulada durante a operação.

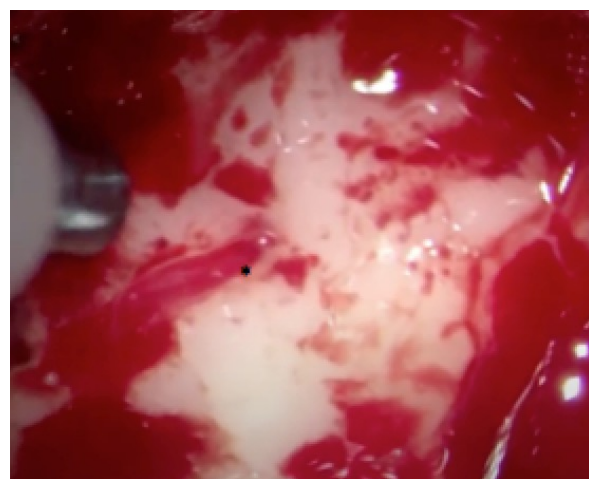


FIGURA 8 — Imagem intraoperatória mostrando artéria lenticuloestriada (*) como limite da ressecção medial do tumor

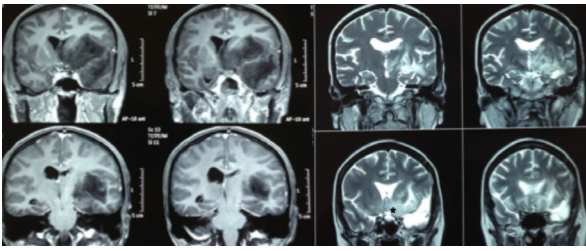


FIGURA 9 – RM coronal em T1 pré-operatória de glioma temporoinssular a esquerda (imagem a esquerda) e em T2 evidenciando o pós-operatório. Observa-se que a região tumoral relacionada as artérias lenticuloestriadas não foi ressecada (*).

REGRAS FISIOLÓGICAS

Regra nº 5: Linguagem – mapeamento cortical com o paciente acordado

Na primeira metade do século 20, Penfield^{48,49} tentou remover os focos epileptogênicos com os pacientes acordados. Após aproximadamente 750 operações dessa forma, ele propôs o moderno homúnculo neuroanatômico motor e sensorial. Ojemann⁵⁰ encontrou a primeira evidência de 1 via subsequente e subjacente da substância branca em conexão com a superfície cortical, ao descrever anomia durante a estimulação parietal subcortical e déficits repentinos em tarefas de memória ao estimular o tálamo. Mais recentemente, estimulação cortical e subcortical se tornou rotina na identificação intraoperatória as vias da substância branca críticas para as funções sensorio-motoras, visuoespaciais, de linguagem, executivas e até mesmo comportamentais.

Para apoiar este novo conceito, metanálise recente⁵⁰ estudando 8.091 pacientes submetidos à ressecção cirúrgica de glioma cerebral demonstrou que o uso de mapeamento intracirúrgico permitiu diminuição estatisticamente significativa do déficit permanente. Ademais, a extensão da ressecção foi melhorada. Por outro lado, houve taxa aumentada de ressecção de tumores em áreas eloquentes.

Tumores em hemisfério dominante com o paciente acordado

Para pacientes com tumores da ínsula localizados no hemisfério esquerdo tem-se usado a ressecção cirúrgica com o paciente acordado (“awake surgery”). Nesta técnica ele é anestesiado e utilizado propofol e remifentanil. Após realizar craniotomia, o anestésico é suspenso, o paciente extubado e respondendo a testes de linguagem (dependendo da área cortical abordada) para o neuropsicólogo que se encontra posicionado em frente a ele enquanto o cirurgião realiza estimulação cortical com 2.0 mA ou subcortical variando de 4 mA (área da fala), 7 mA e a 20 mA (para localizar distância da cápsula interna e coroa radiata).

Ao mapear a linguagem, a ressecção tumoral é suspensa quando o paciente apresenta repetições, perseveração, parafasias ou afasia (“speech arrest”- raro). Em relação a motricidade a ressecção se interrompe no momento que o paciente desenvolve incoordenação motora ou fraqueza. A técnica coincide com a empregada para os tumores no hemisfério não dominante, exceto

nos casos em que necessite de corticotomia (extensão tumoral na região posterior da ínsula ou tumores insulares que comprometam o neocórtex).

O princípio do mapeamento baseia-se no fato de lesão “virtual” transitória ser criada por estimulação elétrica para verificar a eloquência da estrutura testada. De fato, se a estimulação gerar interrupção transitória da tarefa dada ao paciente, isso significa que o tecido estimulado é funcional e não deve ser ressecado. Cada local cortical da superfície exposta é estimulado e testado 3 vezes. Em relação à linguagem, revela-se importante distinguir a parada de fala, anartria, apraxia de fala, parafasia semântica, perseveração, anomia e erros sintáticos ou distúrbios fonológicos.⁴⁶ No entanto, o mapeamento cortical não é suficiente e deve combinar com o subcortical para atingir extensão maximizada de ressecção até as vias funcionais.

Regra nº 6: Linguagem – mapeamento subcortical com o paciente acordado

Em gliomas pré-centrais no hemisfério dominante, após a identificação do local cortical motor e da linguagem no córtex pré-motor ventral (parte lateral do giro pré-central) e no giro frontal inferior, a estimulação detecta as vias da linguagem.^{51,52} Medialmente, o mapeamento subcortical identifica o fascículo subcalosal (inicia na área motora suplementar e giro cingulado até a cabeça do núcleo caudado). Ele induz afasia motora transcortical transitória durante sua estimulação, porque este trato participa da iniciação da linguagem.⁵³ Este fascículo poderia corresponder à via indireta do trato frontal de Aslant conectando a área pré-suplementar ao giro frontal inferior.⁵⁴ Posteriormente, os tratos vindos do córtex ventral pré-motor devem ser detectados e poupados, uma vez que são cruciais para a produção da fala - sua estimulação gera disartria ou anartria completa. Mais lateralmente, as conexões opérculo-insulares também devem ser identificadas, provocando parada completa da fala durante a estimulação - essas conexões estão envolvidas no planejamento da fala. Além dessas vias de linguagem locorregionais, a estimulação subcortical também permite a detecção de vias de associação de longa distância, em primeiro lugar, com a parte profunda do fascículo longitudinal superior (ou seja, o denominado fascículo arqueado - FA).⁵⁴

O fascículo longitudinal superior mostra-se como via formadora de arco ao redor da fissura silviana e conecta o lobo frontal com o temporal posterior. Em pacientes com glioma envolvendo a ínsula dominante ou giro frontal inferior, a estimulação subcortical identifica a parte anterior da FA, correndo com o assoalho anterior da cápsula externa (sob a parte superior da ínsula) para ir à porção posterior dos giros frontal inferior e média.⁵⁵ A estimulação gera sintomas transitórios observados na afasia de condução, ou seja, parafasia fonêmica e distúrbios de repetição.⁵⁶ A FA também se detectada ao nível de sua alça posterossuperior, localizada sob o giro supramarginal, em pacientes operados de glioma envolvendo o lóbulo parietal inferior. O FA constitui-se como limite profundo da ressecção no glioma temporal, porque os giros temporais inferior e médio correspondem

