

Gliomas da ínsula: revisão anatômica e sua correlação com a extensão da ressecção, morbidade e sobrevida

Gliomas of the insula: anatomical approach and its correlation with extent of resection, morbidity and survival

Viviane Aline Buffon¹, Gustavo Rassier Isolan^{2,3}, Bernardo Barbosa⁴, Jose Nazareno Pearce de Oliveira Brito^{4,8}, Ricardo Lopes de Araújo⁵, Timoteo Abrantes de Lacerda Almeida^{6,7}

RESUMO

Introdução: A ínsula apresenta anatomia complexa. A escolha de corredores transsilviano ou transcortical para ressecção de gliomas insulares permanece controversa, e as principais preocupações são a lesão vascular durante a dissecação transilviana e o comprometimento funcional no acesso transcortical.

Objetivo: Revisar a anatomia da ínsula e comparar se há diferença entre a extensão da ressecção, a morbimortalidade pós-operatória e a sobrevida entre as 2 abordagens.

Métodos: Revisão feita colhendo informações publicadas em plataformas virtuais em português e inglês. Inicialmente foi realizada busca por descritores relacionados ao tema "gliomas da ínsula, mapeamento cerebral, acesso transilviano, acesso transcortical, extensão da ressecção e técnica cirúrgica", e seus equivalentes em inglês, com busca AND ou OR, considerando o título e/ou resumo. Após, foram incluídos somente os que tinham maior relação ao tema, e realizada a leitura da íntegra dos textos. Finalmente foram referidos 87 artigos.

Resultados: Não se evidenciou diferença entre as abordagens transilviana e transcortical com relação à extensão da ressecção, morbidade pós-operatória e sobrevida.

Conclusão: A discussão entre as diferentes escolas de tipos de abordagem é inócua, sendo mais ideológica, visto que refletem a rotina de diferentes grupos de neurocirurgiões e não é baseada em argumentos estatísticos.

PALAVRAS-CHAVE: Gliomas da ínsula. Mapeamento cerebral. Acesso transilviano. Acesso transcortical. Extensão de ressecção. Técnica cirúrgica.



Ínsula: 1) sulco central; 2) opérculo frontal; 3) giros curtos; 4) sulco central; 5) giros longos; 6) giro temporal médio

Mensagem Central

A ínsula apresenta anatomia complexa. A escolha de corredores transilviano ou transcortical para ressecção de gliomas insulares permanece controversa, e as principais preocupações são a lesão vascular durante a dissecação transilviana e o comprometimento funcional no acesso transcortical. Esta revisão procura revisar a anatomia da ínsula e verificar se há diferença entre a extensão da ressecção, a morbimortalidade pós-operatória e a sobrevida entre as 2 abordagens

Perspectiva

Não ficou evidenciada diferença entre as abordagens transilviana e transcortical com a extensão da ressecção em gliomas insulares e, também não, quanto à morbidade pós-operatória. Nesta mesma perspectiva, não existiu correlação entre o tipo de abordagem utilizada com a sobrevida. Deste modo, conclui-se que a discussão entre as diferentes escolas de tipos de abordagem é inócua, sendo mais ideológica, visto que refletem a rotina de diferentes grupos de neurocirurgiões e não é baseada em argumentos estatísticos.

ABSTRACT

Introduction: The insula has complex anatomy. The choice of transylvian or transcortical corridors for resection of insular gliomas remains controversial, and the main concerns are vascular injury during transylvian dissection and functional compromise in the transcortical approach.

Objective: To review the anatomy of the insula and compare whether there is a difference between the extent of resection, postoperative morbidity and mortality, and survival between the 2 approaches.

Methods: Review carried out collecting information published on virtual platforms in Portuguese and English. Initially, a search was done for descriptors related to the topic "insula gliomas, brain mapping, transylvian access, transcortical access, extent of resection and surgical technique", with AND or OR search, considering the title and/or abstract. Afterwards, only those that were most related to the topic were included, and the texts were read in full. Finally, 87 articles were mentioned.

Results: There was no difference between the transylvian and transcortical approaches regarding the extent of resection, postoperative morbidity and survival.

Conclusion: The discussion between the different schools of approach types is harmless, being more ideological, as they reflect the routine of different groups of neurosurgeons and is not based on statistical arguments.

KEYWORDS: Insula gliomas. Brain mapping. Transylvian. Transcortical. Extent of resection. Surgical technique.

INTRODUÇÃO

A ínsula é um lobo cerebral localizado profundamente no sulco lateral, encoberto pelos opérculos frontal, parietal e temporal. Além disso, pronunciados feixes de fibras subcorticais, incluindo o fascículo uncinado e o arqueado, conectam-na às regiões fronto-orbital, temporopolar e temporal.

Os gliomas do lobo da ínsula são lesões cuja ressecção é tecnicamente desafiadora devido à complexidade da anatomia da região, a íntima relação com a cápsula interna, áreas de linguagem, artéria cerebral média e artérias lenticuloestriadas.¹

Considerando-se a curva evolutiva da neurocirurgia moderna, o lobo da ínsula, assim como o seio cavernoso e outras regiões de anatomia complexa eram há pouco tempo consideradas “No man’s land”. Em relação à cirurgia para tumores da ínsula, o trabalho inovador de Yasargil et al.² publicado em 1992 com 177 casos, evidenciou que a remoção de tumores envolvendo a ínsula eram, na verdade, menos arriscados do que inicialmente se considerava a partir do momento em que foram somados ao arsenal neurocirúrgico, o conhecimento profundo da anatomia, as técnicas microcirúrgicas sob visão microscópica e os avanços da neuroanestesia. Pode-se acrescentar, mais recentemente, o mapeamento cerebral como avanço tornou ainda maior as possibilidades de ressecção dos tumores da ínsula. O mapeamento cortical e subcortical intraoperatório veio para somar às melhorias tecnológicas e conceitos existentes, tornando as operações para tumores cerebrais em áreas eloquentes mais seguras.³⁻⁷

Duas escolas com diferentes filosofias neurocirúrgicas orientam a ressecção destes tumores. Uma preconiza a abordagem transilviana baseando-se acima de tudo no conhecimento de anatomia microcirúrgica.^{2,8,9} Outra preconiza abordagem transcortical baseando-se quase que exclusivamente na fisiologia cerebral mediante mapeamento cortical e subcortical com o paciente acordado no ato operatório.¹⁰⁻¹²

Assim, em relação aos gliomas da ínsula, esta revisão anatômica e cirúrgica pretende correlacionar o tipo de abordagem utilizada com a extensão da ressecção, a morbidade pós-operatória, e a sobrevida.

MÉTODO

A revisão da literatura foi feita colhendo informações publicadas em plataformas virtuais em português e inglês, entre 1985 e 2022. O material para leitura e análise foi selecionado das plataformas SciELO – Scientific Electronic Library Online, Google Scholar, Pubmed e Scopus. Inicialmente foi realizada busca por descritores relacionados ao tema, os quais foram identificados por meio do DeCS utilizando os seguintes termos: “gliomas da ínsula, mapeamento cerebral, acesso transilviano, acesso transcortical, extensão da ressecção e técnica cirúrgica”, e seus equivalentes em inglês “insula gliomas, brain mapping, transylvian, transcortical, extent of resection, surgical technique” com busca AND ou OR, considerando o título e/ou resumo. Após, considerando-se somente os que tinham maior relação ao tema, foi

realizada a leitura da íntegra dos textos e finalmente incluídos 87 artigos.

RESULTADOS

O lobo da ínsula, ou ínsula, é conhecido como o “lobo escondido” pela superfície lateral do cérebro. Está localizada profundamente no sulco lateral ou fissura silviana, encoberta pelos opérculos frontal (fronto-orbital), parietal (frontoparietal) e temporal, durante a fase embrionária. De modo que em visão lateral do cérebro, são observados somente os lobos frontal, parietal, occipital e temporal. Além disso, pronunciados feixes de fibras subcorticais, incluindo o fascículo uncinado e o fascículo arqueado, conectam a ínsula às regiões fronto-orbital, temporopolar e à região temporal mesial.

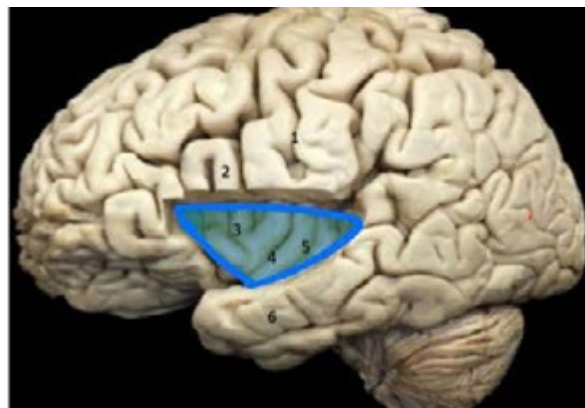
Sendo assim, várias estruturas anatômicas responsáveis por déficits neurológicos severos estão intimamente relacionadas com a cirurgia na ínsula, tais como lesões da artéria cerebral média, da cápsula interna, das áreas de linguagem e das artérias lenticuloestriadas. Esta complexa anatomia do lobo da ínsula é que faz dela uma das regiões de maior complexidade cirúrgica do corpo humano.

Embora a sua anatomia seja complexa,^{2,6,10,13-28} vários estudos recentes têm demonstrado que é possível remover tumores insulares com baixa incidência de complicações.²⁹⁻³²

Anatomia da ínsula

Aspectos gerais

Inicialmente descrita, em meados de 1786, por Vicq d’Azyr como as “convoluções situadas entre a fissura silviana e o striatum”,³³ a ínsula somente veio a ter sua nomenclatura firmada em 1809, com Johann Christian Reil criou o conceito de ilha cortical entremeada entre os córtex frontal, parietal e temporal.³³ Ela é uma das estruturas paralímbicas conhecidas como mesocórtex, que é anatomicamente e funcionalmente interposta entre o alocórtex e o neocórtex.²⁴ Tem formato triangular, cujo vértice é denominado límen da ínsula e constitui o limite lateral da fissura silviana.³²

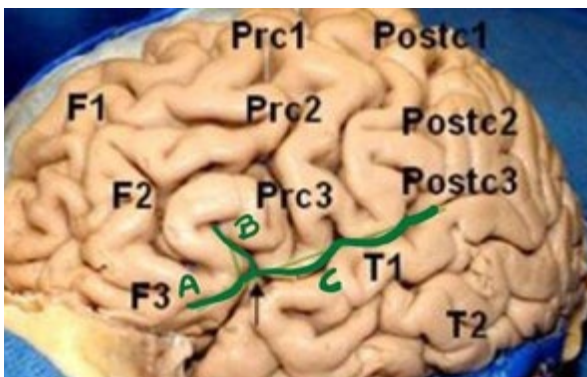


Fonte: Adaptação autorizada de Isolan, et al.³⁴

FIGURA 1 - Representação da localização e delimitação da ínsula: 1) sulco central; 2) opérculo frontal com porção inferior removida; 3) giros curtos; 4) sulco central; 5) giros longos; 6) giro temporal médio

Sulco lateral ou fissura silviana

O sulco lateral, também conhecido como fissura silviana é profundo e proeminente que atravessa as superfícies inferior e lateral do cérebro e se estende da substância perfurada anterior ao giro supra marginal. Separa os lobos frontal e parietal do lobo temporal, tendo a ínsula como seu assoalho. Em sua parte terminal, o sulco lateral se divide em 3 ramos: ascendente, anterior e posterior (Figura 2). O ramo posterior é o mais longo dos 3 e se dirige para trás e para cima, terminando no giro supra marginal. Os ramos anterior e ascendente são 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.³²



