EDUARDO SANTAMARIA CARVALHAL RIBAS

**Anatomia microcirúrgica da região do sulco
limitante inferior da ínsula**

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

Programa de Neurologia

Orientador: Prof. Dr. Wen Hung Tzu

**SÃO PAULO
2017**

Mentem et manum adhibere

*(Mente e mãos fazem o trabalho,
não os instrumentos)*

Andreas Vesalius

*À minha esposa Raquel, por iluminar minha vida
com seu amor e compartilhar meus sonhos.*

*Aos meus pais e irmãos, por formarem uma
família especial e me darem todas as
possibilidades de alcançar meus objetivos.*

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai Prof. Dr. Guilherme Carvalhal Ribas, por ser meu grande exemplo na vida pessoal e profissional. Não há palavras para expressar minha gratidão por todas as oportunidades e amor que sempre recebi.

Ao Prof. Dr. Manoel Jacobsen Teixeira, Professor Titular da Disciplina de Neurocirurgia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, pelo incentivo constante e por transformar nosso ambiente de trabalho em um local amistoso e proífico para o desenvolvimento da nossa ciência.

Ao meu orientador Dr. Wen Hung Tzu, por ter sido fundamental na minha formação como neurocirurgião e por me guiar durante o doutorado.

Ao Prof. Dr. Albert Rhoton Jr. (*in memoriam*), por me receber no seu laboratório e sempre destacar que o conhecimento da neuroanatomia pode transformar nossas cirurgias em mais precisas, seguras e delicadas para benefício de nossos pacientes.

Ao Dr. Evandro Pinto da Luz de Oliveira por sempre me indicar os melhores caminhos e possibilitar meu estágio de neuroanatomia com Prof. Dr. Albert Rhoton Jr.

Aos meus colegas estagiários e aos funcionários do Laboratório de Neuroanatomia Microcirúrgica da Universidade de Flórida: Alejandro, Kaan, Ken, Leila, Maria, Noritaka, Takashi, Thomas, Tomás, Laura, Robin e Dave. A amizade e brilhantismo de todos contribuiu sinergicamente para que nosso estágio fosse ainda mais proveitoso.

Aos meus colegas do corpo clínico da neurocirurgia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, pela amizade e companheirismo que vão nos acompanhar por toda a nossa carreira.

Aos colegas de equipe: André, Ygor, Arthur, Eunice, Guilherme, Koshiro e Nelson, pela convivência diária com amizade, carinho e respeito.

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

Referências: adaptado de *International Committee of Medical Journals Editors* (Vancouver).

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Serviço de Biblioteca e Documentação. *Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias*.

Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Julia de A. L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 3ª ed. São Paulo: Divisão de Biblioteca e Documentações; 2011.

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

SUMÁRIO

Lista de abreviaturas e siglas

Lista de figuras

Lista de tabelas

Lista de gráficos

Resumo

Abstract

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	OBJETIVO	9
3	REVISÃO DA LITERATURA	13
3.1	Considerações Sobre o Estudo das Fibras Brancas Subcorticais.....	15
3.1.1	Interesse histórico pela neuroanatomia	15
3.1.2	Histórico da dissecação das fibras brancas subcorticais.....	18
3.1.3	Joseph Klingler e sua técnica de dissecação de fibras brancas.....	21
3.1.4	Outros métodos de estudo das fibras brancas subcorticais	23
3.1.5	Impacto do conhecimento das fibras brancas na neurocirurgia moderna	26
3.2	Considerações Anatômicas sobre as Fibras Brancas Subcorticais	30
3.2.1	Organização geral das fibras brancas subcorticais.....	30
3.2.2	Principais feixes de fibras brancas	33
3.2.2.1	Fibras de associação	33
3.2.2.2	Fibras comissurais	44
3.2.2.3	Fibras de projeção	47
3.2.3	Principais grupos de fibras brancas.....	77
3.3	Considerações Anatômicas sobre o Lobo Temporal	90
3.3.1	Anatomia cortical do lobo temporal	90
3.3.2	Anatomia subcortical do lobo temporal.....	94
3.3.2.1	Sob as superfícies lateral e opercular	94
3.3.2.2	Sob a superfície basal.....	98
3.3.2.3	Sob a superfície medial	99
3.3.3	Anatomia do corno temporal do ventrículo lateral	100
3.4	Considerações sobre os acessos cirúrgicos ao corno temporal do ventrículo lateral	103
3.4.1	Acessos cirúrgicos laterais ao corno temporal do ventrículo lateral.....	105
3.4.2	Acessos cirúrgicos inferiores ao corno temporal do ventrículo lateral.....	107
3.4.3	Acessos cirúrgicos trans-silvianos ao corno temporal do ventrículo lateral	109
4	MÉTODOS.....	113
4.1	Espécimes Anatômicos	115
4.2	Aspectos Éticos.....	116

4.3	Preparação dos Espécimes Anatômicos.....	116
4.3.1	Perfusão dos vasos cerebrais com silicone	117
4.3.2	Retirada dos hemisférios cerebrais do compartimento intracraniano	118
4.3.3	Técnica de congelamento de Klingler.....	119
4.4	Dissecção dos Espécimes e Mensuração	119
4.5	Documentação Fotográfica	121
4.6	Análise dos Resultados	121
5	RESULTADOS.....	123
5.1	Superfície Cortical	125
5.2	Organização das Fibras Brancas Profundas ao Sulco Limitante Inferior da Ínsula.....	132
5.2.1	Camada superficial - Cápsula extrema.....	136
5.2.2	Camada intermediária - Cápsula externa e comissura anterior.....	139
5.2.3	Camada profunda - Radiações óptica e auditiva.....	146
5.3	Amígdala, Epêndima e Corno Temporal do Ventrículo Lateral.....	155
5.4	Análise Topográfica do Compartimento Subcortical entre o SLI e CTVL	159
5.4.1	Fibras curtas de associação	166
5.4.2	Fascículo uncinado.....	166
5.4.3	Fascículo fronto-occipital inferior	167
5.4.4	Fibras claustro-corticais	169
5.4.5	Comissura anterior	170
5.4.6	Radiação óptica	171
5.4.7	Análise em conjunto dos principais feixes de fibras brancas na profundidade do SLI.....	172
6	DISCUSSÃO.....	175
6.1	Limites e Aplicações da Técnica de Dissecção de Klingler	177
6.2	Anatomia e Funções Cerebrais	180
6.2.1	Superfície cortical	180
6.2.2	Substância branca subcortical	183
6.2.3	Amígdala.....	191
6.3	Considerações sobre os Acessos Cirúrgicos ao CTVL.....	193
7	CONCLUSÕES.....	199
8	ANEXOS	203
9	REFERÊNCIAS	211
	APÊNDICE.....	239

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CA	-	Comissura anterior
CEP-FMUSP	-	Coordenadoria de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
CGL	-	Corpo geniculado lateral
CTVL	-	Corno temporal do ventrículo lateral
DTI	-	Imagens por tensor de difusão (<i>Diffusion tensor imaging</i>)
DWI	-	Imagens pesadas pela difusão das moléculas de água (<i>Diffusion-weighted imaging</i>)
FCC	-	Fibras claustro-corticais
FFOI	-	Fascículo fronto-occipital inferior
FLI	-	Fascículo longitudinal inferior
FLS	-	Fascículo longitudinal superior
FU	-	Fascículo uncinado
PFL	-	Ponto frontal do límen
PIP	-	Ponto insular posterior
PTL	-	Ponto temporal do límen
RO	-	Radiação óptica
SLI	-	Sulco limitante inferior da ínsula