às suas terminações corticais posteriores. Assim, a parte posterior da terminação temporal do FA representa o limite funcional anterior na ressecção do glioma temporal posterior e, a parte anterior da terminação temporal do FA, apresenta-se como o limite funcional posterior no tumor anterior e mediotemporal. Curiosamente, o FA também parece servir à ampla rede envolvida na troca de idioma (de idioma nativo para outro, ou vice-versa). Sua estimulação pode interromper essa função, logo, mostra-se importante detectar e poupar em pacientes bilíngues.⁵⁷ Mais recentemente, erros gramaticais de gênero foram induzidos por estimulação axonal do FA esquerdo, apoiando o possível papel dessa via no processamento sintático.⁵⁸

Além do FA, a sua parte lateral também deve ser preservada. No glioma supratentorial retrocentral esquerdo, após a detecção dos locais corticais da linguagem sobre o córtex pré-motor ventral na frente do tumor, sobre o giro supramarginal e/ou giro angular atrás dele, a estimulação da rede subcortical frontoparietal correspondente gera apraxia da fala.⁴⁰ Esta alça opérculo-opercular, chamada de “parte lateral do fascículo longitudinal superior, parte III” constitui o segmento anterior da via indireta da rota fonológica dorsal, que corre paralela e lateralmente ao FA, conectando o “território de Broca” com o lobo parietal inferior “território de Geschwind”. Este subcomponente do fascículo longitudinal superior deve se preservar durante a operação, pois representa a base neural da memória de trabalho verbal.⁵⁹ Em resumo, o fascículo longitudinal superior é o núcleo da «via fonológica dorsal».⁵³

Em paralelo, a estimulação subcortical demonstra papel crucial no fascículo fronto-occipital inferior (IFOF) na “rota semântica ventral”, ao provocar distúrbios semânticos reprodutíveis quando estimulado.^{52,55} De fato, o IFOF é o maior feixe associativo em humanos, nos quais conecta o córtex occipital, áreas temporobasais e lóbulo parietal superior ao lobo frontal. Embora descrito pela primeira vez no século passado por Dejerine⁶⁰ e Curran⁶¹, essa via recebeu menor atenção por muitas décadas. Os resultados de estudo anatômico recente demonstraram que havia 2 componentes do IFOF, uma camada superficial e outra profunda.^{62,63} Com base em seus achados, Sarubbo et al.⁶⁴ hipotetizaram o IFOF como complexo “multifeixe de funções” que conecta regiões distantes e distribuídas do cérebro relacionadas à linguagem e ao processamento semântico não linguístico. De fato, a estimulação da camada superficial suscitou parafasias semânticas reprodutíveis durante o teste de linguagem, como nomeação de imagens,⁵² enquanto a estimulação da camada profunda induziu distúrbios semânticos não verbais especialmente durante a tarefa de associação semântica.⁶⁵

Juntos, esses achados originais apoiam o papel principal do IFOF na semântica multimodal,⁶⁶ explicando porque a obrigatoriedade de se identificar e preservar essa via durante a operação. Um estudo anatômico recente combinando dissecação com a tractografia mostrou que IFOF tem 5 terminações corticais anteriores: giro frontal inferior, giro frontal médio, córtex pré-frontal

dorsolateral, córtex orbitofrontal e polo frontal.⁶⁶ Assim, na prática, o glioma frontal - especialmente quando localizado dentro da pars orbitaris do giro frontal inferior e da área pré-frontal dorsolateral - a parte anterior do IFOF deve ser detectada, representando o limite profundo. O IFOF deve ser identificado durante a ressecção de glioma insular esquerdo, induzindo os mesmos sintomas (parafasias semânticas) durante a estimulação de sua parte intermediária, localizada no assoalho anterior da cápsula externa (anteroinferior ao FA e posterossuperior ao fascículo uncinado).^{67,68} Novamente, IFOF deve ser detectado em tumor temporal (desencadeando distúrbios semânticos quando estimulado) porque representa o limite profundo da ressecção - acima do teto do corno temporal do ventrículo. Ainda, o IFOF participa no julgamento de incongruência visualverbal⁶⁸ e no processamento de compreensão não verbal.⁵⁸ Em resumo, esta via é o trato principal da corrente semântica ventral.⁵³ Uma série recente dedicada ao estudo do glioma occipital mostrou que, pelo menos no hemisfério esquerdo, tanto o FA quanto o IFOF podem representar os limites anterior e profundo de ressecção quando extensa lobectomia occipital é necessária.⁶⁹

O fascículo longitudinal inferior (FLI) conecta o lobo temporal anterior com o lobo occipital e tem trajeto lateroinferior à parede do corno temporal, inferior as radiações ópticas. Com efeito, a estimulação da parte anterior do FLI, anterior a área de formação do objeto visual (ou seja, a porção basal da junção têmporo-occipital, envolvida no processamento visual de alto nível como a leitura),⁷⁰ bem como a estimulação do fascículo uncinado⁷¹ nunca gerou distúrbios de linguagem durante os teste de nomeação de figuras.⁷²

Da mesma forma, a estimulação da parte anterior do fascículo longitudinal médio, ou seja, via que conecta o giro angular ao polo temporal, passando sob o sulco temporal superior, parece não gerar distúrbios de linguagem.⁷³ Na prática, esse resultado significa a possibilidade de remover esses fascículos no glioma temporal esquerdo sem gerar afasia. Esta via indireta das áreas têmporo-occipitais para a região pré-frontal, com retransmissão no polo temporal (área têmporo-occipital, FLI, polo temporal, fascículo uncinado, áreas orbitofrontais e pré-frontais) se compensa pela via direta constituída pelo IFOF.^{74,75} No entanto, a parte posterior do FLI deve ser poupada no glioma têmporo-occipital, porque desempenha papel crucial na leitura, como demonstrado pela estimulação que eliciou parafasia visual e dislexia reprodutíveis.⁷⁶

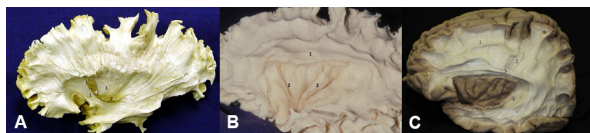
Além da estimulação da substância branca, o mapeamento dos núcleos cinzentos profundos é importante quando estão envolvidos por glioma. A estimulação da cabeça do caudado dominante gera perseverações, ou seja, a repetição do item anterior enquanto o próximo é apresentado ao paciente.

Esses dados suportam papel inibitório do caudado no controle da cognição.⁷⁷ Além disso, ao final da ressecção do glioma insular esquerdo, a estimulação da parte lateral do núcleo lentiforme induz a anartria, apoiando o provável papel dessa estrutura no planejamento da articulação, em associação com a ínsula e córtex pré-

motor ventral.⁵⁴ Por fim, deve-se ressaltar que algumas escolas preconizam a necessidade do mapeamento da linguagem intracirúrgica, tanto em nível cortical quanto subcortical, em gliomas envolvendo o hemisfério direito em pacientes canhotos e ambidestros⁷⁸ ou mesmo em alguns destros atípicos,⁷⁹ devido à possível distribuição bilateral das redes linguísticas - em regra, organização espelho de ambos os hemisférios.