Fonte: Adaptação autorizada de Isolan et al.³⁴

FIGURA 2 - Face lateral do cérebro, sulco lateral e seus ramos na linha verde: A) ramo anterior; B) ramo ascendente; C) ramo posterior da fissura silviana; F1) giro frontal superior; F2) giro frontal médio; F3) giro frontal inferior; Prc1) giro pré-central superior; Prc2) giro pré-central médio; Prc3) giro pré-central inferior; Postc1) giro pós-central superior; Postc2) giro pós-central médio; Postc3) giro pós-central inferior; T1) giro temporal superior; T2) giro temporal médio

O sulco lateral pode ter ainda quarto ramo, denominado fronto-orbital, que quando presente cruza a superfície basal do lobo frontal, abaixo do ramo anterior e da porção orbital (*pars orbitalis*).²³ A fissura silviana possui duas porções, uma superficial, vista na superfície do encéfalo, e outra profunda, escondida abaixo da superfície basal, denominada cisterna silviana. A porção superficial possui 1 tronco e 3 ramos: anterior horizontal, anterior ascendente e posterior.³⁵ A porção profunda, por sua vez, é dividida em um compartimento esfenoidal, próximo ao límen da ínsula antes da crista do esfenóide, e outro denominado opérculo insular, formado por 2 estreitas fendas: opercular e insular. A opercular está situada entre os lábios do opérculo frontoparietal e o temporal.²³

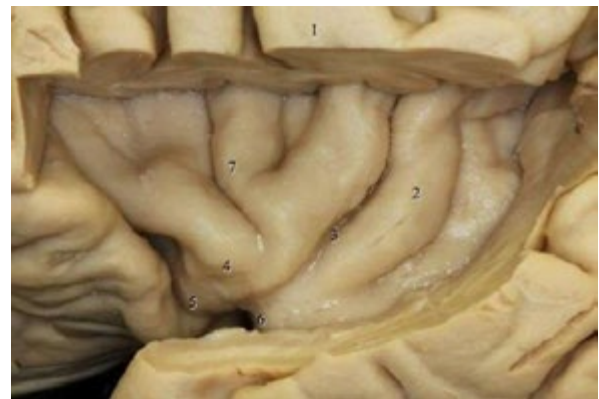
Superfície cortical da ínsula

A ínsula humana adulta é completamente escondida dentro da fissura silviana, na superfície lateral do cérebro, e só se torna visível após a dissecação, abertura, da fissura (Figura 3). A remoção anterior dos opérculos fronto-orbital, frontoparietal e temporal revelam a ínsula inteira, em forma de pirâmide.²⁴



Fonte: Adaptação autorizada de Isolan et al.³⁴

FIGURA 3 - Projeção da fissura silviana na face superolateral do cérebro



Fonte: Adaptação autorizada de Isolan et al.³⁴

FIGURA 4 - Face superolateral do cérebro com remoção dos opérculos frontoparietal e temporal com visualização da ínsula: 1) giro pré-central; 2) giro longo; 3) sulco central; 4) ápex; 5) giro transversos; 6) límen; 7) giro curto.

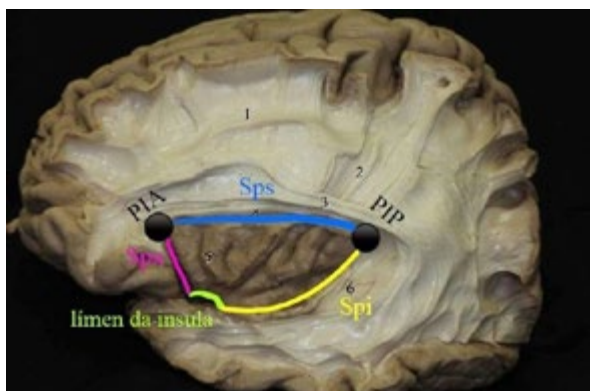
O contorno da ínsula é feito pelo sulco circular (peri-insular), que é interrompido pelo giro transversos da ínsula. Ele é dividido em 3 partes, sulcos peri-insulares anterior, posterior e inferior,³⁶ e separa das áreas corticais circundantes, exceto na região do límen da ínsula. O sulco peri-insular anterior separa a superfície anterior da ínsula do opérculo fronto-orbital; o peri-insular superior da superfície da ínsula do opérculo frontoparietal, e o peri-insular inferior da superfície da ínsula do opérculo temporal.²⁴

O ponto onde a borda do giro curto anterior encontra os sulcos peri-insulares anterior e superior é denominado ponto insular anterior (PIA).²⁴ O ponto insular posterior (PIP) é usado para descrever o limite posterosuperior do lobo insular posterior, onde ocorre o encontro do sulco peri-insular superior com o inferior.³⁶

O ponto insular anterior, indica a direção para se chegar à perna anterior da cápsula interna, enquanto que o posterior indica a direção para se chegar na perna posterior da cápsula interna e a porção atrial do ventrículo lateral.²⁴

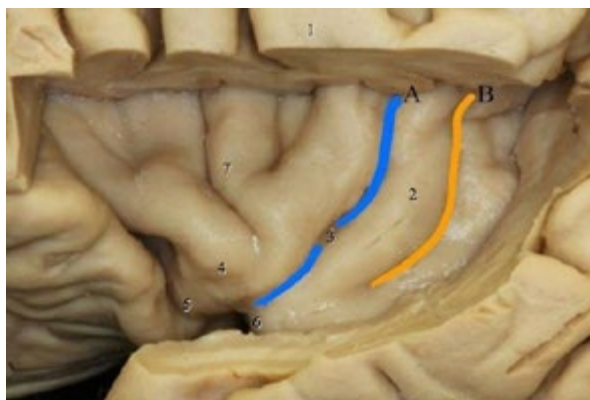
O sulco central da ínsula se estende desde o sulco peri-insular superior até o límen, e divide a ínsula em uma porção anterior - formada pelos giros curtos anterior, médio e posterior além do giro acessório e do transversos -, e uma posterior - formada pelos giros

longo anterior e posterior, os quais são separados pelo sulco pós-central.³² Pode-se dizer que o ápice da ínsula é então formado pelos giros curtos da ínsula, acessório, transverso e giros longos, enquanto que a região inferior é constituída pelo polo da ínsula, límen da ínsula e região lateral do tranco da fissura silviana.



Fonte: Adaptação autorizada de Isolani et al.²⁴

FIGURA 5 - Face lateral do hemisfério cerebral esquerdo após remoção dos opérculos: Spa) sulco peri- insular anterior; Sps) sulco peri- insular posterior; Spi) sulco peri- insular posterior; PIA) ponto insular anterior; PIP) ponto insular posterior.



Fonte: Adaptação autorizada de Isolani et al.²⁴

FIGURA 6 - Visão ampliada da ínsula esquerda, após remoção de parte do opérculo frontoparietal e temporal:1) giro pré-central; 2) giro longo da ínsula anterior; 3) sulco central; 4) ápex; 5) giro transverso; 6) límen; 7) giro curto; A) giro longo da ínsula posterior; B) sulco pós-central.

Opérculos da ínsula

Os opérculos cerebrais compreendem aquelas porções dos lobos frontal, temporal e parietal que se sobrepõem e cobrem a ínsula e, por fim, formam a fissura silviana. Estes opérculos englobam as áreas da percepção da linguagem (porção posterior das áreas 22 e 39 de Brodmann), aspectos motores da fala (áreas 44 e 45), função auditiva (áreas 41 e 42), sensibilidade e função motora (áreas 40, 43 e 44).²⁴ Os 3 opérculos que se sobrepõem e ocultam a ínsula são separados pelos ramos horizontal e posterior da fissura silviana. O ramo horizontal interpõe o opérculo fronto-orbital e frontoparietal e o ramo posterior interpõe os opérculos frontoparietal e temporal.²⁴



Fonte: Adaptação autorizada de Isolani et al.²⁴

FIGURA 7 - Visão da ínsula após espatulação dos opérculos: 1) límen; 2) opérculo orbitofrontal (apresenta-se afastado pela espátula superior do opérculo temporal); 3) córtex insular; 4) assoalho da fissura silviana.

Opérculo fronto-orbital

O giro orbital posterior, a porção posterior do giro orbital lateral, e a *pars orbitalis* do giro frontal inferior, constituem o opérculo fronto-orbital, que cobre a porção anterior da ínsula. O sulco peri-insular anterior define o limite entre o opérculo fronto-orbital e a ínsula. O lóbulo orbital posteromedial está localizado na extremidade medial do sulco orbital transversal e é composto pela porção posterior do giro orbital medial e a medial do giro orbital posterior. Torna-se contínuo com o giro transversal curto da ínsula. O lóbulo orbital posterolateral está localizado na extremidade lateral do sulco orbital transversal e é composto pela porção lateral do giro orbital posterior, giro e porção posterior do giro orbital lateral. Não há margem clara entre o giro orbital lateral e a *pars orbitalis* do giro frontal inferior.²⁴

Opérculo frontoparietal

A *pars triangularis* e a *pars opercularis* do giro frontal inferior, as porções inferiores dos giros pré e pós-central e a porção superior do giro supra marginal constituem o opérculo frontoparietal, que cobre a superfície superior da ínsula. O sulco peri-insular superior define o limite entre o opérculo frontoparietal e a ínsula. A *pars triangularis* constitui a área entre os ramos horizontal e ascendente da fissura silviana. A *pars opercularis* constitui a área entre o ramo ascendente da fissura silviana e a porção inferior do sulco pré-central e é conhecida como área de Broca. O giro pós-central inferior e a porção superior do giro supra marginal compreendem o restante do opérculo frontoparietal.²⁴

Opérculo temporal

O giro temporal superior juntamente com o polo temporal e a porção inferior do giro supra marginal, constituem o opérculo temporal, que cobre a superfície inferior da ínsula e a substância perfurada anterior.²⁴ Devido à sua direção oblíqua, giro de Heschl situado no lobo temporal cobre a superfície lateral e posterior da região insular.²⁸



Fonte: Adaptação autorizada de Isolan et al.³⁴

FIGURA 8 - Visão lateral do hemisfério cerebral esquerdo onde o giro frontal inferior foi removido para expor os limites do lobo da ínsula: 1) sulco central; 2) sulco limitante superior; 3) sulco limitante inferior; 4) giro de Heschel ou giro temporal transversal anterior.

Estruturas vizinhas

A substância branca subcortical da ínsula é composta pela cápsula extrema. Por sua vez, o córtex da ínsula e a cápsula extrema encontram-se lateralmente ao claustro, cápsula externa, putâmen e globo pálido (Figura 9).



Fonte: Adaptação autorizada de Isolan et al.³⁴

FIGURA 9 - Visão lateral do hemisfério esquerdo com exposição das estruturas mediais e circunvizinhas da ínsula com visão da face lateral do hemisfério cerebral esquerdo através da dissecção de fibras brancas pela técnica de Klinger: 1) núcleo caudado; 2) corno frontal do ventrículo lateral; 3) cápsula interna (braço anterior); 4) comissura anterior; 5) alça de Meyer; 6) tálamo; 7) radiação óptica.

Fibras brancas

As funções cerebrais não são resultado somente da atividade cortical, pelo funcionamento dos corpos neuronais, mas também de sua conectividade (fascículos brancos) que medeiam interações locais e remotas entre os territórios cerebrais, alguns essenciais para o exercício da função (epicentros) e outros, tendo papel modulatório e, portanto, são compensáveis.¹² A lesão dos diferentes feixes de fibras brancas subcortical pode resultar em déficits neurológicos mais duradouros que as lesões restritas ao córtex cerebral.⁴

O conhecimento da localização das fibras brancas tem sido aplicado no planejamento das neurocirurgias, com o objetivo de se realizar trajetórias cirúrgicas mais seguras. Os achados radiológicos como o traçado dos principais feixes de fibras brancas,

podem ser importados para sistema de navegação intraoperatória³⁶, podendo orientar o mapeamento de áreas eloquentes subcortical como o auxílio de estimulação subcortical³⁸ e também de potencial evocado.³⁹

As fibras brancas subcortical são atualmente divididas em 3 categorias: associação, comissurais e projeção.²⁵ As fibras de projeção são as aferentes e eferentes que ligam o córtex às regiões subcortical, tronco e medula espinhal; as comissurais são as que conectam ambos hemisférios cerebrais; e as de associação as que conectam diferentes regiões de um mesmo hemisfério.