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Feixes de fibras interconectando estruturas encefálicas e diencefálicas, representadas em um diagrama em plano transverso	69
Figura 2 -	Interior do corno temporal do ventrículo lateral	104
Figura 3 -	Acessos cirúrgicos ao corno temporal do ventrículo lateral (CTVL)	104
Figura 4 -	Superfície superolateral do cérebro	125
Figura 5 -	Subdivisão da superfície superolateral do cérebro em lobos	126
Figura 6 -	Abertura do sulco lateral do cérebro (fissura silviana)	128
Figura 7 -	Opérculos peri-silvianos	128
Figura 8 -	Sulcos limitantes da ínsula	129
Figura 9 -	Límen da ínsula	129
Figura 10 -	Exposição da superfície cortical da ínsula através da abertura do sulco lateral do cérebro e retração dos opérculos	130
Figura 11 -	Limites da superfície cortical da ínsula caracterizados pelos sulcos limitantes anterior, superior e inferior	130
Figura 12 -	Demonstração da organização dos principais feixes de fibras brancas na região da ínsula em camadas em diferentes profundidades	133
Figura 13 -	Exposição do CTLV na profundidade do segmento anterior do sulco limitante anterior da ínsula	134
Figura 14 -	Exposição do CTLV e do átrio ventricular na profundidade do sulco limitante anterior da ínsula	135
Figura 15 -	Exposição do ventrículo lateral na profundidade dos sulcos limitantes da ínsula	135
Figura 16 -	Fibras arqueadas ou em “U”	137
Figura 17 -	Fascículo longitudinal superior	137
Figura 18 -	Cápsula extrema	138
Figura 19 -	Sulcos limitantes da ínsula e os pontos frontal e temporal do límen	138

Figura 20 - Cápsula externa.....	140
Figura 21- Fascículo uncinado, fascículo fronto-occipital inferior e fibras claustró-corticais.....	141
Figura 22- Putame.....	141
Figura 23- Comissura anterior	142
Figura 24 - Globo pálido.....	142
Figura 25 - Cápsula interna.....	149
Figura 26 - Cápsula interna e corona radiata	150
Figura 27 - Radiação óptica.....	151
Figura 28 - <i>Tapetum</i>	151
Figura 29 - Visão magnificada do tapetum.....	152
Figura 30 - <i>Ansa peduncularis</i>	152
Figura 31 - Abertura do CTVL.....	153
Figura 32 - Imagem demonstrando que a cápsula extrema é localizada imediatamente sob o córtex insular, e abaixo da mesma são encontradas fibras do fascículo uncinado, do fascículo fronto-occipital inferior e fibras claustró-corticais	153
Figura 33 - Imagem demonstrando que a dissecação mais profunda na região da ínsula leva à identificação do putame e do globo pálido.....	154
Figura 34 - Imagem demonstrando que a remoção das fibras do fascículo uncinado, do fascículo fronto-occipital inferior e da comissura anterior leva à identificação da amígdala na região temporal medial e de fibras da cápsula interna/corona radiata na região temporal posterior, entre elas com destaque à alça de Meyer.....	154
Figura 35 - Imagem demonstrando que a remoção das fibras da cápsula interna/corona radiata, leva à identificação na profundidade da região temporal posterior de fibras do corpo caloso que constituem o tapetum, e na região frontal à exposição da cabeça do núcleo caudado.....	155
Figura 36 - Bloco central do cérebro (central core).....	156
Figura 37- A maior parte da região temporal medial é separada desse bloco central através da abertura da fissura coroideia	157

Figura 38 - A fissura coroideia termina no ponto coroideo inferior. Anteriormente a esse ponto não há fissura coroideia, e nota-se que a amígdala e a região temporal medial anteriormente a esse ponto estão conectados superiormente e medialmente ao bloco central do cérebro.....	157
Figura 39 - A separação da amígdala e da região temporal medial mais anterior do bloco central do cérebro pode ser feita se conectando o local de bifurcação da artéria carótida interna ao ponto coroideo inferior	158
Figura 40 - Linha carótida-coroideia	158
Figura 41 - Mensuração do sulco limitante inferior da ínsula.....	160
Figura 42 - Mensuração das fibras da cápsula extrema sob o SLI em relação ao PTL.....	160
Figura 43 - Mensuração dos principais feixes de fibras da camada intermediária sob o SLI em relação ao PTL	161
Figura 44 - Mensuração das fibras da comissura anterior sob o SLI em relação ao PTL.....	161
Figura 45 - Mensuração das fibras da radiação óptica sob o SLI em relação ao PTL.....	162
Figura 46 - Mensuração da posição de reparos anatômicos profundos sob o SLI em relação ao PTL	162
Figura 47 - Acesso cirúrgico trans-silviano transinsular ao corno temporal do ventrículo lateral, em espécime cadavérico	164
Figura 48 - Resumo dos resultados em ilustração que representa a abertura do corno temporal do ventrículo lateral a partir do sulco limitante inferior da ínsula.....	165
Figura 49 - Resumo da análise em conjunto dos principais feixes de fibras brancas na profundidade do SLI	173
Figura 50 - A ínsula do macaco rhesus.....	182
Figura 51 - Esquema das vias subcorticais de linguagem	186

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Resultados da mensuração do sulco limitante inferior da ínsula nos espécimes estudados (dados mostrados em milímetros)	131
Tabela 2 -	Resultados da mensuração dos principais feixes de fibras brancas subcorticais profundos ao sulco limitante inferior da ínsula, amígdala, corno temporal do ventrículo lateral e ponto coroideo inferior nos espécimes estudados, sendo mostrado a posição de seus limites anteriores e posteriores em relação ao ponto temporal do límen (dados mostrados em milímetros)	145
Tabela 3 -	Resultados da mensuração da largura dos principais feixes de fibras brancas subcorticais profundos ao sulco limitante inferior da ínsula nos espécimes estudados (dados mostrados em milímetros).....	146

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Probabilidade de encontro de fibras curtas de associação no compartimento subcortical entre o SLI e o corno temporal do ventrículo lateral, ao longo da extensão do SLI. A posição ao longo da extensão do SLI foi mensurada a partir do ponto temporal do límen	166
Gráfico 2 - Probabilidade de encontro de fibras do fascículo uncinado no compartimento subcortical entre o SLI e o corno temporal do ventrículo lateral, ao longo da extensão do SLI. A posição ao longo da extensão do SLI foi mensurada a partir do ponto temporal do límen	167
Gráfico 3- Probabilidade de encontro de fibras do fascículo fronto-occipital inferior no compartimento subcortical entre o SLI e o corno temporal do ventrículo lateral, ao longo da extensão do SLI. A posição ao longo da extensão do SLI foi mensurada a partir do ponto temporal do límen	168
Gráfico 4 - Probabilidade de encontro de fibras claustro-corticais no compartimento subcortical entre o SLI e o corno temporal do ventrículo lateral, ao longo da extensão do SLI. A posição ao longo da extensão do SLI foi mensurada a partir do ponto temporal do límen	169
Gráfico 5 - Probabilidade de encontro de fibras da comissura anterior no compartimento subcortical entre o SLI e o corno temporal do ventrículo lateral, ao longo da extensão do SLI. A posição ao longo da extensão do SLI foi mensurada a partir do ponto temporal do límen	170
Gráfico 6 - Probabilidade de encontro de fibras da radiação óptica no compartimento subcortical entre o SLI e o corno temporal do ventrículo lateral, ao longo da extensão do SLI. A posição ao longo da extensão do SLI foi mensurada a partir do ponto temporal do límen	171

RESUMO

Ribas ESC. *Anatomia microcirúrgica da região do sulco limitante inferior da ínsula* [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2017.