Porque não acordar o paciente em gliomas insulares em hemisfério não eloquente para linguagem

Apesar de possível piora transitória pós-operatória, na experiência dos autores deste trabalho todos os pacientes se recuperaram. A recuperação é a regra, exceto em casos raros (2%) de acidente vascular cerebral profundo devido a lesão das artérias lenticuloestriadas.⁷⁰ Em gliomas insulares frontotemporal direito envolvendo os núcleos da base foi possível a realização cirúrgica, removendo o claustrum, sem quaisquer distúrbios cognitivos (apesar de seu papel observado na consciência).⁸⁰ Essa compensação pode ser explicada por recrutamento de circuitos subcorticais paralelos, como as redes pallido-luso-pallidal, estrio-nigro-estriado, cortico-estrio-nigro-tálamo-cortical e cortico-lisal.⁸¹



Fonte: Isolan et al.⁷

FIGURA 10 — A) Dissecção das fibras brancas cerebrais evidenciando as estruturas subcorticais relacionadas ao córtex insular no hemisfério esquerdo: 1) fascículo fronto-occipital inferior (IFOF), 2) claustrum, 3) cápsula extrema, e 4) putâmen; B) visão da face lateral do hemisfério cerebral esquerdo através da dissecção de fibras brancas pela técnica de Klingner: 1) fascículo arqueado, 2) fibras em “U” comunicando os giros insulares; C) face lateral do hemisfério cerebral esquerdo (após remoção da substância cinzenta e das fibras em “U”): 1) fascículo longitudinal, 2) cápsula interna, 3) fascículo arqueado, 4) sulco circular da ínsula (parte superior), 5) giro curto da ínsula, 6) stratum sagittal.

Regra nº 7: Cápsula interna – mapeamento subcortical com paciente acordado ou anestesiado

Um dos maiores desafios na cirurgia dos gliomas da ínsula é a ressecção da porção medial do tumor. Na experiência destes autores, os eventos adversos devido à lesão da cápsula interna nesta etapa da operação são 2: não reconhecimento no transoperatório das margens entre o tumor e a cápsula interna e a lesão das artérias lenticuloestriadas.

Não reconhecimento do limite medial do tumor

Historicamente, a evolução das técnicas para evitar a lesão da cápsula interna/coroa radiata em operações de gliomas da ínsula segue a evolução da própria microneurocirurgia. Embora o conhecimento da anatomia microcirúrgica tridimensional “see-through x-ray view” cunhada pelo Prof. Rhoton⁸² e os relatos anedóticos de reconhecimento da diferença entre o tecido tumoral

e o tecido cerebral normal (mediante identificação dos diferentes sons que a aspiração desses tecidos emite) demonstram a importância do mapeamento eletrofisiológico subcortical nesta etapa do procedimento. Ao passo, poder-se-ia afirmar que os gliomas pequenos - restritos a ínsula - podem ser removidos empregando-se apenas o conhecimento microanatômico do cérebro e das fibras brancas, uma vez que a identificação entre a parte medial do tumor e a porção mais lateral dos núcleos da base (principalmente nos tumores de alto grau de malignidade nos quais apresentam a coloração e consistência alteradas) seriam facilmente identificados. Porém, em alguns casos (principalmente gliomas de baixo grau) o limite entre o tumor e o tecido normal não pode ser facilmente identificado. Desta maneira, confirma-se que o mapeamento subcortical é armamentário crucial no planejamento de ressecção do cirurgião que impacte na sobrevida do paciente com glioma da ínsula.

Para tumores maiores, a monitorização subcortical (mapeamento da posição da cápsula interna e coroa radiata) é indispensável por 2 razões. Primeira, o deslocamento medial e compressão dos núcleos da base pelo tumor contra a cápsula interna, altere para distância milimétrica a parte medial do tumor e cápsula interna; nesse sentido, qualquer exploração microcirúrgica visando identificação de estruturas anatômicas nesta etapa da operação colocaria o paciente sob alto risco de déficit em hemisfério contralateral por lesão do trato corticoespinal. Segunda, os limites com a cápsula interna dos tumores mais volumosos, em sua porção anterior, mas principalmente na porção posterior, estão em íntimo contato entre si, uma vez que não existe a interface dos núcleos da base nessas regiões. A identificação da cápsula interna com estimulação subcortical é imperativa nesses casos. Com efeito, inicia-se o estímulo com 20 mA, que identifica distância aproximada de 15-20 mm do trato corticoespinal, e após o aparecimento de ondas na eletroneuromiografia do hemisfério contralateral (no paciente anestesiado) ou sintomas de parestesia ou contração muscular (no paciente acordado), baixa-se o limite e interrompe-se a ressecção quando estímulo de 7 mA obteve o potencial suficiente para estimular o trato corticoespinal. Esses estímulos devem ser realizados em toda a área da superfície medial do tumor.

Utilizando estes parâmetros, a série de tumores operados pelos autores não teve em qualquer paciente hemiparesia/hemiplegia definitiva.

Lesão das artérias lenticuloestriadas

Quando o tumor engloba as artérias lenticuloestriadas laterais (ALLs) o parâmetro usado para interromper a ressecção da parte medial do glioma da ínsula passa a ser o início da identificação destas artérias, antes da estimulação eletrofisiológica subcortical da cápsula interna. Essa mudança de paradigma é necessária porque nestes casos a lesão da cápsula interna seria antes por infarto das ALLs do que pela manipulação da cápsula interna.

Embora o padrão-ouro do envolvimento das ALLs pelo tumor seja a visão intraoperatória, a RNM em T2 corte coronal revela boa acurácia em prever o

envolvimento destes vasos pelo tumor. Estes resultados estão sendo compilados e serão apresentados pelos autores brevemente. Não se deve em hipótese alguma tentar dissecar o tumor das ALLs sob risco de causar déficit motor definitivo nos pacientes (comunicação pessoal do Dr. Hughes Duffau). Uma observação deste estudo mostra que quando existe pequenos sangramentos das veias lenticuloestriadas durante ressecção da parte medial do tumor indica que o cirurgião se encontra no limite lateral das ALLs. Outro parâmetro que pode ser usado em tumores em hemisfério dominante é que o IFOF ao ser estimulado no paciente acordado irá causar parafasia. Como esse fascículo corresponde ao limite lateral da posição das ALLs, sua identificação seria o limite da ressecção da parte medial do tumor, principalmente em sua porção mais anterior próxima ao límen da ínsula⁷.

Ilustrações de casos tratados podem ser vistas acessando o QRCode no metadado "Imagem" deste artigo.