As fibras de associação são compostas por fibras curtas, também chamadas de arqueadas em "U", que estão abaixo do córtex cerebral e ligam regiões vizinhas, e fibras longas, encontradas mais profundamente e ligam regiões mais distantes. Das fibras longas, citam-se o cíngulo, fascículo uncinado, fascículo fronto-occipital inferior (FFOI) e os fascículos longitudinais superior e inferior.²⁵

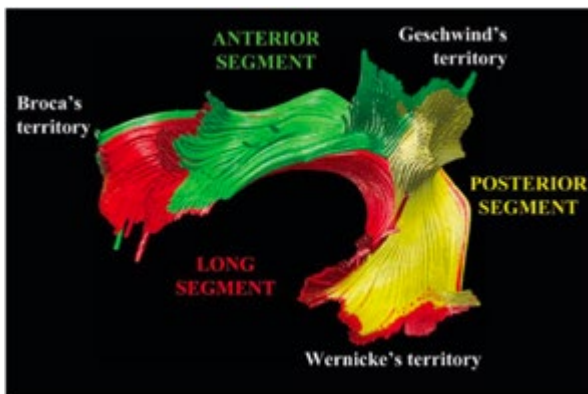
O fascículo longitudinal superior (FLS), fibras em associação em forma de C, está em torno da fissura silviana, circundando a ínsula e conecta a região temporal com a parietal e a frontal.^{24,25}



Fonte: Adaptação autorizada de Isolan et al.³⁴

FIGURA 10 - Dissecção das fibras brancas na face lateral do hemisfério cerebral esquerdo após remoção da substância cinzenta e das fibras em "U": 1) fascículo longitudinal superior; 2) cápsula interna; 3) fascículo arqueado; 4) sulco circular da ínsula (parte superior); 5) giro curto da ínsula; 6) stratum sagittal

O FLS perisilviano, do hemisfério esquerdo foi reconstruído por Catani et al.⁴⁰ utilizando técnica de dissecção interativa, ao reexplorarem a conectividade perisilviana da linguagem usando imagens de ressonância magnética com técnica de tensor de difusão. Descreveram que ele pode ser subdividido em 3 subcomponentes: 1) segmento longo correspondendo ao fascículo arqueado clássico, localizado medialmente; 2) segmento lateral posterior que conecta o lobo parietal inferior à área de Wernicke, e 3) segmento lateral anterior que conecta a área de Broca ao lobo parietal inferior (Figura 11).



Fonte: Catani; Jones; Ffytche⁴⁰

FIGURA 11 - Subdivisão do fascículo longitudinal superior do hemisfério esquerdo, reconstrução do FLS: Via direta) segmento longo em vermelho medialmente; Via indireta) segmento lateral anterior em verde e segmento lateral posterior em amarelo.

O fascículo uncinado corresponde às fibras de associação que conectam os lobos frontal e temporal de um mesmo hemisfério. É encontrado na porção mais basal do lobo frontal, curva-se acentuadamente na porção mais ventral da ínsula e se espalha para alcançar o córtex da porção anterior dos giros temporais superior e médio²⁵ (Figura 12). Este fascículo é a principal interconexão entre as estruturas límbicas e paralímbicas, conectando também a ínsula a outras estruturas paralímbicas como o polo temporal e porções caudais dos giros orbitários.²⁴

O fascículo uncinado é dividido em porção temporal, insular e frontal. A insular está localizada atrás do límen e contribui para a formação da cápsula extrema e externa^{25,41,42} (Figura 12).



Fonte: Adaptação autorizada de Isolan et al.³⁴

FIGURA 12 - Visão lateral do hemisfério direito, com dissecção das fibras brancas e exposição do fascículo uncinado com visão da face lateral do hemisfério cerebral direito através da dissecção de fibras brancas pela técnica de Klinger: 1) fascículo arqueado; 2) globo pálido; 3) comissura anterior; 4) radiação óptica; 5) fascículo uncinado; 6) alça de Meyer.

O fascículo fronto-occipital inferior (FFOI) encontra-se posteriormente ao fascículo uncinado, também com curso paralelo a este na região do límen da ínsula. Não há delimitação precisa entre os 2 fascículos;²⁵ porém,

ambos podem ser distinguidos pelo trajeto de suas fibras: o unciforme tem trajeto em "gancho" unindo as regiões frontal e temporal, e o FFOI continua diretamente para o lobo temporal⁴⁰ (Figura 13).



Fonte: Adaptação autorizada de Isolan et al.³⁴

FIGURA 13 - Representação dos fascículos: 1) fronto-occipital inferior (FFOI); 2) uncinado, porção insular

O FFOI também pode ser subdividido em porção anterior - relacionado ao lobo frontal localizada dorsalmente ao fascículo uncinado⁴² -, porção insular e posterior.²⁵ A porção anterior converge em único feixe que passa profundamente aos sulcos limitantes anterior e superior da ínsula para adentrar a porção ventral da ínsula. É via importante quando se trata de propagação dos tumores desta região.⁴³

Ao passar pela ínsula as fibras do FFOI, assim como as do fascículo uncinado, são encontradas tanto superficial como profundas ao claustrum, de modo que podem ser consideradas como pertencentes à cápsula externa e extrema^{41,43} (Figura 14). Na porção posterior, os componentes do FFOI conectam o lobo frontal com o lobo occipital.



Fonte: Adaptação autorizada de Isolan et al.³⁴

FIGURA 14 - Relação do fascículo fronto-occipital inferior com os núcleos da base: dissecção das fibras brancas cerebrais evidenciando as estruturas subcorticais relacionadas ao córtex insular no hemisfério esquerdo: 1) fascículo fronto-occipital inferior (FFOI); 2) claustrum; 3) cápsula extrema; 4) putâmen

Relações vasculares

Artéria cerebral média (ACM)

O principal suprimento vascular da ínsula é proveniente ACM e seus ramos corticais. Ela é um dos ramos terminais da artéria carótida interna, com diâmetro na origem de cerca de 3,9 mm.⁴⁴ Ela tem origem na extremidade medial do sulco lateral, lateralmente ao quiasma óptico, abaixo

da substância perfurada anterior e posteriormente à subdivisão do trato olfatório em estrias olfatórias medial e lateral⁴⁵ (Figura 15). A nível da substância perfurada anterior tem-se a origem das artérias lenticuloestriadas.



Fonte: Adaptação autorizada de Isolan et al.³⁴

FIGURA 15 - Visão lateral do hemisfério cerebral direito, após espatulação dos lobos frontal e temporal, evidenciando a artéria cerebral média: artéria cerebral média e seus ramos em visão lateral do hemisfério cerebral direito, após a espatulação dos lobos temporal (espátula inferior) e frontal (espátula superior), com exposição da ínsula.

ACM supre a ínsula através de seus ramos, e se divide em 4 segmentos, que vai desde M1 até M4.⁴⁴ O segmento M1 (esfenoidal) tem sua origem na bifurcação da artéria carótida interna e estende até a principal bifurcação da ACM, 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 cerebral²⁵ (Figura 16)



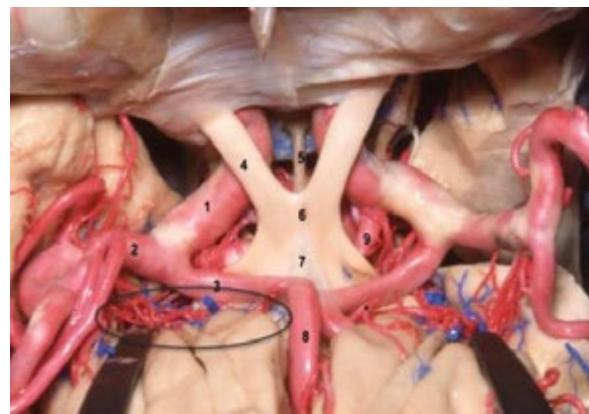
Fonte: Adaptação autorizada de Isolan et al.³⁴

FIGURA 16 - Visão lateral do hemisfério cerebral direito, após espatulação dos lobos frontal e temporal, evidenciando os segmentos da artéria cerebral média: M1) esfenoidal, segmento que se origina na bifurcação da artéria carótida interna até a bifurcação principal; M2) insular, que se origina na bifurcação principal até o sulco peri-insular; M3) opercular, que percorre os opérculos e termina da superfície lateral do sulco de Sylvius; M4) parasilviano, que suprem a convexidade cerebral

O segmento M1 inicia a partir da origem da artéria cerebral. Ele percorre a profundidade do sulco de Sylvius de forma anterossuperior, 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. Em alguns casos, ocorre a formação de trifurcação, através da origem de 1 tronco intermediário, surgindo tanto do tronco superior quanto do inferior. Tanriover, Rhoton Jr, et al.²³ encontraram bifurcação em 38 e trifurcação em 5 hemisférios.

Os ramos do segmento M1 são classificados de acordo com a área cerebral irrigada, podendo ser divididos em artérias corticais ou em artérias lenticuloestriadas laterais.¹³

As artérias lenticuloestriadas laterais, em número de 1 a 15, se originam da região ínferomedial do segmento M1, e percorrem a porção central e lateral da região anterior da substância perfurada anterior²⁵ (Figura 17). Elas vascularizam a substância inominada, putâmen, globo pálido, núcleo caudado, cápsula interna, coroa radiada e porção lateral da comissura anterior. A preservação destes vasos é um desafio nas operações dos gliomas, pois são numerosos, pequenos e com curso intraparenquimatoso de difícil visualização direta durante o procedimento cirúrgico, motivo pelo qual boa parte dos déficits pós-operatórios das operações dos gliomas insulares, deve-se ao comprometimento destas artérias.

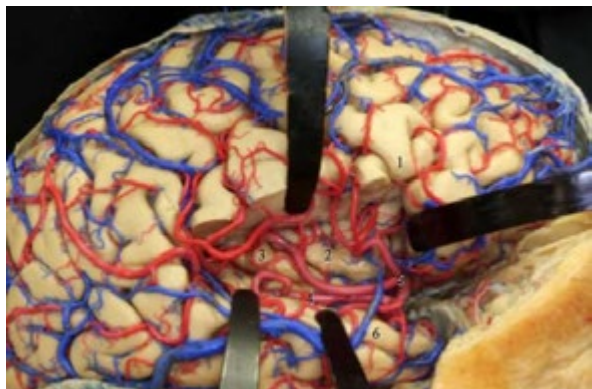


Fonte: Adaptação autorizada de Isolan et al.³⁴

FIGURA 17- Visão superior das relações arteriais da fissura silviana e das artérias lenticuloestriadas: 1) artéria carótida interna supraclinoideia; 2) artéria cerebral média (M1); 3) artéria cerebral anterior (segmento A1); 4) nervo óptico; 5) haste hipofisária; 6) quiasma óptico; 7) Lâmina terminalis; 8) artéria cerebral anterior (segmento A2); 9) artéria comunicante posterior; *) artéria de Heubner.

O segmento M2 se origina no límen da ínsula, onde ocorre a bifurcação principal da ACM²⁸ 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 o segmento M3. Os ramos do tronco superior vascularizam os giros transverso, acessório 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.³²

As artérias corticais do segmento M2 podem formar-se tanto do tronco superior como do inferior. A partir do 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 (Figura 18).



Fonte: Adaptação autorizada de Isolan et al.³⁴

FIGURA 18 - Exposição do lobo da ínsula com artérias, caso de trifurcação da ACM: 1) pars triangularis; 2) giro curto; 3) giro longo; 4) tronco inferior (segmento M2); 5) trifurcação; 6) giro temporal superior.