INTRODUÇÃO: O acesso cirúrgico ao corno temporal do ventrículo lateral (CTVL) é realizado para tratamento de lesões temporais mediais, dentre as quais se destaca a esclerose hipocampal que leva à epilepsia, e pode ser realizado através das superfícies lateral ou inferior do lobo temporal ou pelo sulco lateral do cérebro (fissura silviana). O parênquima cerebral subcortical localizado entre o sulco limitante inferior da ínsula (SLI) e o CTVL é composto por importantes feixes de fibras brancas, os quais podem eventualmente ser lesionados nos acessos cirúrgicos trans-silvianos. **OBJETIVO:** Descrever a localização dos principais feixes de fibras brancas na região entre o SLI e o CTVL. **MÉTODOS:** Os principais feixes de fibras brancas subcorticais foram examinados em 14 hemisférios cerebrais cadavéricos adultos utilizando a técnica de dissecação de Klingler, sendo possível descrever suas posições em relação à extremidade anterior do SLI (nomeado de Ponto Temporal do Límen - PTL). **RESULTADOS:** Os principais feixes de fibras identificados profundamente ao SLI formam um arranjo multilaminar e podem ser divididos de acordo com a profundidade em que são encontrados. As fibras de associação curta da cápsula extrema, que continuam em direção aos opérculos, formam a camada subcortical mais superficial e foram encontradas sob todo o SLI. As fibras da cápsula externa são encontradas mais profundamente, em uma camada formada por três principais feixes em uma disposição anteroposterior sequencial: o fascículo uncinado (encontrado desde o PTL até $10,0 \pm 2,2$ mm posteriormente), o fascículo fronto-occipital inferior (encontrado entre $10,0 \pm 2,2$ mm e $35,5 \pm 2,7$ mm posterior ao PTL) e fibras claustro-corticais (encontradas desde $35,5 \pm 2,7$ mm posterior ao PTL até o final desse sulco). A extensão lateral da comissura anterior está logo abaixo dessa camada e suas fibras foram encontradas entre $8,4 \pm 1,8$ mm e $22,0 \pm 6,8$ mm posterior ao PTL. A camada mais profunda é formada pelas fibras da cápsula

interna/*corona radiata*, onde se destacam as radiações ópticas cujas fibras foram encontradas entre $10,6 \pm 3,4$ mm e $34,5 \pm 3,5$ mm posterior ao PTL.

CONCLUSÕES: O fascículo uncinado é aproximadamente encontrado sob o terço anterior do segmento anterior do SLI (entre o PTL e o corpo geniculado lateral), enquanto o fascículo fronto-occipital inferior e as fibras da radiação óptica são encontrados sob os dois terços posteriores deste segmento. Os resultados sugerem que na abordagem trans-silviana transinsular, uma incisão através do SLI, começando no PTL e se estendendo até 6 mm posteriormente, irá atravessar o fascículo uncinado, mas não o fascículo fronto-occipital inferior e as radiações ópticas.

Descritores: neuroanatomia; cérebro; substância branca; vias neurais; lobo temporal; ventrículos cerebrais; microcirurgia

ABSTRACT

Ribas ESC. *Microsurgical anatomy of the inferior insular limiting sulcus* [thesis]. São Paulo: “Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo”; 2017.

INTRODUCTION: The surgical approach to the temporal horn of the lateral ventricle (CTVL) is performed for treatment of medial temporal lesions, among which hippocampal sclerosis leading to epilepsy is emphasized, and can be performed through the lateral or inferior surfaces of the temporal lobe or through the sylvian fissure. The subcortical cerebral parenchyma located between the inferior limiting sulcus of the insula (SLI) and the CTVL is composed of important white matter fiber bundles, which may eventually be injured in transsylvian surgical approaches. **OBJECTIVES:** To describe the location of the main white matter fiber bundles in the region between SLI and CTVL. **METHODS:** The main subcortical white matter fiber bundles were examined in 14 adult cadaveric cerebral hemispheres using the Klingler dissection technique, and it was possible to describe their positions in relation to the anterior end of the SLI (named Temporal Limen Point - PTL). **RESULTS:** The main white matter fiber bundles identified deeply to the SLI form a multi-laminar arrangement that can be understood according to the depth in which they are found. The short association fibers of the extreme capsule, which continue toward the opercula, form the most superficial subcortical layer and were found underneath all the SLI. The external capsule fibers were found more deeply, in a layer formed by three main fiber bundles organized in a sequential anterior-posterior disposition: the uncinate fascicle (found from the PTL to 10.0 ± 2.2 mm posteriorly), the inferior fronto-occipital fascicle (found between 10.0 ± 2.2 mm and 35.5 ± 2.7 mm posterior to the PTL) and claustroradial fibers (found from 35.5 ± 2.7 mm posterior to PTL to the end of this sulcus). The lateral extension of the anterior commissure was below this layer and its fibers were found between 8.4 ± 1.8 mm and 22.0 ± 6.8 mm posterior to the PTL. The deepest layer is formed by the fibers of the internal capsule/*corona radiata*, where the optical radiation fibers were

distinguished and found between 10.6 ± 3.4 mm and 34.5 ± 3.5 mm posterior to the PTL. **CONCLUSIONS:** The uncinate fascicle is approximately found under the anterior third of the anterior SLI segment (between the PTL and the lateral geniculate body), while the inferior fronto-occipital fascicle and fibers of the optical radiation are found under the posterior two thirds of this segment. The results suggest that at the transsylvian-transinsular approach, an incision at the SLI, from the PTL to 6 mm posteriorly, will cross the uncinate fascicle, but not the inferior fronto-occipital fascicle and optical radiation fibers.

Descriptors: neuroanatomy; cerebrum; white matter; neural pathways; temporal lobe; cerebral ventricles; microsurgery

1 INTRODUÇÃO

O cérebro tem uma estrutura anatômica complexa, intrincada e delicada, e o estudo em detalhes de sua anatomia microcirúrgica possibilita ao neurocirurgião realizar cirurgias mais precisas e acuradas através do cérebro (Rhoton Jr., 2007). O conhecimento da localização das regiões corticais e subcorticais eloquentes e mais vulneráveis também é de grande importância ao neurocirurgião porque permite que suas cirurgias também sejam mais seguras e resultem em menor risco funcional ao paciente. A localização dessas estruturas geralmente é estudada em relação a pontos de referência cranianos ou cerebrais que podem ser identificados durante uma cirurgia e tornar esse conhecimento de aplicação mais fácil durante os procedimentos cirúrgicos.

O cérebro é tradicionalmente dividido em cinco lobos: frontal, parietal, occipital, temporal e límbico. O lobo temporal se distingue anatomicamente por ter o sulco lateral do cérebro (fissura silviana) como limite superior, o qual abriga a artéria cerebral média e seus ramos (Wen *et al.*, 1999). O sulco lateral do cérebro é um dos principais corredores de acesso cirúrgico a lesões vasculares, como aneurismas cerebrais, e a lesões selares e parasselares. Outras lesões vasculares, como malformações arteriovenosas e cavernomas, também são frequentes no lobo temporal (Stein, 1984; Yasargil *et al.*, 1987).