DISCUSSÃO

O melhor tratamento para gliomas insulares é a ressecção ampla, para proporcionar aumento da sobrevida livre de doença e da qualidade de vida.^{32,40,41,70,81-83} No entanto, devido ao risco de distúrbios de linguagem no pós-operatórios, a ressecção de tumores no hemisfério dominante mostra-se mais complexa. Nesses casos, a eletroestimulação direta sob anestesia local fornece informações cruciais sobre estruturas funcionais, que por outro lado, a operação com anestesia geral não é capaz de fornecer.^{32,41,77-80} Ao considerar os fascículos arqueado e fronto-occipital inferior ligados intimamente com o lobo insular ocorre função importante no processamento fonêmico e semântico, respectivamente. A estimulação subcortical durante a operação acordada apresenta-se como o único método com o qual se identificam essas estruturas em tempo real no hemisfério dominante⁸³⁻⁸⁶. Contudo, classicamente o maior potencial de risco tanto em tumores insulares em áreas eloquentes ou não eloquentes encontra-se na lesão da cápsula interna ou coroa radiada. Embora historicamente os parâmetros anatômicos têm sido usados para localizar a proximidade da cápsula interna (início de sangramento venoso na profundidade do tumor, mudança da consistência do tecido tumoral ou o tipo de ruído causado pelo aspirador), todas essas técnicas possuem baixa acurácia para evitar lesão da cápsula interna ou coroa radiada ao se abordar a parte mais medial do tumor. Desde o início do estudo utilizou-se a estimulação cortical profunda e interrompeu-se a ressecção quando o estímulo no hemisfério contralateral era captado com 7 mA.

Gliomas de baixo grau permitem ressecções (nunca em bloco) mais anatômicas pois têm plano cirúrgico melhor entre o tumor e o tecido cerebral. Gliomas de alto grau, por outro lado, devido à sua hipervascularização e aderência às artérias (segmentos M2 e M3), exigem detalhada e meticulosa dissecção que, em muitos casos, não pode ser realizada sem causar graves sequelas. Nesses casos a avaliação sobre o prosseguir ou não a

ressecção leva-se em conta a experiência do cirurgião. Ainda, em alguns casos de glioblastoma insular optou-se por ressecar o componente tumoral do lobo temporal e realizar ressecção parcial do componente insular.

Em relação ao armamentário tecnológico utilizado em gliomas da ínsula considera-se fundamental o uso de aspirador ultrassônico (com potência ultrassônica nunca acima de 30), monitorização neurofisiológica intraoperatória e microscópio cirúrgico. Ultrassonografia intraoperatória utiliza-se em casos selecionados para localizar a parte posterior do tumor e sua relação com a fissura silviana. Não se indica neuronavegação e tampouco RNM intraoperatória devido, respectivamente, ao "brain shift" e ao parâmetro neurofisiológico de ressecção com a estimulação cortical e subcortical ser suficiente, não havendo necessidade do parâmetro anatômico em tempo real que a RNM intraoperatória proporciona.⁸⁴ Outro ponto importante, revela-se no treinamento em laboratório de microcirurgia e anatomia, visando reproduzir a operação em espécimes anatômicos previamente ao manejo cirúrgico dos pacientes.⁸⁵

De acordo com alguns autores,^{70,77} a abordagem transilviana leva à retração opercular mesmo quando a fissura silviana é amplamente dissecada. Para evitar este problema, estes autores propõem a ressecção eletiva do giro frontal inferior e/ou temporal. Essa filosofia de manejo foi utilizada nos casos de tumor estendido ao neocórtex (entenda-se giro frontal inferior ou temporal superior) e nos casos de extensão posterior do tumor ao limite mais distal da fissura silviana. Nesses casos optou-se por ressecção do giro, no hemisfério direito com o paciente anestesiado e no esquerdo com ele acordado após não demonstrar tratar-se da área eloquente com a estimulação cortical e subcortical.

De acordo com Moshel et al.⁴⁰ o estudo angiográfico pré-operatório auxilia na identificação de outra potencial fonte de sequelas na operação desses tumores, que são as artérias lenticuloestriadas. Eles observaram que tumores mais infiltrativos geralmente se estendem e englobam as ALLs, acarretando risco maior de hemiparesia no pós-operatório. Embora estes autores observem que a ressecção deva ser realizada com "extremo cuidado" - no caso de as ALLs estarem no interior da face medial do tumor -, a conduta deste estudo é identificar na RNM a existência do tumor infiltrando a região do lobo frontal basal logo acima da substância perfurada anterior. Caso exista esse achado, considera-se que as artérias estão no interior do tumor e não se deve ressecar esta parte tumoral por alto risco de lesão desses vasos (Hughes Duffau - comunicação pessoal).

Grau de ressecção tumoral

Os primeiros estudos relativos ao grau ressecção dos gliomas insulares levavam em conta a impressão intraoperatória que o cirurgião fornecia após o término da ressecção.^{78-81,84} Em um segundo momento ela foi avaliada utilizando-se medidas bidimensionais da tomografia computadorizada ou RNM pós-operatórias.⁸³ O critério de ressecção mais aceito hoje é o cálculo do volume tumoral no antes e após a ressecção através de RNM no T2 e FLAIR.^{70,83} Este critério demonstra ser

a forma mais objetiva de comparar resultados entre diferentes centros.

Monitorização intraoperatória

Pelo fato de a formação do neurocirurgião basear-se principalmente em princípios anatômicos, as técnicas de monitorização neurofisiológica intraoperatória somente começaram a fazer parte do armamentário neurocirúrgico há pouco tempo, ainda ausentes na grande maioria dos centros neurocirúrgicos brasileiros. No entanto, essa tecnologia mostra boa correlação com o pré e pós-operatório neurológico dos pacientes e alerta o cirurgião, em tempo real durante o procedimento, sobre possíveis déficits neurológicos pós-operatórios, fornecendo informações que irão acarretar, em última análise, em mudança ou não da estratégia cirúrgica. Dentro dos parâmetros usados na monitorização neurofisiológica intraoperatória estão os potenciais evocados motor e somatossensorial, que são tecnologias que permitem avaliar em tempo real o estado neurológico das funções motoras (trato corticoespinal) e sensitivas (trato somatossensorial) do paciente durante o período intraoperatório, com o objetivo de reduzir morbidade cirúrgica. Além disso, todos os nervos cranianos - com exceção do olfatório - podem ser monitorados.

O objetivo primário das técnicas de monitorização neurofisiológicas intraoperatórias é diminuir a morbimortalidade cirúrgica, através do recrutamento de informações em tempo real que reflitam o estado fisiológico das funções do SNC a serem estudadas. Isto é especialmente útil nos potenciais evocados motores utilizado no manejo cirúrgico daquelas lesões com íntima relação entre o trato corticoespinal (tais como tumores insulares, talâmicos e hipotalâmicos) e os relacionados topograficamente com a cápsula interna e coroa radiada (tumores na área motora primária, no tronco cerebral e intramedulares). Nesses casos, o cirurgião pode atuar em tempo real, sendo mais ou menos agressivo, de acordo com as informações fornecidas pelo neurofisiologista.

Os mecanismos de lesão nervosa são os seguintes: tração do tecido nervoso (direta ou indireta), compressão, isquemia, desequilíbrio eletrolítico, toxicidade, variações de temperatura e reações exotérmicas pelo uso de eletrocautério, trépano ou drill. Quanto mais precoce é a identificação da alteração, mais rápida a intervenção do cirurgião há mais chances de limitá-la ou até mesmo revertê-la. Outro fator considerado, é a possibilidade de a estimulação elétrica causar alterações nos sinais vitais durante o procedimento, como taquicardia leve consequente ao estímulo de nervos periféricos, e o aparecimento de movimentos bruscos de grande amplitude de parte ou todo o membro contralateral com redução da intensidade e/ou frequência dos estímulos. Elemento crucial no potencial evocado motor é o não uso de miorrelaxantes durante esta técnica. Os instrumentos mais utilizados para a monitorização intraoperatória são: estimulação cortical e subcortical diretas para mapeamento das funções corticais e subcorticais, potencial evocado somatossensorial e potencial evocado motor.