As artérias corticais totalizam 12 artérias e lançam ramos para a ínsula, exceto a artéria temporopolar.⁴⁶ São elas: orbitofrontal, pré-frontal, pré-central, central, parietal anterior, parietal posterior, angular, temporopoccipital, temporal posterior, temporal média, temporal anterior e artérias temporo-polares.⁴⁷

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 M4.³² O segmento M3 vasculariza a superfície medial dos opérculos.

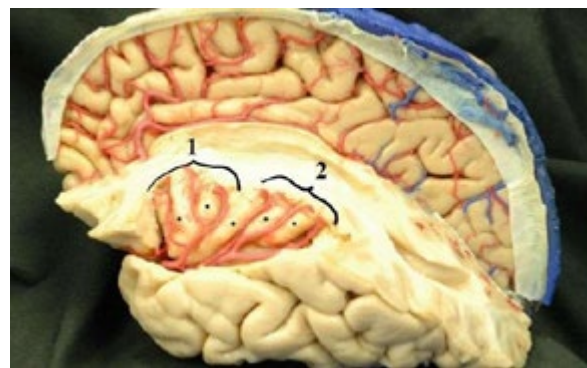
O segmento M3 percorre lateralmente a fissura silviana, que ao sair se transforma em segmento M4. Este segmento não origina nenhum ramo para a ínsula, não tendo papel na sua vascularização.

Os segmentos da ACM dão origem aos ramos centrais, denominados ramos perfurantes da ínsula, sendo em média 96 artérias perfurantes, classificadas em curtas, médias e longas.⁴⁴ A maioria das artérias perfurantes insulares está localizada no segmento M2.

O tronco superior de M2, segundo estudo anatômico de 27 espécimes, determinam o suprimento do lobo anterior da ínsula em 50,9% dos hemisférios.⁴⁸ O giro longo anterior é vascularizado tanto pelo tronco superior quanto pelo inferior. O giro longo posterior da ínsula é suprido pelo tronco inferior (Figura 19).

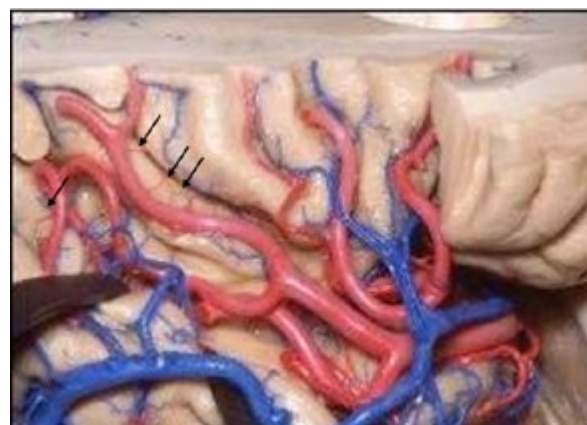
Segundo, Ture, et al.²⁵, cerca de 75 a 104 artérias (perfurantes) (Figura 20) se originam do segmento M2, mas em 55% dos hemisférios cerebrais analisados, observou-se a origem de 1 a 6 artérias do segmento M1, as quais são responsáveis por vascularizar principalmente o límen da ínsula. Em 10% dos hemisférios, o segmento M3 originou 1 ou 2 artérias, suprido os sulcos peri-

insulares superior e inferior. Já o segmento M4 não lança nenhum ramo para a ínsula.



Fonte: Adaptação autorizada de Isolan, Campero, et al.⁵⁷

FIGURA 19 - Visão lateral do hemisfério esquerdo com exposição do tronco superior e inferior da ACM com visualização de ramos do tronco superior vascularizando o lobo anterior da ínsula: 1) giro central e longo da ínsula com vascularização pelo tronco superior e inferior; 2) giro longo posterior com vascularização por ramos do tronco inferior.



Fonte: Adaptação autorizada de Isolan et al.³⁴

FIGURA 20 - Artéria cerebral média e ramos perfurantes do segmento M2: visão lateral da ínsula direita evidenciando o trajeto dos ramos M2 da artéria cerebral média ao longo dos sulcos insulares, e emissão de perfurantes (setas)

A vascularização dos giros da ínsula tem como padrão no acessório e transversal 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 e o curto médio pelos ramos do tronco superior e 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.⁴⁴ O sulco central e giro longo anterior representam a única região da ínsula que é vascularizado pelos ramos tanto do tronco superior como do tronco inferior na mesma porcentagem, sendo assim chamada de zona de vascularização mista.²³ O sulco central ainda recebe sangue das artérias central e parietal anterior; o giro longo anterior também pelas artérias parietais anterior e posterior, enquanto que o longo posterior nutre-se pelos

ramos do tronco inferior, responsáveis por vascularizar esse giro em 80% dos hemisférios. As artérias angular e tempo-occipital suprem exclusivamente esse giro.⁴⁴

Sistema venoso

As veias cerebrais são divididas em grupos superficial e profundo. O superficial é responsável pela drenagem das superfícies corticais dos hemisférios, enquanto que o profundo drena a substância branca, substância cinzenta profunda, ventrículos e cisternas basais.⁴³

O sistema venoso superficial é dividido em 4 grupos de veias-ponte: 1) grupo sagital superior; 2) grupo esfenoidal, formado pelas terminações da veia silviana superficial e ocasionalmente pela profunda; 3) grupo tentorial; e 4) grupo falcino.³⁵

As veias que drenam as regiões do ramo posterior da fissura silviana são nomeadas de acordo com a porção drenada. Desta forma, a região frontal é denominada frontosilviana, a parietal de parietosilviana e a temporal de temporosilviana. Em geral, a veia silviana superficial geralmente recebe 6 veias frontosilvianas, 4 parietosilvianas e 5 temporosilvianas.³²

As grandes veias da superfície lateral do hemisfério cerebral são representadas pelas veias de Trolard (une o seio sagital superior às veias situadas no sulco lateral), Labbé (conecta as veias da fissura silviana com o seio transversal), e pela veia silviana superficial (drena predominantemente para os seios durais ao longo da borda do esfenóide).³⁵ O segmento posterior da veia silviana superficial se une à veia de Labbé, enquanto o segmento anterior se une à veia de Trolard³⁵ (Figura 21).

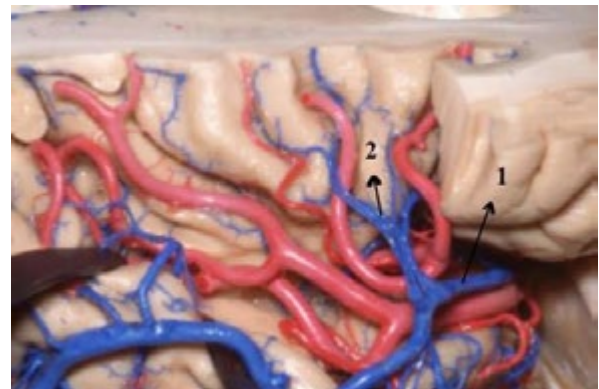


Fonte: Adaptação autorizada de Isolan et al.³⁴

FIGURA 21 - Veias da superfície lateral do hemisfério cerebral esquerdo: 1) veia anastomótica de Labbé, conectando a veia silviana superficial; 2) seio transversal.

O sistema profundo converge para as vias cerebrais internas, basais e de Galeno. As veias insulares pertencem ao um dos maiores grupos que contribuem para a formação do primeiro segmento da veia basal.³⁵ A veia cerebral média profunda é formada pela união das veias insulares, próximo ao límen da ínsula; posteriormente, irá se unir com a veia cerebral anterior formando a veia basal.^{35,44} Essa confluência geralmente é formada pelas veias insulares anterior, pré-central

e posterior, fazendo parte da formação do tronco transversal comum³² (Figura 22).



Fonte: Adaptação autorizada de Isolan et al.³⁴

FIGURA 22 - Visão da ínsula do hemisfério direito após remoção dos opérculos e exposição das veias: 1) veia cerebral média profunda; 2) veias insulares.

As características anatômicas venosas da ínsula são variáveis e assimétricas, mas algumas generalidades são constantes.^{23,48} As conexões venosas dividem o córtex insular em 3 zonas anatômicas: 1) região subapical (polo insular); 2) lobo anterior; e 3) lobo posterior.⁴⁸

Em 53 hemisférios cerebrais estudados, Varnavas, et al.⁴⁸ observaram que a maior parte do lobo anterior era conectada às veias silvianas superficiais, enquanto o lobo posterior e região subapical drenava para a veia cerebral média profunda. Tanriover, et al.²³, em 42 hemisférios cerebrais dissecados, classificaram a drenagem insular em superficial, profundo e de transição. A área do límen, o sulco limitante inferior, giros longos e sulco insular central drenam predominantemente para o sistema profundo. O giro curto médio e o ápice insular drenam predominantemente para a veia silviana superficial. A zona de transição (incluindo os giros curtos anterior e posterior e o sulco limitante anterior) pode ser drenada por ambos os sistemas, mas observaram a drenagem mais frequente para o sistema venoso profundo que para o superficial.²³

Funções da ínsula

A ínsula é estrutura paralímbica. Durante o desenvolvimento, o córtex insular emerge de um córtex aloisotípico. Três áreas citoarquitetônicas foram descritas dentro do córtex insular de primatas superiores: 1) a área agranular anterior com 3 camadas; 2) área pericentral não granulada; e 3) a área granular posterior. Atualmente não há limites definidos anatomicamente entre as várias divisões citoarquiteturais da ínsula.¹⁶

A ínsula é relacionada a vários papéis como: 1) sensorial visceral; 2) motor visceral (autônomo); 3) motor nas áreas de associação; 4) área vestibular; e 5) como uma área relacionadas à linguagem.⁴⁹

As discussões a respeito do papel dela na linguagem têm se estendido ao longo dos anos. Destaca-se que a ínsula está localizada no centro da área da linguagem, o segmento anterior dela se estende e faz interface com a área de Broca, enquanto que o posterior é contíguo com a área de Wernicke.⁴⁵

Estudos recentes de estimulação intraoperatória em operações de gliomas da ínsula demonstraram o papel dela no planejamento motor da fala.^{10,18}

A ínsula está relacionada com o processamento, mas também com o entendimento da linguagem. A estratégica localização entre a área de linguagem anterior e posterior é crucial para o desempenho da função de coordenação da linguagem. Um papel crucial na praxia da fala foi postulado inicialmente, reforçado pelas afasias presentes nas lesões da ínsula. Mutismo e apraxia oral têm sido reportados em doenças da ínsula esquerda.⁵⁰

Há apoio na literatura do envolvimento do córtex insular em diversos aspectos da percepção gustativa, bem como na codificação da intensidade do sabor junto com outras estruturas, mais notadamente, a amígdala.⁵¹

A ínsula também tem participação na motricidade, pois é uma possível via de ativação do córtex motor, através do córtex pré-motor.⁵² motivo pelo qual possa ter papel importante na recuperação do déficit motor em alguns pacientes com acidente vascular encefálico.⁵³ Enquanto suas porções mais anteriores estão relacionadas às experiências emocionais, processamento de estímulos olfativos e gustativos, a porção posterior processa informações relativas à dor, temperatura e tato.¹⁰

Alguns autores sugeriram em pesquisas iniciais o envolvimento do fascículo uncinado⁵⁴, fascículo occipitofrontal inferior, dentre outros, na esquizofrenia.⁵⁵

Gliomas

Dados do Instituto Nacional de Câncer demonstraram que cerca de 1,4 a 1,8% das neoplasias malignas registradas no mundo correspondem ao câncer do sistema nervoso central.⁵⁶

A classificação atual de tumor cerebral da OMS depende de métodos tradicionais usando morfologia para classificar gliomas difusos em categorias histológicas e, posteriormente, para atribuir grau com base na presença de mitoses, proliferação endotelial vascular e necrose. Avanços recentes em técnicas de diagnóstico molecular fornecem métodos alternativos para classificação de tumor usando marcadores moleculares.⁵⁷

Em geral, os gliomas são mais comuns em homens que em mulheres.^{56,58} E geralmente os de baixo grau atingem adultos jovens entre 30–40 anos.⁵⁹ O astrocitoma anaplásico e o glioblastoma têm incidência aumentada com a idade, com pico na faixa de 75-84 anos.⁶⁰

Os fatores prognósticos mais conclusivos para o glioblastoma são a extensão da ressecção do tumor, idade ao diagnóstico e escala de Karnofsky (KPS).⁶¹

Com relação aos gliomas de baixo grau, estudos mais recentes demonstraram melhor fator prognóstico e sobrevida global nos casos de ressecção cirúrgica precoce em comparação à biópsia e vigilância.⁶² O conhecimento das vias subcorticais permitiu melhor compreensão da história natural de alguns tumores, como os gliomas de baixo grau. Este tipo de lesão apresenta 2 características: a preferência pela migração ao longo das fibras da substância branca e a tendência à transformação anaplásica.¹²

Análise de séries de gliomas cerebrais de baixo grau de 1970 a 2000, mostravam evidências crescentes de que ressecção cirúrgica mais extensa pode ter fator prognóstico positivo que favorece a sobrevida. Além disso, sendo mais extensa enquanto a neoplasia é menor, também pode diminuir o risco associado à diferenciação maligna, bem como o surgimento de crises refratárias.⁶³ A ressecção cirúrgica mais extensa pode estar associada com expectativa de vida mais favorável para pacientes com gliomas, tanto de baixo quanto de alto grau, além de proporcionar sobrevida global mais longa.