O polo temporal está imediatamente atrás da asa maior do osso esfenóide e sua superfície inferior repousa sobre a base do crânio, e assim o lobo temporal é frequentemente lesionado em traumas de crânio, sendo local usual de contusões

cerebrais. Evidências clínicas e experimentais também correlacionaram lesões do polo temporal a diferentes doenças, como síndrome de Klüver-Bucy, demência frontotemporal e Alzheimer (Dupont, 2002; Blaizot *et al.*, 2010).

Histologicamente, o lobo temporal apresenta áreas de organização cortical diferentes, onde padrões mais antigos filogeneticamente estão localizados mais medialmente e o mais recente está mais lateralmente. O allocórtex com três camadas pode ser encontrado na área pré-piriforme, no giro semilunar do *uncus* e no hipocampo; o mesocórtex com seis camadas no giro parahipocampal; e o isocórtex com seis camadas nos giros temporais superior, médio e inferior, nos giros transversos e no giro fusiforme.

O ventrículo lateral se prolonga para dentro do lobo temporal, sendo essa extensão denominada corno temporal do ventrículo lateral (CTVL). A abertura dessa cavidade é realizada para tratamento cirúrgico de lesões tumorais (Yasargil e Adamson, 1994; Smith e Spetzler, 1995; Yasargil *et al.*, 2004; de Oliveira *et al.*, 2012a; Türe *et al.*, 2012), vasculares (Heros, 1982; Yasargil, 1987; Ikeda *et al.*, 2002; Yasargil *et al.*, 2004; de Oliveira *et al.*, 2012a; Türe *et al.*, 2012) ou displásicas e/ou funcionais (Niemeyer, 1958; Marino e Rasmussen, 1968; Neimeyer, 1973; Wieser e Yasargil, 1982; Ojemann e Dodrill, 1985; Yasargil *et al.*, 1985; Ojemann *et al.*, 1989; Hori *et al.*, 1993; Park *et al.*, 1996; Olivier, 1997 e 2000; Wyler, 2000; Türe e Pamir, 2004; Yasargil *et al.*, 2004; Wen *et al.*, 2006; Wheatley, 2008; Wen *et al.*, 2009; Yasargil *et al.*, 2010; de Oliveira *et al.*, 2012b; Türe *et al.*, 2012), e também é usada como parâmetro de referência durante procedimentos cirúrgicos. É habitual o neurocirurgião entender as lesões temporais a partir de suas relações com o CTVL e, ao adentrar essa cavidade durante a cirurgia, o mesmo pode se localizar

com mais segurança e prosseguir com o procedimento. A fissura coroideia, localizada entre o tálamo e o fórnice, é identificada após abertura do CTVL e, por sua vez, também é usada como referência para desconexão e ressecção das estruturas temporais mesiais e pode ser uma via de acesso para a cisterna ambiente (*ambiens*) (Ikeda *et al.*, 2002; Hamlat *et al.*, 2008; Wang *et al.*, 2010; Wu *et al.*, 2010; Abla *et al.*, 2011).

A região temporal medial é altamente relacionada a patogênese da epilepsia temporal medial, onde a esclerose hipocampal se destaca. Essa forma de epilepsia tem importante interesse neurocirúrgico, devido ao grande controle de crises com a ressecção de estruturas temporais (Dasheiff, 1989), sendo em alguns casos a ressecção restrita da amígdala e do hipocampo suficientes (Gastaut, 1953; Penfield, 1954; Niemeyer, 1958).

Uma vez que o CTVL está localizado profundamente ao lobo temporal, sua abertura só é possível através da transgressão do parênquima cerebral. Diversos trajetos cirúrgicos para a abertura dessa cavidade são descritos, e a escolha de qual via a ser usada depende de diversos fatores. Caso uma certa lesão ventricular se estenda também para a superfície cerebral, o acesso cirúrgico tem geralmente como foco o local onde a lesão se torna mais superficial. Porém, em muitos casos e especialmente nas cirurgias para esclerose hipocampal, onde a lesão é restrita ao CTVL, a escolha da via de acesso tem que levar em consideração a organização anatomofuncional do lobo temporal porque qualquer uma delas irá atravessar obrigatoriamente o parênquima cerebral.

Diversos déficits neurológicos podem resultar de acessos cirúrgicos ao CTVL, sendo os principais relacionados aos campos visuais (Falconer e Wilson,

1958; Marino e Rasmussen, 1968; Henderson *et al.*, 1985; Koehler *et al.*, 1986; Tecoma *et al.*, 1993; Shahinfar *et al.*, 1995; Guenot *et al.*, 1999; Hughes *et al.*, 1999; Egan *et al.*, 2000; Krolak-Salmon *et al.*, 2000; Hervas-Navidad *et al.*, 2002; Yeni *et al.*, 2008), memória (Damasio *et al.*, 1982; Tusa e Ungerleider, 1985; Michel *et al.*, 1989; Botez-Marquard e Botez, 1992; D'Esposito *et al.*, 1995; McMackin *et al.*, 1995; Aggleton *et al.*, 2000; Park *et al.*, 2000; Deweer *et al.*, 2001; Dikel *et al.*, 2001; Rosenbaum *et al.*, 2001; Spiers *et al.*, 2001; Dutton, 2003; Salvan *et al.*, 2004; Aralasmak *et al.*, 2006; Schmahmann e Pandya, 2006) e linguagem (Bauer, 1982; Tusa e Ungerleider, 1985; Habib, 1986; Tanabe *et al.*, 1987; Duffau *et al.*, 2002).

É sabido que as funções cerebrais resultam não apenas do funcionamento normal dos corpos neuronais dispostos na superfície cortical do cérebro, mas também de suas conexões realizadas por seus prolongamentos axonais, que formam as fibras brancas subcorticais (De Benedictis e Duffau, 2011). A secção dos diferentes feixes de fibras brancas pode resultar em déficits neurológicos mais duradouros do que lesões restritas ao córtex cerebral (Duffau, 2006), e assim não apenas o entendimento da organização anatomofuncional cortical do lobo temporal mas também da posição dos seus principais feixes de fibras brancas subcorticais é de grande importância para o neurocirurgião.

A via de acesso trans-silviana transinsular para o CTVL, realizada partir de uma incisão ao longo do sulco limitante inferior da ínsula (SLI), se destaca por oferecer uma lesão à superfície cortical e um trajeto intraparenquimatoso menores em relação às outras vias de acesso. Porém, diversos feixes de fibras brancas subcorticais estão presentes em sua trajetória, e lesão dos mesmos pode levar ao prejuízo neurológico do paciente. O conhecimento da posição exata desses feixes de

fibras brancas ainda não está esclarecido na literatura médica, mas é necessário porque pode possivelmente levar à realização de acessos cirúrgicos mais seguros e menos mórbidos para os pacientes. Assim, destaca-se a importância de se identificar e definir a posição dos principais feixes de fibras brancas subcorticais localizados entre o SLI e o CTVL.

2 OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi identificar e avaliar a posição dos principais feixes de fibras brancas subcorticais localizados entre o sulco limitante inferior da ínsula e o corno temporal do ventrículo de lateral, utilizando a técnica de dissecação de fibras brancas de Klingler.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Considerações Sobre o Estudo das Fibras Brancas Subcorticais

3.1.1 Interesse histórico pela neuroanatomia

O interesse pela neuroanatomia e pelas funções cerebrais não nasceu desde o início da civilização humana, mas foi algo desenvolvido ao longo de nossa história.