As estimulações elétricas transcraniana e bipolar subcortical são os métodos utilizados para a monitorização intraoperatória durante a operação. Recentemente, foi proposto protocolo para mapeamento e monitoramento quantitativo onde são utilizadas ambas as modalidades. Empiricamente, consideraram a presença de potencial de ação muscular composto após estímulo subcortical 3mA indicando a necessidade de parar a ressecção da borda medial do tumor. Nos pacientes portadores de gliomas insulares deste estudo utilizou-se o parâmetro de 10 mA para interromper essa ressecção. Porém, em sua porção central e na face medial da superfície posterossuperior do tumor utilizou-se 7 mA, pois sabe-se que essa é a porção dos gliomas insulares com contato direto com a coroa radiada. Esse é protocolo criado para maximizar a ressecção da face medial do tumor sem lesar o trato corticoespinal.

Duffau et al.⁵ realizou o mapeamento cortical e subcortical elétrico com identificação e preservação da área da linguagem em 24 pacientes com gliomas insulares do hemisfério dominante. Eles defendem o uso de procedimento consciente com mapeamento da língua intraoperatória de ressecção de gliomas de grau II localizados na ínsula dominante, a fim de minimizar o risco de afasia. Esta técnica permitiu o mapeamento para a remoção do opérculo frontal e/ou temporal de acordo com os limites funcionais em 22 pacientes, mesmo em 4 casos em que não houve envolvimento do opérculo pelo tumor. A questão da dominância hemisférica surge ao fazer o teste de Wada em todos os pacientes e, não sendo factível, realizar a RNM funcional para averiguar o lado de dominância da fala; considerar todos os pacientes destros com tumores no hemisfério esquerdo tendo este hemisfério considerado dominante para linguagem ou, como preconiza Duffau, realizar mapeamento cortical e subcortical com paciente acordado em todos os tumores insulares, localizados tanto no hemisfério direito quanto no esquerdo. Os autores deste trabalho, optaram nos últimos anos por realizar a operação acordada em todos os pacientes com tumores no hemisfério esquerdo e realizar RNM funcional naqueles sinistros com tumores no hemisfério direito.⁷⁸

Complicações

Paciente com glioma da ínsula beneficia-se de procedimento cirúrgico pois há aumento da sobrevivência, melhora das crises epiléticas refratárias ao manejo medicamentoso, melhora das funções cerebrais devido a redução do efeito de massa e, não menos importante, estabelecimento do diagnóstico histológico e molecular do tumor. No entanto, essas vantagens devem ser contra-argumentadas com as possíveis complicações da operação.⁸⁶

Excetuando-se complicações clínicas e anestésicas de todos os tipos cirúrgicos, a hemiparesia/hemiplegia e a afasia são as mais temidas. Atualmente com todo o conhecimento anatômico, neurofisiologia intraoperatória e a experiência na abordagem microcirúrgica desta complexa região do cérebro, os resultados apresentam-se bons, com sequelas definitivas em número muito reduzido.

O cirurgião deve levar em conta que aproximadamente 60% dos pacientes saem da operação com algum déficit, principalmente quando a ressecção é ampla. Porém, esses déficits regredem entre 24 h e 3 meses após o procedimento. Importante observação constatada a respeito dos gliomas da ínsula é a alteração, entre as operações, de áreas posteriormente eloquentes (por exemplo, alterações de linguagem com estimulação cortical direta). Este fenômeno é atribuído a neuroplasticidade cerebral que os gliomas, mesmo em uma primeira operação, são capazes de estimular nos circuitos cerebrais.

A hemiparesia acontece por 3 motivos: infarto arterial ou venoso afetando o córtex motor primário (raro, não identificado em nenhum caso na série desse estudo), lesão direta da cápsula interna durante ressecção da parte medial do tumor (1 caso dentre 44 operações da ínsula) ou lesão das artérias lenticuloestriadas na região frontobasal quando acometida por tumor (2 casos). Nessa última situação, a porção tumoral que acomete esta área deve ser mantida intacta deixando-se pequeno remanescente tumoral.

CONCLUSÃO

A anatomia microcirúrgica do lobo da ínsula e seu estudo pelo método tridimensional fornece visão mais realista sobre as relações neurais e vasculares desta região. A correlação anatômica com as operações de tumores neste local são importante ferramenta para avaliação da anatomia distorcida por doença. Ademais, nos tumores insulares, além da importância em se ter grande domínio anatômico, deve-se ter conhecimento da utilização e interpretação em tempo real dos achados de monitorização neurofisiológica intraoperatória. O manejo atual necessita disseções em laboratório de microcirurgia, utilização de monitorização neurofisiológica intraoperatória e na análise crítica dos estudos publicados por outros autores, obtendo assim a construção de fluxograma racional para os pacientes.

Contribuição dos autores

Conceituação: Gustavo Rassier Isolan
Análise formal: Samir Ale Bark
Investigação: Viviane Aline Buffon
Metodologia: Viviane Aline Buffon
Administração do projeto: Samir Ale Bark
Supervisão: Lia Grub Becker
Redação (esboço original): Todos os autores
Redação (revisão e edição): Todos os autores