Smith, et al.⁶⁴ analisando a extensão da ressecção em análise de 216 pacientes com gliomas de baixo grau, encontrou taxa de sobrevida global em 5 e 97% e de 91% em 8 anos nos pacientes com extensão de ressecção de pelo menos 90%, ao passo que quando a extensão da ressecção era menor de 90% a taxa de sobrevida em 5 foi de 75% e de 60% em 8 anos.

Gliomas da ínsula

A grande quantidade de fibras aferentes e eferentes enfatiza as interações entre a ínsula e as estruturas corticais adjacentes, propiciando caminhos mais seletivos para a disseminação dos tumores insulares para as regiões adjacentes.¹⁹

Duffau e Capelle⁶⁵ estudaram 132 gliomas de baixo grau, sendo que destes 109 estavam localizados em áreas funcionais, e 102 glioblastomas, com 55 deles em áreas funcionais. A ínsula foi acometida em 25% dos gliomas de baixo grau, em consonância com os 10,8% de acometimento por glioblastomas, evidenciando a preferência da localização da ínsula para os gliomas de baixo grau.

Apresentação clínica dos gliomas da ínsula

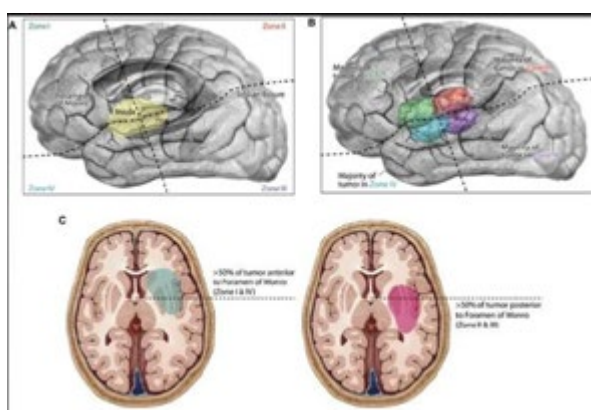
A apresentação mais comum é de crises convulsivas, cefaléia, déficit motor e distúrbio da linguagem. Duffau e Capelle⁶⁵ estudaram 132 gliomas de baixo grau, relatando que 95% deles apresentavam no quadro inicial, crises convulsivas, enquanto que no grupo dos glioblastomas, a crise convulsiva estava presente em somente 20% dos casos, sendo que em 50% dos casos o déficit motor era o sintoma inicial. Lang, Olansen, et al.⁶⁶ em sua série de 22 pacientes com tumores da ínsula tiveram 64% dos casos com convulsão, 32% com hemiparesia e 185 com distúrbio de linguagem. A prevalência de crises convulsivas também esteve presente em outras séries^{67,68}. Duffau⁶⁹ em sua série de 51 pacientes, todos com glioma de baixo grau insular, apresentou 50 deles (98%) com crises convulsivas na avaliação pré-operatória e somente 1 paciente com hemiparesia. Sanai, Pollei et al.⁷⁰ em sua série de 104 pacientes com tumores da ínsula, também apresentaram como sintoma prevalente a crise convulsiva (72,1%), seguido de sintomas sensitivos (12,5%) na avaliação pré-operatória.

Classificação dos tumores da ínsula

A classificação de Yasargil classifica esses tumores como: tipo 3A, para os casos em que o tumor fica restrito à ínsula ou a parte dela; 3B, quando inclui o(s) opérculo(s)

correspondente(s); 5A, quando envolve uma ou ambas áreas paralímbicas: fronto-orbital e/ou temporopolar, sem partes do sistema límbico; e 5B, quando envolvem um ou ambas áreas paralímbicas, fronto-orbital e/ou temporopolar, com partes do sistema límbico. Ressalte-se que os tumores tipo 5 podem envolver ambas as áreas: frontal e temporal.²

Recentemente, Sanai et al.² publicaram classificação para gliomas da ínsula, denominada Classificação de Berger-Sanai, através da qual é dividida em 4 zonas. Para isso, no plano sagital do encéfalo é traçada linha horizontal da fissura silviana e outra perpendicular a ela que a cruza ao nível do forame de Monro, formando assim as 4 zonas (quadrantes): quadrante anterosuperior (zona I), posterosuperior (zona II), posteroinferior (zona III) e anteroinferior (zona IV). Nos casos em que o tumor ocupa todas as 4 zonas insulares, o glioma é denominado gigante.⁷⁰



Fonte: Sanai; Polley; Berger⁷⁰

FIGURA 23 - Classificação de Berger-Sanai: divisão da ínsula em 4 zonas: zona I: anterosuperior; zona II: posterosuperior; a zona III: posteroinferior; zona IV: anteroinferior; e, quando os tumores envolvem as 4 zonas, são denominados tumores gigantes

Cirurgia dos gliomas da ínsula

A ínsula é cercada não apenas por associação de tratos como o fascículo uncinado, o arqueado e o fronto-occipital inferior, mas também pelos tratos comissurais e de projeção, como a comissura anterior e a cápsula interna. O acesso aos tumores da ínsula pode ocorrer por 2 corredores: transsilviano ou transcortical. Alguns autores ainda subdividem o acesso transsilviano em sem e com secção de veias silvianas que atravessam a fissura silviana.¹⁶

A abordagem transsilviana exige retração dos opérculos frontal ou temporal e a dissecação dos vasos silvianos e perisilvianos.¹⁶ Preservar o opérculo frontal é desejável para minimizar o risco de déficits de linguagem no pós-operatório, bem como minimizar potenciais lesões no fascículo longitudinal superior (conexão crítica entre as áreas de linguagem anterior e posterior); porém, ressecção de gliomas dentro do opérculo frontal dominante é bem tolerada, com morbidade aceitável.⁷¹

Por outro lado, a abordagem transcortical exige a corticotomia frontal e/ou temporal precedido por monitorização intraoperatória com paciente acordado, para identificar territórios não funcionais.⁷⁰ Avanços

no mapeamento cortical e subcortical dos opérculos permitiram identificar e preservar áreas funcionais,¹¹ fornecendo a entrada em córtex funcionalmente silencioso para acessar com segurança a ínsula, preservando estruturas anatômicas e vasculares.¹⁰

Abordagem transsilviana

A abordagem aos tumores da ínsula por acesso transsilviano foi descrita por Yasargil e vem sendo desenvolvida ao longo das últimas décadas. Consiste na abertura da fissura silviana através da divisão da aracnoide, expondo a artéria cerebral média, bem como as veias silvianas superficiais e profundas.²

Na visão de muitos autores, a abordagem transsilviana continua atraente, dada à preservação do córtex opercular e pode ser mais adequada para lesões onde o córtex eloquente impede o uso de abordagem transcortical.⁹

A abordagem transsilviana para a ínsula requer retração opercular, que muitas vezes é limitada pelas veias silvianas superficiais que cruzam a fissura em seu terço posterior, o que muitas vezes é desafio para abordagem de lesões maiores.^{7,9} principalmente aquelas localizadas na zona II da classificação de Berger e Sanai.⁷⁰ Ao longo do tempo, variações da abordagem transsilviana vêm sendo descritas, como a variação anterior, onde a dissecação da fissura é paralela à porção esfenoideal da cisterna silviana e dirigida aos segmentos M1 e M2 da ACM expondo o limen da ínsula e os giros curtos, e a variação posterior, onde a dissecação é paralela à fenda opercular e direcionada aos segmentos de M3 da ACM, expondo o sulco circular e os giros longos da ínsula. Estas variações também preservam o córtex cerebral em torno da fissura, acessando o córtex da ínsula através dos corredores entre os vasos da ACM.⁸

Consideração importante para a abordagem transcortical em lesões insulares mais posteriores é que a cirurgia é dependente do mapeamento cerebral⁹, e tem maior dificuldade de abordagem transsilviana pela porção estreita da fissura silviana.⁷ Para a porção posterior da ínsula, essa abordagem é mais desafiadora, pois a fissura silviana é mais profunda e com maior superfície de oposição pelo opérculo parietal quanto comparado à porção anterior da fissura silviana, além de depender de meticulosa dissecação de estruturas vasculares em corredor mais estreito.⁹

Abordagem transcortical

A técnica transcortical normalmente envolve a criação de "janelas" através dos opérculos.⁹ A remoção de áreas corticais silenciosas como os opérculos e o giro temporal superior é estratégia que maximiza a extensão da ressecção do tumor, preservando as estruturas vasculares superficiais.^{7,10}

Sanai, Polley e Berger⁷⁰, embora tenham usado o acesso transsilviano, apresentaram gliomas insulares abordados através de um ou mais corredores transcorticais, devido ao fato da rota transsilviana ter maior risco de lesão vascular⁷⁰, bem como da necessidade de secção das veias que por vezes atravessam a fissura, podendo ter consequências vasculares.⁷

Para abordagem transcortical é fundamental o mapeamento para as lesões posteriores (zona II e III), das funções motoras faciais e somatossensoriais para a zona II e linguagem para a III. A exposição insular das zonas II e III requer ressecção dos giros pré-central e temporal superior.⁷

Com o mapeamento e a monitorização transoperatória, a abordagem transopercular para a ínsula é alternativa viável e segura para a transsilviana clássica, minimizando o risco potencial de sequelas pós-operatórias resultantes do dano aos vasos silvianos e retração opercular.¹²

Benet, et al.⁷ ao estudarem o acesso transsilviano e transcortical em 16 espécimes cadavéricas, concluíram que o acesso transcortical forneceu melhor acesso à ínsula quando comparado com o transsilviano. Mas, com o sacrifício da secção das veias silvianas era possível exposição semelhante; no entanto, pode ser perigoso em até 30% dos pacientes onde há fluxo colateral pobre através da veia de Labbé ou seio sagital superior.

O acesso transcortical e o transsilviano com secção das veias silviana apresentaram acesso equivalente à ínsula nas zonas I e II de Berger-Sanaï; mas, para maximizar o acesso às zonas III e IV, abordagem transcortical pode ser necessária.⁷

As consequências da retração do cérebro dependem da eloquência do cérebro subjacente⁷², e pode estar associada às complicações, incluindo isquemia, edema cerebral e dano cortical direto.