Os egípcios, responsáveis por grandes conquistas intelectuais na antiguidade, consideravam o cérebro apenas como uma “medula óssea” dos ossos do crânio. Embora possivelmente tenham visto a anatomia cerebral durante os processos de mumificação, nesses processos todo o conteúdo da cavidade intracraniana era aspirado por perfurações na base de crânio através das vias aéreas (Breasted, 1930; Clarke e O'Malley, 1996). Em sua visão, o coração (ou “Ib”) era tido como o centro das emoções, pensamentos, julgamentos e intenções de uma pessoa (Santoro *et al.*, 2009).

Essa visão “cardiocêntrica” da alma, ou sede do intelecto, se manteve durante muitos séculos. Na civilização greco-romana antiga, a grande figura de Aristóteles (aproximadamente 384 a.C. - 322 a.C.) contribui para esse teoria, embora Platão (424/423 - 348/347 a.C.) já tinha feito observações direcionando o cérebro como a origem da alma (Santoro *et al.*, 2009).

A mudança para uma teoria “cerebrocêntrica” ganhou muito mais força com os pensamentos de Galeno de Pérgamo (129 - 199). Em seu trabalho *De usu partium*, Galeno destaca a contribuição de Herophilus de Chalcedon (335 - 280 a.C.) no estudo da anatomia do cérebro, cerebelo e dos ventrículos. Herophilus, em

associação com Erasistratus (310 - 250 a.C.), desenvolveu a teoria da existência de um “pneuma psíquico”, visto como a origem da vida (Acar *et al.*, 2005). Esse fluido seria produzido pela *rete mirabile* (“rede maravilhosa”), localizado na base do cérebro e ao redor da glândula pituitária. Destaca-se o fato desse conceito ter nascido de dissecções de animais, uma vez que essa estrutura é bem desenvolvida em outros animais mas bem reduzida em humanos (Garrison e McHenry, 1969).

Como esse fluido está localizado dentro das cavidades ventriculares, o grande interesse da neuroanatomia foi inicialmente direcionado para o estudo dos ventrículos e das estruturas mais próximas a essas cavidades, não dando destaque e importância para a superfície cerebral e às fibras brancas subcorticais nesse momento da história. Nesse longo período, pode-se mencionar trabalhos com detalhes acerca das estruturas periventriculares, mas com pouco detalhamento das estruturas corticais e subcorticais, como o livro *De humani corporis fabrica*, de Andreas Vesalius (1514 - 1564), o livro *Cerebri Anatome* (Willis e Feindel, 1978), de Thomas Willis (1621 - 1675) e até desenhos de Leonardo da Vinci (1452 - 1519).

A superfície cerebral, já destacada como composta por convoluções por Praxágoras de Cós (340 a.C. - ?), teve sua aparência inicialmente descrita como “similar ao intestino delgado” por Erasistratus e “varicosa” por Rufus de Éfeso (98 - 117). O interesse em melhor descrever a sua organização possivelmente foi motivada por estudos de anatomia comparada, onde foi visto uma organização mais complexa em animais mais inteligentes e no homem, conforme descrições de Thomas Willis (1621 - 1675), Friedrich Tiedmann (1781 - 1861) e François Leuret (1797 - 1851). A Sylvius de le Boe (1614 - 1672) é creditado a primeira descrição da fissura lateral do cérebro (de le Boe, 1693) e a Luigi Rolando (1773 - 1831) o destaque ao sulco

central como estrutura mais desenvolvida em homens do que em macacos (Clarke e O'Malley, 1996). O entendimento dessa superfície teve grande progresso durante a formulação da frenologia por Franz Joseph Gall (1758 - 1828) e Johann Caspar Spurzheim (1776 - 1832) que, embora não seja aceita atualmente, tinha grande atenção pelo detalhamento e comparação da superfície cerebral entre diferentes indivíduos para se tentar conhecer as características e qualidades individuais de cada pessoa. Louis Pierre Gratiolet (1815 - 1865), um anatomista francês de enorme destaque, foi o primeiro a propor uma subdivisão do cérebro em 5 lobos por (Leuret e Gratiolet, 1957), dando seus nomes a partir dos ossos do crânio e a ínsula, descrita primeiramente por Johann Christian Reil (1759 - 1813) em 1809. Essa divisão foi posteriormente modificada, se utilizando o sulco central como limite entre os lobos frontal e parietal, e se atingindo uma visão que é ainda aceita atualmente. Mais recentemente, o lobo límbico, descrito primeiramente por Paul Broca (1824 - 1880), foi considerado um lobo cerebral distinto na edição de 1998 do livro “Terminologia anatômica” (Federative Committee on Anatomical Terminology, 1998).

Estudando a fresco e sem qualquer preparação o espécime cerebral, a substância branca cerebral apresenta um aspecto homogêneo e amorfo, não sendo possível individualizar os principais feixes de fibras brancas que compõem todo o compartimento subcortical do cérebro. Embora Archangelo Piccolomini (1526 - 1586) tenha sido capaz de distinguir pela primeira vez a substância cinzenta (Piccolomini, 1586¹ *apud* Clarke e O'Malley, 1996) como uma estrutura mais acinzentada e amolecida, da substância branca, que em comparação é mais esbranquiçada, dura e compacta, e nomeado a primeira como *cerebrum* e a segunda

¹ Piccolomini A. *Anatomicae praelectiones explicantes mirificam corporis humani fabricam*. Roma: Bonfadinus, 1586.

como *medulla*, o estudo mais detalhado da arquitetura interna do cérebro só foi possível com o posterior desenvolvimento de métodos de fixação e endurecimento dos espécimes cerebrais. A história e principais marcos no estudo das fibras brancas subcorticais será tema da próxima seção.

3.1.2 Histórico da dissecação das fibras brancas subcorticais

Durante as fases mais iniciais do estudo da neuroanatomia, algumas estruturas compostas pelas fibras brancas foram descritas, como o corpo caloso e o fórnice que foram notados por Galeno de Pérgamo (129 - 199) em disseções realizadas em animais (Clarke e O'Malley, 1996).

No século XVI, Arcângelo Piccolomini (1526 - 1586) e Volcher Coltier (1533 - 1576) discriminaram que o cérebro e a medula espinhal eram constituídos por dois tipos de substâncias: cinzenta e branca (Clarke e O'Malley, 1996). Porém, sem métodos de fixação e endurecimento dos espécimes cerebrais, as fibras brancas subcorticais não podem ser individualizadas e são vistas apenas como um compacto de fibras condensadas e intimamente relacionadas entre si, denominada genericamente como substância branca.

No século XVII, Thomas Willis (1621 - 1675) avançou bastante no conhecimento da estrutura interna do cérebro em sua grande obra *Cerebri anatome*, publicada em 1664 com ilustrações do famoso projetista e arquiteto Christopher Wren (1632 - 1723). Na mesma época, Marcello Malpighi (1628 - 1694), através do estudo de cérebros fervidos em água, demonstrou que a substância branca é composta por fibras

em 1669 (Malpighi, 1669² *apud* Agrawal *et al.*, 2011; Vergani *et al.*, 2012) e, em 1671, Nicolaus Steno (1638 - 1686) estudou a substância branca a partir dos nervos para saber qual seria o trajeto dos mesmos (Steno, 1669³ *apud* Agrawal *et al.*, 2011). A técnica de “raspar” a substância branca descrita por Steno, foi usada por Willis e Lower e possibilitou a identificação em detalhe das ramificações dos nervos cranianos, espinhais e autonômicos, e estruturas como fórnice, corpo caloso, comissura anterior (CA) e fibras relacionadas ao *striatum* (Willis, 1672⁴ *apud* Agrawal *et al.*, 2011). Raymond Vieussens (1641 - 1715) utilizou-se desse mesmo método, detalhando a técnica de dissecação de fibras em seu atlas *Neurographia Universalis* de 1685 e descrevendo pela primeira vez estruturas como as pirâmides, o centro olivar inferior, o centro semioval, o gânglio semilunar e a continuidade das fibras da *corona radiata* com a cápsula interna, pedúnculos cerebrais e os tratos piramidais na ponte e no bulbo (Vieussens, 1685⁵ *apud* Ture *et al.*, 2000).