REFERÊNCIAS

1. Yaşargil MG, von Ammon K, Cavazos E, Doczi T, Reeves JD, Roth P. Tumours of the limbic and paralimbic systems. *Acta Neurochir (Wien)*. 1992;118:40-52. <https://doi.org/10.1007/BF01400725>
2. Isolan GR, Antunes ACM, Dini LI, Stefani MA, da Costa CRF, Falcetta F, et al. Insular Gliomas. General Aspects and Surgical Technique. *J Bras. Neurocirurg*. 2008;19(4):7-13. <https://doi.org/10.22290/jbnc.v19i4.689>
3. Vanacôr CN, Isolan GR, Yu YH, Telles JPM, Oberman DZ, Rabelo NN, et al. Microsurgical anatomy of language. *Clin Anat*. 2021;34(1):154-68. <https://doi.org/10.1002/ca.23681>
4. Yordanova Y, Moritz-Gasser S, Duffau H. Awake surgery for WHO Grade II gliomas within "noneloquent" areas in the left dominant hemisphere: toward a "supratotal" resection. *Clinical article. J Neurosurg*. 2011;115(2):232-9. <https://doi.org/10.3171/2011.3.JNS101333>
5. Duffau H. Lessons from brain mapping in surgery for low-grade glioma: insights into associations between tumour and brain plasticity. *Lancet Neurol*. 2005;4(8):476-86. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(05\)70140-X](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(05)70140-X)
6. Ojemann G, Ojemann J, Lettich E, Berger MS. Cortical language localization in left, dominant hemisphere. An electrical stimulation mapping investigation in 117 patients. *J Neurosurg*. 1989;71(3):316-26. <https://doi.org/10.3171/jns.1989.71.3.0316>
7. Isolan GR, Buffon VA, Maldonado I, Monteiro JM, Yağmurlu K, Ribas CAPM, et al. Avoiding vascular complications in insular glioma surgery—A microsurgical anatomy study and critical reflections regarding intraoperative findings. *Front Surg*. 2022;9:906466. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2022.906466>
8. Isolan GR, Rodrigues EM, Marques VMO, Becker LG, Dini LI. Conceitos técnicos para evitar a lesão das radiações ópticas na abordagem para a região mesial do lobo temporal. *Jornal Brasileiro De Neurocirurgia*. 2021;32(1):29-49.
9. Isolan GR, Marrone ACH, Marrone LCP, Stefani MA, da Costa JC, Telles JPM, et al. Vascularization of the uncus—Anatomical study and clinical implications. *Surg Neurol Int*. 2021;12:393. https://doi.org/10.25259/SNI_616_2021
10. Isolan GR, Campero A, Dini L, Farina E, Frigeri T, Dini LI. El lobulo de la ínsula parte 2: anatomia microquirúrgica e correlación clínico-quirúrgica. *Surg Neurol Int*. 2020.
11. Isolan GR, Stefani MA, Schneider FL, Claudino HA, Yu YH, Choi GG. Hippocampal vascularization: Proposal for a new classification. *Surg Neurol Int*. 2020;11(suppl 1):S37-52. https://doi.org/10.25259/SNI_679_2020
12. Pitanguy I, Ramos AS. The frontal branch of the facial nerve: The importance of its variations in face lifting. *Plast Reconstr Surg*. 1966;38(4):352-6. <https://doi.org/10.1097/00006534-196610000-00010>
13. Bernstein L, Nelson RH. Surgical anatomy of the extraparotid distribution of the facial nerve. *Arch Otolaryngol*. 1984;110(3):177-183. <https://doi.org/10.1001/archotol.1984.00800290041009>
14. Freilinger G, Gruber H, Happak W, Pechmann U. Surgical anatomy of the mimic muscle system and the facial nerve: importance for reconstructive and aesthetic surgery. *Plast Reconstr Surg*. 1987;80(5):686-90. <https://doi.org/10.1097/00006534-198711000-00005>
15. Gosain AK, Sewall SR, Yousif NJ. The temporal branch of the facial nerve: how reliably can we predict its path? *Plast Reconstr Surg*. 1997;99(5):1224-33. <https://doi.org/10.1097/00006534-199704001-00003>
16. Ozersky D, Baek SM, Biller HF. Percutaneous identification of the temporal branch of the facial nerve. *Ann Plast Surg*. 1980;4(4):276-80. <https://doi.org/10.1097/00006534-198004000-00002>
17. Sabini P, Wayne I, Quatela VC. Anatomical guides to precisely localize the frontal branch of the facial nerve. *Arch Facial Plast Surg*. 2003;5(2):150-52. Doi: 10.1001/archfaci.5.2.150
18. Rudolph R. Depth of the facial nerve in face lift dissection. *Plast Reconstr Surg*. 1990;85(4):537-44. <https://doi.org/10.1097/00006534-199004000-00008>
19. Campiglio GL, Candiani P. Anatomical study on the temporal fascial layers and their relationships with the facial nerve. *Aesthetic Plast Surg*. 1997;21(2):69-74. <https://doi.org/10.1007/s002669900086>
20. Salas E, Ziyal IM, Bejjani GK, Sekhar LN. Anatomy of the frontotemporal branch of the facial nerve and indications for interfascial dissection. *Neurosurgery*. 1998;43(3):563-68. <https://doi.org/10.1097/00006123-199809000-00089>
21. Liebman EP, Webster RC, Berger AS, DellaVecchia M. The frontalis nerve in the temporal brow lift. *Arch Otolaryngol*. 1982;108(4):232-35. <https://doi.org/10.1001/archotol.1982.00790520032009>
22. Stuzin JM, Wagstrom L, Kawamoto HK, Wolfe SA. Anatomy of the frontal branch of the facial nerve: the significance of the temporal fat pad. *Plast Reconstr Surg*. 1989;83(2):265-75. <https://doi.org/10.1097/00006534-198902000-00011>
23. Wen HT, de Oliveira E, Tedeschi H, Andrade FC Jr, Rhoton AL. The pterional approach: Surgical anatomy, operative technique, and rationale. *Oper Tech Neurosurg*. 2001;4(2):60-72. <https://doi.org/10.1053/otns.2001.25567>
24. Abul-Hassan HS, von Drasek Ascher G, Acland RD. Surgical anatomy and blood supply of the fascial layers of the temporal region. *Plast Reconstr Surg*. 1986;77(1):17-28