Monitorização intraoperatória

Áreas eloquentes tradicionalmente eram tidas como não operáveis. Classicamente são consideradas áreas cerebrais eloquentes as seguintes: lobo temporal esquerdo e frontais para linguagem, lobos occipitais bilaterais para visão, lobos parietais bilaterais para sensibilidade e córtex motor primário bilateral para motricidade. Porém, com o tempo se observou que a neuroplasticidade estimulada pelos gliomas cerebrais muitas vezes faz com que uma área dita eloquente se redefina em outra área cortical. A remoção completa dos tumores localizados nestas áreas é possível com o reconhecimento funcional do córtex cerebral. O mapeamento associou as melhorias da tecnologia e dos conceitos existentes, tornando a cirurgia para o tumor cerebral próximo a área motora e áreas da linguagem ainda mais seguras.³

Revisão de 90 series, com 8091 pacientes submetidos à ressecção de gliomas cerebrais, demonstrou que o mapeamento intraoperatório permitiu redução de déficits permanentes de modo significativo, apesar do aumento da área de ressecção em áreas eloquentes e do aumento na extensão das ressecções.⁶

Porém, recentemente, como o mapeamento intraoperatório na condição de vigília ("awake surgery") tem revelado padrões de reorganização da linguagem no córtex (dorsal, córtex pré-motor ventral, parte orbital do giro frontal inferior e ínsula) e estruturas subcorticais de recrutamento (fascículo arqueado, fascículo fronto-occipital inferior), tem possibilitado o relato de casos de remoção de gliomas de baixo grau localizados em

áreas eloquentes como a área de Broca, sem déficits permanentes de linguagem.¹² Vários casos têm sido relatados em relação à remoção total ou subtotal de gliomas de baixo grau localizados em áreas eloquentes, inclusive a ínsula, sem déficits permanentes no pós-operatório.^{4,69,73}

A monitorização intraoperatória muda a estratégia clássica de realização de ressecção de acordo com a anatomia, para abordagem baseada em limites funcionais, com recomendação de interrupção da ressecção quando da proximidade com estruturas críticas, permitindo a preservação da qualidade de vida e maior extensão da ressecção do tumor.¹²

A monitorização com paciente anestesiado durante a operação em gliomas em áreas funcionais foi motivo de revisão de literatura apresentada por De Benedicts et al.⁵, totalizando 1460 pacientes com gliomas, sendo 522 de baixo grau. Esta revisão mostrou que o uso do mapeamento elétrico intraoperatório diminuiu a incidência de déficit neurológico permanente para 4,1%, enquanto que nos casos sem monitorização, as taxas relatadas pela literatura são de 19%.⁵

A evolução para monitorização transoperatória com paciente acordado, em gliomas de baixo grau, propiciou aumento seguro na ressecção, respeitando os limites funcionais tendo impacto quantitativo na extensão da ressecção da lesão, minimizando a morbidade pós-operatória e muitas vezes melhorando a qualidade de vida, em comparação com a operação em paciente anestesiado.⁵

Duffau, et al.⁷⁴ estudando série de 77 casos de gliomas de baixo grau em áreas eloquentes - sendo 28 deles insulares - destacaram a existência de áreas eloquentes dentro dos tumores (7-24%) com o uso de imagem funcional no pré-operatório e monitorização com estimulação elétrica e mapeamento funcional, sugerindo a persistência dentro do tumor não apenas de redes neurais eloquentes, mas também de astrócitos funcionais e interações neuronogliais intactas. Embora a ressecção tumoral implique em remoção das estruturas neurogliais funcionais, também pode gerar mudanças nas redes neurossinápticas. Esta plasticidade explica a recuperação funcional pós-operatória meses após a operação, uma vez que no pós-operatório imediato não há tempo suficiente para esta reorganização ao redor de cavidade danificada transitoriamente pela operação, mas que em longo prazo, permite recrutar áreas remotas, explicando a recuperação secundária. Nesta série, em relação à função motora, Duffau observou recuperação de todos os pacientes, exceto os que tiveram déficits secundários à lesão vascular⁷⁴.

O mapeamento cortical e subcortical é fundamental antes e durante o acesso transcortical zonas posteriores (zonas II e III de Berger-Sanaï), como o monitoramento das funções motoras faciais e somatossensoriais na zona II e os caminhos da linguagem na zona III.⁷

Os equipamentos utilizados para estimular o córtex têm corrente constante, com variação na voltagem, sendo formados por 2 geradores de corrente que trabalham de forma sincronizada produzindo sequência de pulsos equipotenciais (bipolar) com tempo ajustável entre elas,

registrado em msec. Os pulsos são de onda quadrada e permitem ajustes na frequência (Hz), duração do pulso (msec), intensidade de corrente (mA) e duração de cada sequência de estímulos. A frequência não pode ser baixa sob pena de ser insuficiente para provocar a ativação do córtex, ou muito alta, pois aumenta o risco de provocar crises convulsivas.⁷⁵

A estimulação monopolar do córtex é técnica simples e tão sensível quanto a estimulação bipolar para mapear o córtex motor primário. No córtex frontal pré-motor, estimulação bipolar é mais sensível na localização de áreas funcionais, enquanto nas operações em córtex motor primário, a estimulação monopolar é o método de escolha.⁷⁶

Dentre os primeiros protocolos de estimulação desenvolvidos em seres humanos, tem-se o de Cleveland com a implantação de eletrodos subdurais e estimulação cortical extraoperatória⁷⁷, o da Universidade de Washington para maximizar ressecção e diminuir as crises epiléticas em crianças com tumores encefálicos⁷⁸ evoluindo para protocolos com pacientes acordados.⁷⁹

Vários outros protocolos foram criados na tentativa de se estabelecer padronização, sugerindo que a estimulação deve ser com uso de bipolar em frequência variando de 50-70Hz, com sequências de estímulos de 3-5 segundos, corrente inicial de 2mA e pulso com duração de 0,3 a 0,5 msec. A manutenção dos anticonvulsivantes é importante para se evitar a crise convulsiva durante ou após a estimulação. Em casos de convulsões no intraoperatório a interrupção da crise é realizada com irrigação cortical com solução salina isotônica ou Ringer.^{29,80,81}

Estudos de gliomas da ínsula, grau de ressecção e sobrevida

Zentner, Meyer e Schramm⁸², estudaram 30 pacientes com tumores insulares, sendo 14 deles restritos à ínsula. A abordagem transsilviana foi realizada em 9 e a transcortical em 21 casos, sem mortalidade operatória, com 63% de morbidade pós-operatória imediata (incluindo sangramento, meningite, fistulas e déficits), com 10% de permanência de déficit no pós-operatório tardio, e 89% de melhora das crises convulsivas.

Duffau, Capelle, et al.¹⁰ apresentaram uma série de 12 pacientes com glioma de baixo grau envolvendo a ínsula, submetidos ao tratamento cirúrgico transcortical, com ressonância magnética funcional, mapeamento transoperatório e ultrassonográfico. Nesta série, 58% tiveram déficit no pós-operatório imediato (6 com déficit motor e 1 de linguagem), porém com recuperação total em todos. Lang, Olansen, et al.⁶⁶, publicaram a série de 22 pacientes com tumores intrínsecos da ínsula, submetidos a ressecção transsilviana combinada com ressecção frontal ou temporal, com 36% de déficit no pós-operatório imediato e 9% no tardio de 3 meses. Duffau, Capelle, et al.³¹ estudaram 11 pacientes com gliomas de baixo grau acometendo a ínsula, com epilepsia refratária. Todos os pacientes foram submetidos a cirurgia com abordagem transcortical, com mapeamento cerebral e ultrassonográfico. Todos tiveram melhora farmacológica

da epilepsia refratária, sendo que 82% ficaram livre de crises.

Hentschel e Lang⁸³, relataram 36 casos de tumores da ínsula, sendo 19 restritos a ela, operados por via transsilviana, onde não observaram déficit pós-operatório, inclusive relatando melhora do déficit em relação ao pré-operatório nos 15 pacientes sintomáticos da séries.

Neuloh, Pechstein e Schramm⁸⁴, apresentaram 73 ressecção de tumores da ínsula (45 por acesso transsilviano) com monitorização de potencial evocado motor, nos quais o registro permaneceu estável em 56% dos casos, e naqueles em que houve deterioração do potencial, ela foi reversível, com intervenção em 29% dos casos, e resultado de paresia transitória no pós-operatório em 13%. Tiveram 11 casos (15%) com deterioração não reversível com medidas cirúrgicas.

Moshel, Marcus, et al.⁸⁵, apresentaram 38 pacientes com gliomas insular submetidos à ressecção transsilviana. Observaram que os casos em que pela ressonância e arteriografia o tumor deslocava medialmente as artérias lenticuloestriadas, tinham limites tumorais bem demarcados e puderam ser ressecados totalmente com morbidade neurológica mínima em 84% dos casos, ao passo que os casos de tumores que envolviam as artérias, sem deslocá-las, não tinham limites bem definidos e só foi possível ressecção total em 54%.

Duffau⁶⁹ publicou sua experiência pessoal ao longo de 10 anos, com 51 casos de glioma grau II envolvendo a ínsula, tratados cirurgicamente com mapeamento intraoperatório. Crise convulsiva foi relatada em 50 dos casos, sendo que 18% deles foram de epilepsia refratária. Com exceção de 3 casos, submetidos à cirurgia transsilviana, todos os outros foram por acesso transcortical. Em sua série, 59% dos pacientes apresentaram piora neurológica no pós-operatório imediato, sendo que somente 2 casos permaneceram com déficit no pós-operatório tardio.

Simon, Neuloh, et al.⁶⁷ resumiram sua experiência de 110 ressecções de tumores insulares de 94 pacientes em 10 anos, sendo 25% por via transsilviana e 75% transcortical, embora abrissem a fissura em 25% destes acessos transcorticais. Não foi usado mapeamento intraoperatório ou procedimento com paciente acordado, embora utilizassem neuronavegador em alguns casos. Houve ressecção >90% em 42% e 51% entre 70-90%; 76% apresentaram melhora das crises convulsivas em até 1 ano após o procedimento e 24% tiveram déficit no pós-operatório.

Sanai, Polley e Berger⁷⁰, apresentaram 115 procedimentos transcorticais, envolvendo 104 pacientes com gliomas insulares, sendo 60% deles baixo grau e 40% de alto. A apresentação clínica inicial mais comum foi crise convulsiva e o grau de ressecção >90% foi obtido em 23,1% da amostra, com taxa de déficit em pós-operatório tardio de 6%. A taxa de sobrevida global em 5 anos para paciente com ressecção acima de 90% foi de 100%, enquanto que foi de 84% para os com ressecção inferior a 90%.

Kawaguchi et al.⁸⁶, em estudo com 83 pacientes com gliomas insulo- operculares - sendo 64 de alto e 19 de

baixo grau - com tempo de acompanhamento médio de 3,3 anos, obteve mortalidade zero. Observaram como indicadores para ressecção máxima com menor chance de complicações neurológicas os seguintes: tumores com limites definidos, não captação de contraste, não envolvimento das artérias lenticuloestriadas, extremidade superior do sulco central da ínsula intacta.

Ius, Paulett, et al.⁸⁷ estudaram 52 casos de pacientes com glioma de ínsula, cuja clínica pré-operatória era crise convulsiva. Os pacientes foram submetidos à cirurgia com monitorização intraoperatória, neuronavegação, EEG e eletrocorticografia transoperatória. Apresentaram 67,31% da amostra com resolução das crises convulsivas com 12 meses de pós-operatório, e observaram que o índice de ressecção da lesão >90% foi significativo neste grupo.

CONCLUSÃO

Não ficou evidenciada, com esta revisão, diferença estatística representativa entre as abordagens transsilviana e transcortical com a extensão da ressecção em gliomas insulares e, também não, quanto à morbidade pós-operatória. Nesta mesma perspectiva, não existiu correlação entre o tipo de abordagem utilizada com a sobrevida. Deste modo, conclui-se que a discussão entre as diferentes escolas de tipos de abordagem é inócua, sendo mais ideológica, visto que refletem a rotina de diferentes grupos de neurocirurgiões e não é baseada em argumentos estatísticos.