Em 1768, Félix Vicq d’Azyr (1748 - 1794), utilizando álcool adicionado a cloreto de sódio e ácido hidrocloreídrico para fixar e endurecer os espécimes (Rasmussen, 1943), foi capaz de identificar o trato mamilo-talâmico e melhor descrever as comissuras anterior e posterior (Agrawal *et al.*, 2011). Logo após, Johann Christian Reil (1759 - 1813) obteve maior sucesso na fixação dos cérebros ao utilizar primeiramente álcool e em seguida embebendo os espécimes em carbonato de sódio (Rasmussen, 1943), e assim pode descrever estruturas como o tapete do corpo caloso, a radiação óptica (RO) (Ture *et*

² Malpighi M. *De cerebri cortice*. Londres, Reino Unido: Typis Tho. Roycroft, impensis Jo. Martyn & Ja Allestry; 1669.

³ Steno N. *Dissertatio de cerebri anatome, spectatissimis viris dd Societatis apud dominum Thevenot collectate, dictata atque e gallico exemplaris Parisiis edito 1669*. Latinitate donata, opera & studio Guidonis Fanosii. 1671.

⁴ Willis T. *De anima brutorum quae hominis vitalis ac sensitiva est: exercitationes duae*. Londini, United Kingdom: Prostant apud Gulielm. Wells, & Rob. Scot; 1672.

⁵ Vieussens R. *Neurographia universalis; hoc est, Omnium corporis humani nervorum simul & cerebri, medullaeque spinalis descriptio anatomica*. Lugduni, France: Apud Joannem Certe; 1685.

al., 2000), o leminisco lateral e a *ansa lenticularis* (Rasmussen, 1943) e cunhou o termo *corona radiata* (coroa radiada) (Agrawal *et al.*, 2011), conseguindo demonstrar a continuidade das fibras da *corona radiata* até a medula espinhal.

No século XIX, diversos trabalhos obtiveram destaque. Em 1810, Franz Joseph Gall (1758 - 1828) e Johann Caspar Spurzheim (1776 - 1832), empregando o método de dissecação em camadas, demonstraram a continuidade das fibras trigeminais no bulbo, confirmaram a decussação bulbar das pirâmides e propuseram uma classificação rudimentar das fibras brancas cerebrais (Ture *et al.*, 2000). Karl Friedrich Burdach (1776 - 1847) publicou sua grande obra *vom Baue und Leben des Gehirns*, dividida em três volumes sobre as fibras cerebrais e sua estrutura intrincada. Herbert Mayo (1796 - 1852) publicou, em 1827, disseções detalhadas da *corona radiata*, cápsula interna, pedúnculos cerebelares superior e inferior, fascículos uncinado e longitudinal superior, núcleo lentiforme, tapete do corpo caloso, comissura anterior e trato mamilo-talâmico. Achille Louis Foville (1799 - 1878) publicou seu grandioso atlas, elegantemente ilustrado com imagens detalhadas da anatomia da substância branca cerebral (Ture *et al.*, 2000; Brogna *et al.*, 2012). Louis Pierre Gratiolet (1815 - 1865), outro importante anatomista francês trabalhando em colaboração com François Lauret (1797 - 1851), publicou seu atlas em 1857 com detalhes sobre o trajeto das radiações ópticas do corpo geniculado lateral (CGL) ao córtex occipital (Clarke e O'Malley, 1996; Ture *et al.*, 2000), embora a via visual também tenha sido descrita por Bartholomeu Panizza (1785 - 1867) em 1855. Ainda no final do mesmo século, Theodor H. Meynert (1833 - 1892) descreveu a conexão habênulo-interpeduncular em 1872, denominando-a de *fasciculus retroflexus* (fascículo retroflexo), e Joseph J. Dejerine (1849 - 1917) descreveu em 1895 o fascículo occipitofrontal (Ture *et al.*, 2000).

O século XX começou com Edward James Curran (1872 - 1962) localizando e descrevendo o fascículo longitudinal inferior (FLI) (Curran, 1909). Novas técnicas de dissecação foram propostas por J.B. Johnston em 1908, E.B. Jamieson e H.J. Hoeve em 1909, e J.W. Hultkrantz em 1929 (Ture *et al.*, 2000). Mas a grande contribuição na técnica de estudo das fibras brancas nesse século foi realizada por Joseph Klingler (1888 - 1963), o que será tema da próxima seção.

3.1.3 Joseph Klingler e sua técnica de dissecação de fibras brancas

Joseph Klingler (1888 - 1963) nasceu na Basileia, na Suíça, e cursou medicina por alguns anos, mas acabou não se formando em medicina. Em 1929, o novo diretor do Instituto de Anatomia, na Basileia, Eugen Ludwing, indicou Klingler para o posto de técnico de laboratório, onde ele desenvolveu grande interesse pela neuroanatomia e ocupou o cargo até 1956 (Agrawal *et al.*, 2011).

Klingler aperfeiçoou o método de dissecação de fibras em sucessivas camadas, primeiramente descrito por Johann Christian Reil (1759 - 1813), descrevendo sua própria técnica de preparação do espécime. Essa forma de dissecar o cérebro consiste em “raspar” sucessivamente o parênquima cerebral, sendo capaz de identificar os diferentes feixes de fibras brancas à medida que a dissecação se aprofunda. Assim, é possível compreender a organização tridimensional das diferentes fibras que compõem a substância branca, um conhecimento que pode ser aplicado por neurocirurgiões com a intenção de salvaguardar as mesmas em suas cirurgias (Yasargil *et al.*, 2004).

Embora a técnica descrita por Klingler consuma muitas horas de trabalho, ela possibilita dissecações meticolosas e delineamento preciso das fibras brancas:

Para os estudos de dissecação de fibras do cérebro humano, é importante que todas as partes, incluindo as estruturas mais profundas estejam bem fixas. A fixação feita habitualmente com formalina a 10% é inadequada, porque fixa rapidamente e bem as partes externas perto da superfície, mas a penetração da formalina sobre das partes mais profundas é lenta e insuficiente. E assim, disseções de fibras de espécimes cerebrais feitas com essa fixação não podem ser realizadas de uma maneira satisfatória. É, portanto, necessário fixar o cérebro em formalina a 5% (formol comercial 5%, 95% de água), que penetra rapidamente e bem nas partes mais profundas e, portanto, leva a uma fixação homogênea. O cérebro deve ser mantido nesta solução durante pelo menos dois a três meses, tempos de fixação mais longos são ainda melhores. Cérebros congestos são melhores do que os anêmicos, pois mostram um melhor contraste entre a matéria cinzenta e branca. Para o processo de congelamento o cérebro é colocado sobre uma placa e colocado no frigorífico. Deve ficar durante oito a 10 dias a uma temperatura de -10 a 15 °C. Depois é removido do refrigerador e deixado descongelar em água à temperatura ambiente. Ele pode em seguida ser mantido indefinidamente em formalina a 5%. O efeito da congelação é afrouxar a estrutura do cérebro que de outra forma é bastante compacta. O mecanismo pelo qual isso acontece é provavelmente o seguinte: a solução aquosa de formalina penetra pouco ou nada nas fibras mielinizadas, permanecendo entre as fibras. Consequentemente, quando o cérebro é congelado, gelo é formado entre as fibras. Uma vez que o volume de água aumenta em cerca de 10% quando se solidifica em gelo, as fibras são, portanto, separadas umas das outras. Este afrouxamento da substância do cérebro facilita a dissecação. Certos sistemas de fibras só podem ser dissecados se o cérebro é, portanto, preparado por congelação. A forma e consistência do cérebro não é afetada pelo congelamento (Ludwig e Klingler, 1956).