25. Coscarella E, Vishteh AG, Spetzler RF, Seoane E, Zabramski JM. Subfascial and submuscular methods of temporal muscle dissection and their relationship to the frontal branch of the facial nerve. Technical note. *J Neurosurg.* 2000;92(5):877-80. <https://doi.org/10.3171/jns.2000.92.5.0877>
26. Yasargil MG, Reichman MV, Kubik S. Preservation of frontotemporal branch of the facial nerve using the interfascial temporalis flap for pterional craniotomy. Technical article. *J Neurosurg.* 1987;67(3):463-66. <https://doi.org/10.3171/jns.1987.67.3.0463>
27. Krayenbühl N, Isolani GR, Hafez A, Yaşargil MG. The relationship of the fronto-temporal branches of the facial nerve to the fascias of the temporal region: a literature review applied to practical anatomical dissection. *Neurosurg Rev.* 2007 Jan;30(1):8-15; discussion 15. <https://doi.org/10.1007/s10143-006-0053-5>. Epub 2006 Nov 10. PMID: 17096156.
28. Tanriover N, Rhoton-Junior AL, Kawashima M, Ulm AJ, Yasuda A. Microsurgical anatomy of the insula and the sylvian fissure. *J Neurosurg.* 2004;100(5):891-922. <https://doi.org/10.3171/jns.2004.100.5.0891>
29. Isolani GR, Campero A, Ajler P, Farina EM, Frigeri TM, Dini LI. Parte I: Anatomía microquirúrgica tridimensional de la insula. *Surgical Neurology International.* 2020; 11 (Suppl 1):S21-S36.
30. Isolani GR, Aguiar PHP, Aires R, Meister C, Stefani MA. Middle Cerebral Artery pseudotetrafurcation: anatomical report and review of Middle cerebral artery variations. *Neurosurgery Quarterly.* 2010;20(4):284-7. <https://doi.org/10.1097/WNQ.0b013e3182012d98>
31. Türe U, Yasargil MG, Al-Mefty O, Yasargil DC. Arteries of the insula. *J Neurosurg.* 2000;92:676-87. <https://doi.org/10.3171/jns.2000.92.4.0676>
32. Duffau H, Moritz-Gasser S, Gatignol P. Functional outcome after language mapping for insular World Health Organization Grade II gliomas in the dominant hemisphere: experience with 24 patients. *Neurosurg Focus.* 2009;27(2):E7. <https://doi.org/10.3171/2009.5.FOCUS0938>
33. Šteňo A, Jezberová M, Holý V, Timárová G, Šteňo J. Visualization of lenticulostriate arteries during insular low grade glioma surgeries by navigated 3D ultrasound power Doppler: Technical note. *J Neurosurg.* 2016;125:1016-23. <https://doi.org/10.3171/2015.10.JNS151907>
34. Rey Dios R, Cohen Gadol AA. Technical nuances for surgery of insular gliomas: Lessons learned. *Neurosurg Focus.* 2013;34(2):E6. <https://doi.org/10.3171/2012.12.FOCUS12342>
35. Vanaclocha V, Sáiz Sopena N, García Casasola C. Surgical treatment of insular gliomas. *Acta Neurochir (Wien).* 1997;139(12):1126-34. <https://doi.org/10.1007/BF01410972>
36. Ebeling U, Kothbauer K. Circumscribed low grade astrocytomas in the dominant opercular and insular region: A pilot study. *Acta Neurochir (Wien).* 1995;132:66-74. <https://doi.org/10.1007/BF01404850>
37. Schätz CR, Kreth FW, Faist M, Warnke PC, Volk B, Ostertag CB. Interstitial 125 iodine radiosurgery of low-grade gliomas of the insula of Reil. *Acta Neurochir (Wien).* 1994;130:80-9. <https://doi.org/10.1007/BF01405506>
38. Bykanov AE, Pitshkelauri DI, Pronin IN, Tonoyan AS, Kornienko VN, Zakharova NE, et al. 3D TOF MR angiography with high spatial resolution for surgical planning in insular lobe gliomas. *Zh Vopr Neirokhir Im N N Burdenko.* 2015;79(3):5-14. <https://doi.org/10.17116/neiro20157935-14>
39. Saito R, Kumabe T, Inoue T, Takada S, Yamashita Y, Kanamori M, et al. Magnetic resonance imaging for preoperative identification of the lenticulostriate arteries in insular glioma surgery. Technical note. *J Neurosurg.* 2009;111:278-81. <https://doi.org/10.3171/2008.11.JNS08858>
40. Moshel YA, Marcus JD, Parker EC, Kelly PJ. Resection of insular gliomas: The importance of lenticulostriate artery position. *J Neurosurg.* 2008;109:825-34. <https://doi.org/10.3171/JNS/2008/109/11/0825>
41. Lang FF, Olansen NE, DeMonte F, Gokaslan ZI, Holland EC, Kalthorn C, et al. Surgical resection of intrinsic insular tumors: Complication avoidance. *J Neurosurg.* 2001;95:638-50. <https://doi.org/10.3171/jns.2001.95.4.0638>
42. Rao AS, Thakar S, Sai Kiran NA, Aryan S, Mohan D, Hegde AS. Analogous three-dimensional constructive interference in steady state sequences enhance the utility of three-dimensional time of flight magnetic resonance angiography in delineating lenticulostriate arteries in insular gliomas: Evidence from a prospective clinico-radiologic analysis of 48 patients. *World Neurosurg.* 2018;109:426-33. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2017.09.199>
43. Duffau H. A personal consecutive series of surgically treated 51 cases of insular WHO grade II glioma: Advances and limitations. *J Neurosurg.* 2009;110:696-708. <https://doi.org/10.3171/2008.8.JNS08741>
44. Hentschel SJ, Lang FF. Surgical resection of intrinsic insular tumors. *Neurosurgery.* 2005;57:176-83. <https://doi.org/10.3171/jns.2001.95.4.0638>
45. Gibo H, Carver CC, Rhoton AL Jr, Lenkey C, Mitchell RJ. Microsurgical anatomy of the middle cerebral artery. *J Neurosurg.* 1981;54(2):151-69. <https://doi.org/10.3171/jns.1981.54.2.0151>
46. Duffau H, Gatignol P, Mandonnet E, Peruzzi P, Tzourio-Mazoyer N, Capelle L. New insights into the anatomo-functional connectivity of the semantic system: a study using cortico-subcortical electrostimulations. *Brain.* 2005;128:797-810. <https://doi.org/10.1093/brain/awh423>
47. Isolani GR, Marth V, Frizon L, Dini L, Dini S, Yamaki VN, et al. Surgical treatment of drug-resistant epilepsy caused by gliomas in eloquent areas: experience report. *Arq Neuropsiquiatr.* 2019;77(11):797-805. <https://doi.org/10.1590/0004-282X20190160>
48. Crichton P, Crichton J. Penfield's homunculus. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1994;57(4):525. <https://doi.org/10.1136/jnnp.57.4.525>
49. Matias CM. Edwin Boldrey and Wilder Penfield's Homunculus: From Past to Present. *World Neurosurg.* 2020;135:14-15. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2019.11.144>
50. Duffau H, Moritz-Gasser S, Mandonnet E. A re-examination of neural basis of language processing: proposal of a dynamic hodotopical model from data provided by brain stimulation mapping during picture naming. *Brain Lang.* 2014;131:1-10. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2013.05.011>
51. Duffau H, Capelle L, Denvil D, Gatignol P, Sichez N, Lopes M, et al. The role of dominant premotor cortex in language: a study using intraoperative functional mapping in awake patients. *NeuroImage.* 2003;20:1903-14. [https://doi.org/10.1016/s1053-8119\(03\)00203-9](https://doi.org/10.1016/s1053-8119(03)00203-9)
52. Duffau H, Gatignol P, Mandonnet E, Capelle L, Taillandier L. Intraoperative subcortical stimulation mapping of language pathways in a consecutive series of 115 patients with Grade II glioma in the left dominant hemisphere. *J Neurosurg.* 2008;109:461-71. <https://doi.org/10.3171/JNS/2008/109/9/0461>
53. Thiebaut de Schotten M, Dell'Acqua F, Valabregue R, Catani M. Monkey to human comparative anatomy of the frontal lobe association tracts. *Cortex.* 2012;48:82-96. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2011.10.001>
54. Maldonado IL, Moritz-Gasser S, Duffau H. Does the left superior longitudinal fascicle subserve language semantics? A brain electrostimulation study. *Brain Struct Funct.* 2011;216:263-74. <https://doi.org/10.1007/s00429-011-0309-x>
55. Duffau H, Capelle L, Sichez N, Denvil D, Lopes M, Sichez JP, et al. Intraoperative mapping of the subcortical language pathways using direct stimulations. An anatomofunctional study. *Brain.* 2002;125:199-214. <https://doi.org/10.1093/brain/awf016>
56. Moritz-Gasser S, Duffau H. The anatomo-functional connectivity of word repetition: insights provided by awake brain tumor surgery. *Front Hum Neurosci.* 2013;7:405. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00405>
57. Moritz-Gasser S, Duffau H. Evidence of a large-scale network underlying language switching: a brain stimulation study. *J Neurosurg.* 2009;111:729-732. <https://doi.org/10.3171/2009.4.JNS081587>
58. Vidorreta JG, Garcia R, Moritz-Gasser S, Duffau H. Double dissociation between syntactic gender and picture naming processing: a brain stimulation mapping study. *Hum Brain Mapp.* 2011;32:331-40. <https://doi.org/10.1002/hbm.21026>
59. Duffau H, Gatignol P, Denvil D, Lopes M, Capelle L. The articulatory loop: study of the subcortical connectivity by electrostimulation. *Neuroreport.* 2003;14:2005-2008. <https://doi.org/10.1097/00001756-200310270-00026>
60. Dejerine JJ. Anatomie des Centres Nerveux. 1895.
61. Curran EJ. A new association fiber tract in the cerebrum. *J Comp Neurol.* 1909; 19:645-656.
62. Martino J, Brogna C, Robles SG, Vergani F, Duffau H. Anatomic dissection of the inferior fronto-occipital fasciculus revisited in the lights of brain stimulation data. *Cortex.* 2010;46:691-9. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2009.07.015>
63. Martino J, De Witt Hamer PC, Berger MS, Lawton MT, Arnold CM, de Lucas EM, et al. Analysis of the subcomponents and cortical terminations of the perisylvian superior longitudinal fasciculus: a fiber dissection and DTI tractography study. *Brain Struct Funct.* 2013;218:105-21. <https://doi.org/10.1007/s00429-012-0386-5>