Afiliação dos autores:

¹Hospital do Rocio, Campo Largo, PR, Brasil

²National Science and Technology Institute for Children's Cancer Biology and Pediatric Oncology-INCT BioOncoPed, Porto Alegre, RS, Brasil

³Spall Therapeutics, Porto Alegre, RS, Brasil

⁴Hospital de Base de Brasília, DF, Brasil

⁵Neurosurgical Innovations and Training Center for Skull Base and Microneurosurgery, New York, NY, USA

⁶Skull Base Surgical Lab, University of Miami School of Medicine, Miami, FL, USA

⁷Associação Piauiense de Combate ao Câncer, APCC, Teresina, PI, Brasil

⁸Universidade Estadual do Piauí, Teresina, PI, Brasil

Correspondência:

Gustavo Rassier Isolan

Email: gisolan@yahoo.com.br

Conflito de interesse: Nenhum

Financiamento: Nenhum

Como citar:

Buffon VA, Isolan GR, Barbosa B, Brito JNPO, de Araújo RL, Almeida TAL. Gliomas da ínsula: revisão anatômica e sua correlação com a extensão da ressecção, morbidade e sobrevida. *BioSCIENCE*. 2024;82:e007

Contribuição dos autores

Conceituação: Viviane Aline Buffon, Gustavo Rassier Isolan

Análise formal: Bernardo Barbosa

Investigação: Viviane Aline Buffon, Gustavo Rassier Isolan

Metodologia: Gustavo Rassier Isolan

Redação (esboço original): Viviane Aline Buffon, Gustavo Rassier Isolan

Redação (revisão e edição): Ricardo Lopes de Araújo, Timoteo Almeida

Recebido em: 09/10/2023

Aceito em: 07/01/2024

REFERÊNCIAS

- Hervy-Jumper SL, Li J, Osorio JA, Lau D, Molinaro AM, benet A, et al. Surgical assessment of the insula. Part 2: validation of the Berger-Sanai zone classification system for predicting extent of glioma resection. *J Neurosurg*. 2016;124(2):482-8. Doi: 10.3171/2015.4.JNS1521
- Yasargil MG. Tumores dos sistemas límbico e paralímbico. *Acta Neurochir (Wien)*. 1992;118:40-52.
- Li DF, Freeman AW, Tran-Dinh H, Morris JG. A Cartesian coordinate system for human cerebral cortex. *J Neurosci Methods*. 2003;125(1-2):137-45. Doi: 10.1016/S0165-0270(03)00046-3
- Duffau H. New concepts in surgery of WHO grade II gliomas: functional brain mapping, connectionism and plasticity – a review. *J Neuro-Oncol*. 2006;79:77–115. Doi: 10.1007/s11060-005-9109-6
- De Benedictis A, Moritz-Gasser S, Duffau H. Awake mapping optimizes the extent of resection for low-grade gliomas in eloquent areas. *Neurosurgery*. 2010;66(6):1074-84.
- Duffau H. The dangers of magnetic resonance imaging diffusion tensor tractography in brain surgery. *World Neurosurg*. 2014;81(1):56-8.
- Benet A, Hervy-Jumper SL, Sánchez JG, Lawton MT, Berger MS. Surgical assessment of the insula. Part 1: surgical anatomy and morphometric analysis of the transylvian and transcortical approaches to the insula. *J Neurosurg*. 2016;124(2):469–81. Doi: 10.3171/2014.12.JNS142182
- Potts MB, Chang EF, Young WL, Lawton MT. Transylvian-Transinsular Approaches to the Insula and Basal Ganglia: Operative Techniques and Results with Vascular Lesions. *Neurosurgery*. 2012;70(4):824–34. Doi: 10.1227/NEU.0b013e318236760d
- Safae MM, Englot DJ, Han SJ, Lawton M, Berger MS. The transylvian approach for resection of insular gliomas: technical nuances of splitting the Sylvian fissure. *J Neurooncol*. 2016;130:283-87. Doi: 10.1007/s11060-016-2154-5
- Duffau H, Capelle L, Lopes M, Failot T, Sichez JP, Fohanno D. The Insular Lobe: Physiopathological and Surgical Considerations. *Neurosurgery*. 2000;47(4):801-11. Doi: 10.1097/00006123-200010000-00001
- Sanai N, Berger MS. Glioma Extent of Resection and its Impact on Patient Outcome. *Neurosurgery*. 2008;62:753–66.
- De Benedictis A, Duffau H. Brain Hodotopy: From Esoteric Concept to Practical Surgical Applications. *Neurosurgery*. 2011;68:1709–23.
- Fernández-Miranda JC, de Oliveira E, Runino PA, Wen HT, Rhoton-JR AL. Microvascular anatomy of the medial temporal region: part 1: its application to arteriovenous malformation surgery. *Neurosurgery*. 2010;67:237-76. Doi: 10.1227/01.NEU.0000381003.74951.35
- Guenot M, Isnard J, Sindou M. Surgical Anatomy of the Insula. *Adv Tech Stand Neurosurg*. 2004;29:265-88.
- Isolan GR, Oliveira R, Recalde R. Estudo Microanatômico da Fissura Coroidéia na Abordagem dos Ventriculos e Cisternas Cerebrais. *Arq Neuropsiquiatr*. 2005;63(3-B):801-806.
- Kalani MYS, Kalani MA, Gwinn R, Keogh B, Tse VCK. Embryological development of the human insula and its implications for the spread and resection of insular gliomas. *Neurosurg Focus*. 2009;27(2):E2. Doi: 10.3171/2009.5.FOCUS0997
- Krayenbühl N, Isolan, GR, Hafez A, Yasargil 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;30:8–15. Doi: 10.1007/s10143-006-0053-5
- Mandonnet E, Capelle L, Duffau H. Extension of paralimbic low grade gliomas: toward an anatomical classification based on white matter invasion patterns. *J Neurooncol*. 2006;78:179–85.
- Ribas G, Bento R, Rodrigues R. Anaglyphic three-dimensional stereoscopic printing: revival of an old method for anatomical and surgical teaching and reporting. *J Neurosurg*. 2001;95:1057–66.
- Ribas GC, Yasuda A, Ribas EC, Nishikuni K, Rodrigues-Jr AJ. Surgical Anatomy of Microneurosurgical Sulcal Key Points. *Operative Neurosurgery*. 2006;59(Suppl 4):ONS-177 – ONS-211. Doi: 10.1227/01.NEU.0000240682.28616.b2
- Ribas G, Oliveira EA. A Ínsula e o Conceito de Bloco Cerebral Central. *Arq Neuropsiquiatr*. 2007;65(1):92-100.
- Robles SG, Gatignol P, Capelle L, Mitchel MC, Duffau H. The role of dominant striatum in language: a study using intraoperative electrical stimulations. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2005;76:940-6. Doi: 10.1136/jnnp.2004.045948
- Tanriover N, Rhoton Jr AL, Kawashima M, Ulm AJ, Yasuda A. Microsurgical anatomy of the insula and the sylvian fissure. *J Neurosurg*. 2004;100:891–922. Doi: 10.3171/jns.2004.100.5.0891
- Türe U, Yasargil DC, Al-Mefty O, Yasargil MG. Topographic anatomy of the insular region. *J Neurosurgery*. 1999;90:720–33. Doi: 10.3171/jns.1999.90.4.0720
- Türe U, Yasargil MG, Al-Mefty O, Yasargil DC. Arteries of the insula. *J Neurosurg*. 2000;92:676–87. Doi: 10.3171/jns.2000.92.4.0676
- Vanaclocha V, Saiz-Sapena N, Garcia-Casasola C. Surgical Treatment of Insular Gliomas. *Acta Neurochir (Wien)*. 1997;139:1126-35.