O trabalho de Ludwig e Klingler (1938) começou a ser largamente conhecido, recebendo atenção especial no Congresso Internacional de Anatomia de 1936, em Milão. Em 1938, publicaram o atlas *Nayaux et faisceaux du cerveau humain*, que apresentou sucesso imediato e teve sua venda esgotada rapidamente. O advento da Segunda Guerra Mundial, em 1939, diminuiu o impacto deste trabalho e levou à interrupção de sua publicação, embora Klingler tenha continuado suas disseções durante esse período turbulento da história.

Seus modelos de dissecação sempre atraíram grande interesse de cientistas pela Europa, culminando na apresentação de sua coleção no Congresso Internacional de Anatomia de Paris em 1955. Isso o incentivou a compilá-las em seu monumental atlas, *Atlas Cerebri Humani*, publicado em 1956 (Ludwig e Klingler, 1956).

Em 1946, Klingler foi premiado com um PhD *honoris causa* pela Faculdade de Medicina da Basileia, onde trabalhou até sua aposentadoria em 1956, e depois na Universidade Montreal no Canadá, em colaboração com o Instituto McGill Neurológico de Montreal até 1961. Em seu enorme trabalho, fez contribuições na identificação e detalhamento da estrutura cerebral interna, com atenção especial ao sistema límbico. Descreveu em detalhes a anatomia das fibras brancas do *pes hippocampi*, *uncus* e giro denteado (Klingler, 1948); conexões da amígdala à ínsula (*fasciculus insulam et corpus amygdaloideum reuniens*), ao cíngulo (Klingler, 1948), ao polo temporal (*fasciculus amygdaloideum et polum temporalem reuniens*) e aos núcleos talâmicos (*pedunculus thalami extracapsularis*) (Klingler, 1949); conexões do tálamo ao giro do cíngulo (*fibrae nucleum anteriorem thalami cum gyro cinguli et cingulo reunientes*) (Klingler, 1952) e as *ansas lenticularis e peduncularis* (Klingler, 1955). A seu legado deve-se acrescentar o fato de ter ensinado e inspirado diversos neurologistas e neurocirurgiões, com destaque para grandes nomes como Wilder Penfield (1891 - 1976) e Mahmut Gazi Yasargil (1925 -).

3.1.4 Outros métodos de estudo das fibras brancas subcorticais

O desenvolvimento do micrótomo e das técnicas de histologia, associado à dificuldade de preparar os espécimes para a dissecação em camadas, fez com que essa técnica fosse negligenciada por algumas décadas (Ture *et al.*, 2000). O método de estudo histológico por disseções seriadas começou em 1842, quando Benedict Stilling (1810 - 1879) conseguiu identificar fibras comissurais ao analisar finas fatias da medula espinhal, congeladas e não coradas, com auxílio do microscópio óptico. Esse método ganhou mais força com os trabalhos de Joseph von Gerlach (1820 -

1896) em 1858 e de Theodor Albrecht Edwin Klebs (1834 - 1913) em 1869 que introduziram, respectivamente, o método de coloração por carmina e a preparação de blocos de tecido nervoso embebidos em parafina, facilitando o uso do micrótomo e a análise de cortes do sistema nervoso ao microscópio (Rasmussem, 1943).

Outros avanços técnicos de destaque nessa área foram o método de estudo mielogênico descrito por Paul Emil Flechsig (1847 - 1929) em 1876, estudando a evolução da mielinização das fibras cerebrais; o método de coloração da bainha de mielina descrito por Karl Weigert (1845 - 1904), em 1884 (Rasmussem, 1943). Em animais, também pode-se acrescentar as técnicas de estudo da degeneração retrógrada após as lesões axonais e impregnações histoquímicas, e a aplicação e seguimento de marcadores de transporte axonal (Pandya *et al.*, 1971; Nieuwenhuys *et al.*, 2008).

Embora o entendimento da organização global da estrutura interna do cérebro seja difícil de ser imaginada a partir de cortes histológicos, a radiação óptica pode ser descrita e detalhada por Paul Emil Flechsig (1847 - 1929) em 1886, La Salle Archambault (1879 - 1940) e Moritz Probst (1867 - 1923) em 1906, e Adolf Meyer (1866 - 1950) em 1907 (Meyer, 1907).

O estudo das fibras brancas através do tensor de difusão da água nos exames de ressonância nuclear magnética foi um enorme marco na história da neuroanatomia. Esse método consiste primeiramente em se fazer um exame ressonância nuclear magnética pesado em difusão das moléculas de água (*Diffusion-Weighted Imaging* [DWI]), isto é, os contrastes obtidos nas imagens do exame indicam o grau de movimento browniano das moléculas de água em um dado voxel. O exame DWI, usado publicamente desde 1985 (Le Bihan e Breton, 1985; Le Bihan *et al.*, 1985), é vantajoso na prática clínica principalmente no diagnóstico de lesões

neurológicas, mais especialmente acidentes vasculares encefálicos isquêmicos, onde a difusão das moléculas de água se mostra reduzida nas áreas que sofreram isquemia.

Um refinamento do exame de ressonância DWI, chamado de Imagens por Tensor de Difusão (*Diffusion Tensor Imaging* [DTI]), foi introduzido por Peter Basser em 1994 (Basser *et al.*, 1994). O movimento de difusão das moléculas de água é randômico em todas as direções quando não há qualquer barreira limitando seus movimentos, e a esse tipo de movimento dá-se o nome de isotrópico. Porém, no cérebro, as membranas dos axônios e as bainhas de mielina apresentam-se como uma barreira à livre difusão de água, fazendo com que o movimento das moléculas de água seja predominantemente no sentido dessas estruturas, recebendo esse movimento o nome de anisotrópico. Assim, ao se combinar a direção do movimento das moléculas de água em diferentes pontos e sabendo que está indiretamente acompanhando dos tratos de fibra branca, é possível traçar e reconstruir esses feixes de fibras (Basser *et al.*, 1994).

O tensor de difusão é uma matriz de números derivados de medidas de difusão em várias direções, cuja reconstrução só é possível através de um modelo matemático complexo, e necessita de um radiologista com conhecimento anatômico para demarcar manualmente as regiões de interesse (*Regions of Interest*) (Jellison *et al.*, 2004). Esse passo fundamental tem como objetivo localizar a região com maior probabilidade de se encontrar o feixe de fibras brancas no estudo e, embora já tenham sido descritos métodos automatizados com o intuito de se diminuir a interferência do erro humano (Burgel *et al.*, 2006; O'Donnell e Westin, 2007), ainda há a necessidade de um profundo conhecimento anatômico na interpretação e ratificação dos resultados (Lawes *et al.*, 2008; Zhang *et al.*, 2010).