64. Sarubbo S, De Benedictis A, Maldonado IL, Basso G, Duffau H. Frontal terminations for the inferior fronto-occipital fascicle: anatomical dissection, DTI study and functional considerations on a multi-component bundle. *Brain Struct Funct*. 2013;218(1):21-37. <https://doi.org/10.1007/s00429-011-0372-3>
65. Moritz-Gasser S, Herbet G, Duffau H. Mapping the connectivity underlying multimodal (verbal and non-verbal) semantic processing: a brain electrostimulation study. *Neuropsychologia*. 2013;51:1814-22. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2013.06.007>
66. Almairac F, Herbet G, Moritz-Gasser S, Menjot de Champfleury N, Duffau H. The left inferior fronto-occipital fasciculus subserves language semantics: a multilevel lesion study. *Brain Struct Funct*. 2014;220(4):1983-95. <https://doi.org/10.1007/s00429-014-0773-1>
67. Sanai N, Polley MY, Berger MS. Insular glioma resection: assessment of patient morbidity, survival, and tumor progression. *J Neurosurg*. 2010;112(1):1-9. <https://doi.org/10.3171/2009.6.JNS0952>
68. Plaza M, Gatignol P, Cohen H, Berger B, Duffau H. A discrete area within the left dorsolateral prefrontal cortex involved in visual-verbal incongruence judgment. *Cereb Cortex*. 2008;18(6):1253-9. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhm169>
69. Viegas C, Moritz-Gasser S, Rigau V, Duffau H. Occipital WHO grade II gliomas: oncological, surgical and functional considerations. *Acta Neurochir (Wien)*. 2011;153:1907-17. <https://doi.org/10.1007/s00701-011-1125-z>
70. Mandonnet E, Gatignol P, Duffau H. Evidence for an occipito-temporal tract underlying visual recognition in picture naming. *Clin Neurol Neurosurg*. 2009;111:601-5. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2009.03.007>
71. Mandonnet E, Nouet A, Gatignol P, Capelle L, Duffau H. Does the left inferior longitudinal fasciculus play a role in language? A brain stimulation study. *Brain*. 2007;130:623-9. <https://doi.org/10.1093/brain/awl361>
72. Papagno C, Miracapillo C, Casarotti A, Romero Lauro LJ, Castellano A, Falini A, et al. What is the role of the uncinata fasciculus? Surgical removal and proper name retrieval. *Brain*. 2011;134:405-14. <https://doi.org/10.1093/brain/awq283>
73. De Witt Hamer P, Moritz-Gasser S, Gatignol P, Duffau H. Is the human left middle longitudinal fascicle essential for language? A brain electrostimulation study. *Hum Brain Mapp*. 2011;32:962-73. <https://doi.org/10.1002/hbm.21082>
74. Duffau H, Thiebaut de Schotten M, Mandonnet E. White matter functional connectivity as an additional landmark for dominant temporal lobectomy. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2008;79:492-5. <https://doi.org/10.1136/jnnp.2007.121004>
75. Duffau H, Herbet G, Moritz-Gasser S. Toward a pluri-component, multimodal, and dynamic organization of the ventral semantic stream in humans: lessons from stimulation mapping in awake patients. *Front Syst Neurosci*. 2013;7:44. <https://doi.org/10.3389/fnsys.2013.00044>
76. Gil Robles S, Carvallo A, Jimenez Mdel M, Gomez CA, Martinez R, Ruiz-Ocaña C, et al. Double dissociation between visual recognition and picture naming: a study of the visual language connectivity using tractography and brain stimulation. *Neurosurgery*. 2013;72:678-86. <https://doi.org/10.1227/NEU.0b013e318282a361>
77. Gil Robles S, Gatignol P, Capelle L, Mitchell MC, Duffau H. The role of dominant striatum in language: a study using intraoperative electrical stimulations. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2005;76:940-6. <https://doi.org/10.1136/jnnp.2004.045948>
78. Duffau H, Leroy M, Gatignol P. Cortico-subcortical organization of language networks in the right hemisphere: an electrostimulation study in left-handers. *Neuropsychologia*. 2008;46:3197-209. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2008.07.017>
79. Vassal M, Le Bars E, Moritz-Gasser S, Menjot N, Duffau H. Crossed aphasia elicited by intraoperative cortical and subcortical stimulation in awake patients. *J Neurosurg*. 2010;113:1251-8. <https://doi.org/10.3171/2010.6.JNS10719>
80. Duffau H, Mandonnet E, Gatignol P, Capelle L. Functional compensation of the claustrum: lessons from low-grade glioma surgery. *J Neurooncol*. 2007;81:327-9. <https://doi.org/10.1007/s11060-006-9236-8>
81. Duffau H, Denvil D, Capelle L. Absence of movement disorders after surgical resection of glioma invading the right striatum. *J Neurosurg*. 2002;97:363-9. <https://doi.org/10.3171/jns.2002.97.2.0363>
82. Matsushima T, Lister JR, Matsushima K, de Oliveira E, Timurkaynak E, Peace DA, et al. The history of Rhoton's Lab. *Neurosurg Rev*. 2019;42(1):73-83. <https://doi.org/10.1007/s10143-017-0902-4>
83. Duffau H. The Conceptual Limitation to Relying on Intraoperative Magnetic Resonance Imaging in Glioma Surgery. *World Neurosurg*. 2014;82(5):601-3. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2014.03.024>
84. Oldfield RC. The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*. 1971;9:97-113. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(71\)90067-4](https://doi.org/10.1016/0028-3932(71)90067-4)
85. Duffau H, Mandonnet E. The "onco-functional balance" in surgery for diffuse low-grade glioma: integrating the extent of resection with quality of life. *Acta Neurochir (Wien)*. 2013;155(6):951-7. <https://doi.org/10.1007/s00701-013-1653-9>
86. Yordanova Y, Moritz-Gasser S, Duffau H. Awake surgery for WHO grade II gliomas within "noneloquent" areas in the left dominant hemisphere: toward a "supratotal" resection. *J Neurosurg*. 2011;115:232-9. <https://doi.org/10.3171/2011.3.JNS101333>