27. Wen HT, Rhoton-Jr AL, de Oliveira E, Cardoso AC, Tedeschi H, Baccanelli M, et al. Microsurgical anatomy of the temporal lobe: part 1: mesial temporal lobe anatomy and its vascular relationships as applied to amygdalohippocampectomy. *Neurosurgery*. 1999;45(3):549-91. Doi: 10.1097/00006123-199909000-00028
28. Wen HT, Rhoton-Jr AL, de Oliveira E, Castro LHM, Figueiredo EG, Teixeira MJ. Microsurgical anatomy of the temporal lobe: part 2--sylvian fissure region and its clinical application. *Neurosurgery*. 2009;65(6 Suppl):1-36. Doi: 10.1227/01.NEU.0000336314.20759.85
29. Bertani E, Fava E, Casaceli G, Carrabba G, Casarotti A, Papagno C, et al. Intraoperative mapping and monitoring of brain functions for the resection of low-grade gliomas: technical considerations. *Neurosurg Focus*. 2009;27(4):E4. Doi: 10.3171/2009.8.FOCUS09137
30. Claus EB, Horlacher A, Hsu L, Schwartz RB, Dello-Iacono D, Talos F, et al. Survival Rates in Patients with Low-Grade Glioma after Intraoperative Magnetic Resonance Image Guidance. *Cancer*. 2005;103(6):1227-33. Doi: 10.1002/cncr.20867
31. 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 anatomo-functional study. *Brain*. 2002;125(Pt 1):199-214. Doi: 10.1093/brain/awf016
32. Isolan GR, Campero A, Ajler P, Garcete F, Edgar M, Frigeri TM, et al. Parte I: Anatomía microquirúrgica tridimensional de la insula. *Rev Argent Neuroc*. 2020;34(2):100-15.
33. Petitto CE, Figueiredo EG, da Silva CC, Navarro HC, Teixeira MJ. Gliomas de insula: considerações clínico-radiológicas, decisão anestésica e aspectos cirúrgicos. *Arq Bras Neurocir*. 2013;32(2):90-7.
34. Isolan GR, Campero A, Ajler P, Farina EMG, Frigeri TM, Dini LI. Parte I: Anatomía microquirúrgica tridimensional de la insula. *Rev Argent Neuroc*. 2020;34(2):100-5. Rhoton Jr. AL. Cérebro. In: Rhoton Jr. AL. *Cranio Anatomia e Acessos Cirúrgicos*. ed. Rio de Janeiro: Di Livros, 2009. Cap. Parte II Capítulo I, p. 35-85.
35. Rhoton Jr. AL. Cérebro. In: Rhoton Jr. AL. *Cranio Anatomia e Acessos Cirúrgicos*. ed. Rio de Janeiro: Di Livros; 2009. Cap. Parte II Capítulo I, p. 35-85
36. Maldonado IL, Zemmoura I, Destrieux C. Gross Anatomy of the Human Insula. In: Turgut M, Yurttas C, Tubbs RS. *Island of Reil (Insula) in The Human Brain*. Springer, 2018. Cap. 2, p. 15-22.
37. Clark CA, Barrick TR, Murphy MM, Bell BA. White matter fiber tracking in patients with space-occupying lesions of the brain: a new technique for neurosurgical planning? *NeuroImage*. 2003;20(3):1601-8. Doi: 10.1016/j.neuroimage.2003.07.022
38. Berman JI, Berger MS, Mukherjee P, Henry RG. Diffusion-tensor imaging-guided tracking of fibers of the pyramidal tract combined with intraoperative cortical stimulation mapping in patients with gliomas. *J Neurosurg*. 2004;101(1):66-72. Doi: 10.3171/jns.2004.101.1.0066
39. Kamada K, Todo T, Masutani Y, Aoki S, Ino AK, Takano T, et al. Combined use of tractography-integrated functional neuronavigation and direct fiber stimulation. *J Neurosurg*. 2005;102(4):664-72. Doi: 10.3171/jns.2005.102.4.0664
40. Catani M, Jones DK, Ffytche H. Perisylvian Language Networks of the Human Brain. *Ann Neurol*. 2005;57(1):8-16.
41. Ebeling U, Von Cramon D. Topography of the Uncinate Fascicle and Adjacent Temporal Fiber Tracts. *Acta Neurochir (Wien)*. 1992;115(3-4):143-8.
42. Fernandez-Miranda JC, Rhoton-Jr AL, Alvarez-Linera J, Kakizawa Y, Choi C, de Oliveira EP. Three-Dimensional Microsurgical and Tractographic Anatomy of the White Matter of the Human Brain. *Neurosurgery*. 2008;62(6 Suppl 3):989-1027. Doi: 10.1227/01.neu.0000333767.05328.49
43. Kier EL, Staib LH, Davis LM, Bronen RA. MR Imaging of the Temporal Stem: Anatomic Dissection Tractography of the Uncinate Fasciculus, Inferior Occipitofrontal Fasciculus, and Meyer's Loop of the Optic Radiation. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2004;25(5):677-91. Available at: <http://www.ajnr.org/content/25/5/677.long>.
44. Celik S. Anatomy of the Insular Arteries. In: Turgut M, Yurttas C, Tubbs RS. *Island of Reil (Insula) in the Human Brain*. ed. Springer; 2018. Chapter 4, p. 39-54.
45. Rhoton AL. Artérias Supratentoriais. In: Rhoton AL. *Crânio - Anatomia e Acessos Cirúrgicos*. Translation by Tales Henrique Ulhoa. Lippincott Williams & Wilkins; 2009. v. 1. Chapter 2, Section 2, p. 87-153.
46. Gibo H, Carver CC, Rhoton-Jr AL, Lenkey C, Mitchell RJ. Microsurgical anatomy of the middle cerebral artery. *J Neurosurg*. 1981;54(2):151-69. Doi: 10.3171/jns.1981.54.2.0151
47. Tanriover N, Kawashima M, Rhoton-Jr AL, Ulm AJ, Mericle RA. Microsurgical anatomy of the early branches of the middle cerebral artery: morphometric analysis and classification with angiographic correlation. *J Neurosurg*. 2003;98(6):1277-90. Doi: 10.3171/jns.2003.98.6.1277
48. Varnavas GG, Grand W. The insular cortex: morphological and vascular anatomic characteristics. *Neurosurgery*. 1999;44(1):127-36; discussion 136-8.
49. Augustine JR. The insular lobe in primates including humans. *Neurol Res*. 1985;7:2-10.
50. Ardila A. Participation of the insula in Language. In: Turgut M, Yurttas C, Tubbs RS. *Island of Reil (Insula) in the Human Brain*. Springer; 2018. Chapter 12, p. 123-8.
51. Stevenson RJ, Francis HM, Ragg CJ. Gustatory Areas Within the Insular Cortex. In: Turgut M, Yurttas C, Tubbs RS. *Island of Reil (Insula) in the Human Brain*. Springer; 2018. Chapter 14, p. 136-146.
52. Chollet F, DiPiero V, Wise RJ, Brooks DJ, Dolan RJ, Franckowiak RS. The functional anatomy of motor recovery after stroke in humans: a study with positron emission tomography. *Ann Neurol*. 1991;29(1):63-71. Doi: 10.1002/ana.410290112
53. Augustine JR. Circuitry and functional aspects of the insular lobe in primates including humans. *Brain Res Rev*. 1996;22:229-44.
54. Kubicki M, Westin CF, Maier SE, Frumin M, Nestor PG, Salisbury DF, et al. Uncinate fasciculus findings in schizophrenia: a magnetic resonance diffusion tensor imaging study. *Am J Psychiatry*. 2002;159(5):813-20. Doi: 10.1176/appi.ajp.159.5.813
55. Kubicki M, Park H, Westin CF, Nestor PG, Mulkern RV, Maier SE, et al. DTI and MTR abnormalities in schizophrenia: analysis of white matter integrity. *Neuroimage*. 2005;26(4):1109-18. Doi: 10.1016/j.neuroimage.2005.03.026
56. Ministério da Saúde. Instituto Nacional do Câncer-INCA. Câncer do Sistema Nervoso Central. Available at: <https://www.inca.gov.br/tipos-de-cancer/cancer-do-sistema-nervoso-central>. Accessed February 5, 2021.
57. Ostrom QT, Bauchet L, Davis FG, Deltour I, Fisher JL, Langer CE, et al. The epidemiology of glioma in adults: a "state of the science" review. *Neuro-Oncology*. 2014;16(7):1-18. Doi: 10.1093/neuonc/nou087
58. Dubrow R, Darefsky AS. Demographic variation in incidence of adult glioma by subtype, United States, 1992-2007. *Cancer*. 2011;117(21):1-10.
59. Walker DG, Kaye AH. Low grade glial neoplasms. *J Clin Neurosci*. 2003 Jan;10(1):1-13.
60. Ostrom QT, Gittleman H, Farah P, Ondracek A, Chen Y, Wilinsky Y, et al. CBTRUS Statistical Report: Primary Brain and Central Nervous System Tumors Diagnosed in the United States in 2006-2010. *Neuro-Oncology*. 2013;15 Suppl 2:iii1-ii56. Doi: 10.1093/neuonc/nt151
61. Bauchet L, Mathieu-Daudé H, Fabbro-Peray P, Rigau V, Fabbro M, Chinot O, et al. Oncological patterns of care and outcome for 952 patients with newly diagnosed glioblastoma in 2004. *Neuro-Oncology*. 2010;12(7):725-35. Doi: 10.1093/neuonc/naq030
62. Jakola AS, Myrnes KS, Kloster R, Torp SH, Lindal S, Unsgard G, et al. Comparison of a Strategy Favoring Early Surgical Resection vs a Strategy Favoring Watchful Waiting in Low-Grade Gliomas. *JAMA*. 2012;307(18):1881-8. Doi: 10.1001/jama.2012.12807
63. Keles GE, Lamborn KR, Berger MS. Low-grade hemispheric gliomas in adults: a critical review of extent of resection as a factor influencing outcome. *J Neurosurg*. 2001;95(5):735-45.
64. Smith S, Chang EF, Lamborn KR, Chang SM, Prados MD, Cha S, et al. Role of Extent of Resection in the Long-Term Outcome of Low-Grade Hemispheric Gliomas. *J Clin Oncol*. 2008;26(8):1338-45. Doi: 10.1200/JCO.2007.13.9337
65. Duffau H, Capelle L. Preferential Brain Locations of Low-Grade Gliomas - Comparison with Glioblastomas and Review of Hypothesis. *Cancer*. 2004;100(12):2622-6.
66. Lang FF, Olsan NE, DeMonte F, Gokaslan ZL, Holland EC, Kalhorn C, et al. Surgical resection of intrinsic insular tumors: complication avoidance. *J Neurosurg*. 2001;95(4):638-50.
67. Simon M, Neuloh G, Lehe MV, Meyer B, Schramm J. Insular gliomas: the case for surgical management. *J Neurosurg*. 2009;110(5):685-95.
68. Taillandier L, Duffau H. Epilepsy and insular Grade II gliomas: an interdisciplinary point of view from a retrospective monocentric series of 46 cases. *Neurosurg Focus*. 2009;27(2):E8.
69. Duffau H. A personal consecutive series of surgically treated 51 cases of insular WHO Grade II glioma: advances and limitations. *J Neurosurg*. 2009;110(5):696-708. Doi: 10.3171/2008.8.JNS08741

70. Sanai N, Polley MY, Berger MS. Insular glioma resection: assessment of patient morbidity, survival, and tumor progression. *J Neurosurg.* 2010;112(1):1-9.
71. Rolston JD, Englot DJ, Benet A, Li J, Cha S, Berger MS. Frontal operculum gliomas: language outcome following resection. *J Neurosurg.* 2015;122(3):725-34. Doi: 10.3171/2014.11.JNS132172
72. Little AS, Liu S, Beeman S, Sankar T, Preul MC, Hu LS, et al. Brain Retraction and Thickness of Cerebral Neocortex: An Automated Technique for Detecting Retraction-Induced Anatomic Changes Using Magnetic Resonance Imaging. *Neurosurgery.* 2010;67(4):897-903. Doi: 10.1227/01.NEU.0000374699.12150.0
73. Duffau H, Bauchet L, Lehericy S, Capelle L. Functional compensation of the left dominant insula for language. *Neuroreport.* 2001;12(1):199-214. Doi: 10.1097/00001756-200107200-00023
74. Duffau H, Capelle L, Denvil D, Sichez N, Gatignol P, Lopes M, et al. Functional recovery after surgical resection of low grade gliomas in eloquent brain: hypothesis of brain compensation. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2003;74(7):901-7. Doi: 10.1136/jnnp.74.7.901
75. De Noordhout AM, Born JD, Remacle JM, Delwaide PJ. Intraoperative localization of the primary motor cortex using single electrical stimuli. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1996;60(4):442-4. Doi: 10.1136/jnnp.60.4.442
76. Kombos T, Suess O, Kern BC, Funk T, Hoell T, Kopetsch O, et al. Comparison between monopolar and bipolar electrical stimulation of the motor cortex. *Acta Neurochir (Wien).* 1999;141(12):1295-301. Doi: 10.1007/s007010050433
77. Lüders H, Lesser RP, Dinner DS, Morris HH, Wyllie E, Godoy J. Localization of cortical function: new information from extraoperative monitoring of patients with epilepsy. *Epilepsia.* 1988;29 Suppl 2:S56-65. Doi: 10.1111/j.1528-1157.1988.tb05799.x
78. Berger MS, Kincaid J, Ojemann GA, Lettich E. Brain Mapping Techniques to Maximize Resection, Safety and Seizure Control in Children with Brain Tumors. *Neurosurgery.* 1989;25(5):786-92. Doi: 10.1097/00006123-198911000-00015
79. Berger MS, Ojemann GA. Intraoperative brain mapping techniques in neuro-oncology. *Stereotact Funct Neurosurg.* 1992;58(1-4):153-61.
80. Duffau H, Capelle L, Sichez J, Failot T, Abdennour L, Koune JDL, et al. Intra-Operative Direct Electrical Stimulations of the Central Nervous System: The Salpêtrière Experience With 60 Patients. *Acta Neurochir (Wien).* 1999;141(11):1157-67. Doi: 10.1007/s007010050413
81. Meyer FB, Bates LM, Goerss SJ, Friedmann JA, Windschitl WL, Duffy JR, et al. Awake craniotomy for aggressive resection of primary gliomas located in eloquent brain. *Mayo Clin Proc.* 2001;76(7):677-87. Doi: 10.4065/76.7.677
82. Zentner J, Meyer B, Stangl A, Schramm J. Intrinsic tumors of the insula: a prospective surgical study of 30 patients. *J Neurosurg.* 1996;85(2):263-71. Doi: 10.3171/jns.1996.85.2.0263
83. Hentschel SJ, Lang F. Surgical Resection of Intrinsic Insular Tumors. *Neurosurgery.* 2005;57(ONS Suppl 1):ONS-176-ONS-183.
84. Neuloh J, Pechstein U, Schramm J. Motor tract monitoring during insular glioma surgery. *J Neurosurg.* 2007;106(4):582-92.
85. Moshel YA, Marcus JDS, Parker EC, Kelly PJ. Resection of insular gliomas: the importance of lenticulostriate artery position. *J Neurosurg.* 2008;109(4):825-34. Doi: 10.3171/JNS/2008/109/11/0825
86. Kawaguchi T, Kumabe T, Saito R, Kanamori K, Wasaki M, Yamashita Y, et al. Practical surgical indicators to identify candidates for radical resection of insulo-opercular gliomas. *J Neurosurg.* 2014;121(1):1124-32. Doi: 10.3171/2014.7.JNS13899
87. Lus T, Pauletto G, Isola M, Gregoraci G, Budai R, Lettieri C, et al. Surgery for insular low-grade glioma: predictors of postoperative seizure outcome. *J Neurosurg.* 2014;120(6):1238-44. Doi: 10.3171/2013.9.JNS13728