3.1.5 Impacto do conhecimento das fibras brancas na neurocirurgia moderna

Na década de 1920, o conhecimento dos principais tratos de fibras brancas começou a ganhar relevância, especialmente com os achados de Santiago Ramón y Cajal (1852 - 1934) e seus modelos de circuitaria neuronal (Clarke e O'Malley, 1996). Novas técnicas de preservação e métodos de dissecação e ilustração de fibras estavam à frente das investigações, e foi nesse momento histórico que Josef Klingler começou seus estudos anatômicos (Agrawal *et al.*, 2011).

Ernest Adolf Spiegel (1895 - 1985) e Henry T. Wycis (1911 - 1971) são creditados por realizar a primeira cirurgia estereotáxica talâmica, em 1947 (Spiegel *et al.*, 1947). Porém, no mesmo período, Klingler participava independentemente em um grupo na Basileia e em Freiburg que também fazia cirurgias estereotáxicas talâmicas e seus trabalhos eram usados como base para a escolha dos alvos (Agrawal *et al.*, 2011). Também, no Instituto Neurológico de Montreal, os modelos de Klingler foram aumentados em quatro vezes com objetivo de se delinear melhor os principais tratos de fibras brancas, especialmente as conexões talâmicas-frontais e talâmicas-temporais (Henschen, 1953⁶ *apud* Agrawal, *et al.*, 2011).

Mahmut Gazi Yasargil (1925 -), considerado um dos pais da microneurocirurgia, iniciou seus estudos em medicina na Universidade da Basileia em 1945. No departamento de anatomia dessa faculdade, sob a chefia de Eugen Ludwig (1887-1971), Klingler desenvolvia seus trabalhos em dissecações de fibras, e em 1949 Yasargil teve permissão de estudar a coleção de espécimes do laboratório de anatomia, sendo então convidado a trabalhar no laboratório, sob a supervisão direta de Klingler (Yasargil *et al.*, 2004). Nesse período, Klingler se dedicava às

⁶ Henschen C, Klingler J, Riechert T. Kraniocerebrale korrelationstopographie thalamofrontaler bahnen und gezielte hirnoperationen. *Langenbecks Arch kiln Chir Ver Dtsch Z Chir.* 1953;273:548-565.

dissecções dos espécimes que resultariam em seu famoso atlas, *Atlas Cerebri Humani*, de 1956. Yasargil aprendeu a técnica de dissecção de fibras brancas, e passou três meses de estudo intenso no laboratório, sendo tão profundamente influenciado pelos estudos de Klingler que considerou se tornar neuroanatomista. Seguindo sua carreira como neurocirurgião, Yasargil teve permissão de levar consigo alguns espécimes de Klingler e sempre voltar para discutir neuroanatomia durante os três anos de sua residência em psiquiatria, neurologia, medicina interna e geral cirurgia, e posteriormente nos seus primeiros três anos de residência em neurocirurgia. Através de uma grande dedicação à anatomia, Yasargil pode compreender características morfológicas específicas do cérebro, seus compartimentos e suas conexões, culminando em uma visão pragmática da neuroanatomia que pode ser aplicada na descrição e realização de inúmeras cirurgias (Yasargil *et al.*, 2004).

Apesar do esforço de Yasargil em demonstrar sua importância, a técnica de dissecção de fibras foi pouco utilizada e praticamente esquecida nos anos subsequentes, até que sua dedicação ao entendimento das fibras brancas foi sucedida por Ugur Ture (1963 -), que se destacou por trabalhos que renovaram o interesse pela dissecção das fibras brancas nos últimos anos (Ture *et al.*, 2000).

O advento das técnicas de tensor de difusão por ressonância magnética (DTI), fazendo possível a identificação dos principais feixes de substância branca *in vivo*, trouxe a necessidade de se resgatar a técnica de dissecção de fibras, com a intenção de corroborar e interpretar seus achados radiológicos. Estudos mostram que os principais tratos de associação, projeção e comissurais podem ser identificados anatomicamente e radiologicamente (Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a), e protocolos

foram propostos para aumentar a correlação dos achados anatômicos e radiológicos (Dini *et al.*, 2013). Embora ambas técnicas sejam limitadas no entendimento global de todas as fibras brancas do cérebro, sua aplicação pode ser feita de forma complementar para o entendimento das fibras brancas (Martino *et al.*, 2013).

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, com o traçado dos principais feixes de fibras brancas, podem ser importados para sistemas de navegação intraoperatória (Clark *et al.*, 2003) e orientar o mapeamento de áreas eloquentes subcorticais com o auxílio de estimulação subcortical (Berman *et al.*, 2004) e potencial evocado (Kamada *et al.*, 2005).

É aceito que o conhecimento aprofundado da estrutura cortical e subcortical do cérebro é essencial para que o neurocirurgião possa fazer um procedimento seguro, porém, devido à grande variabilidade anatomofuncional interindividual, depender exclusivamente de neuroanatomia não é suficiente para prever a eloquência de cada região e evitar riscos de déficits permanentes no pós-operatório (Duffau, 2010). Avanços recentes foram realizados na neuroimagem funcional, possibilitando identificar as áreas corticais envolvidas na realização de determinadas funções cerebrais, mas infelizmente esse método não consegue distinguir áreas corticais funcionalmente essenciais das outras áreas funcionalmente envolvidas. Destaca-se uma recente metanálise (Leclercq *et al.*, 2010) de estudos que compararam a localização dos tratos relacionados à linguagem encontrados em exames de DTI com achados intraoperatórios obtidos com estimulação elétrica direta, onde concluíram que esse método ainda não é suficientemente acurado para mapear os tratos essenciais relacionados à linguagem.

Assim, as técnicas eletrofisiológicas intraoperatórias (monitoramento e mapeamento cerebral por estimulação elétrica direta) são atualmente o padrão-ouro para as cirurgias em áreas eloquentes. Estas técnicas permitem a avaliação de áreas corticais funcionais essenciais, bem como a conectividade subcortical, desde que haja uma metodologia rigorosa (Duffau, 2010). Como resultado, permitem realizar ressecções de tumores cerebrais de acordo com os limites funcionais individuais para otimizar a relação benefício/risco da cirurgia, possibilitando cirurgias em regiões usualmente consideradas de grande risco de prejuízo funcional ao paciente, e aumentar a extensão de ressecção tumoral (Yordanova *et al.*, 2011).

Todo esse conhecimento é finalmente aplicado a um novo modelo sobre a organização anatomofuncional do cérebro, explicado por uma ampla rede integrada e plástica, composta por epicentros corticais funcionais, dita “organização tópica” (do grego, onde *topos* significa local), conectados por fibras brancas curtas e longas, dita “organização hodológica” (do grego, onde *hodos* significa estrada). Como resultado, nesse modelo, chamado em conjunto de “hodotópico”, as funções cerebrais advêm de vias paralelas de informação, moduladas dinamicamente em uma circuitaria interativa, multimodal e amplamente distribuída (De Benedictis e Duffau, 2011). Nesse modelo “hodotópico” não basta conhecer as funções de cada local, mas também como esses locais estão conectados entre si.

3.2 Considerações Anatômicas sobre as Fibras Brancas Subcorticais

3.2.1 Organização geral das fibras brancas subcorticais

Macroscopicamente, a substância branca dos hemisférios cerebrais forma uma espessa camada entre a substância cinzenta do córtex da superfície cerebral e a substância cinzenta profunda dos núcleos da base e do tálamo. Ela tem uma aparência aparentemente amorfa e homogênea, mas apresenta uma arquitetura incrivelmente engenhosa em seus aspectos anatômicos, biofísicos, bioquímicos e imunológicos. Os componentes conhecidos da substância branca são os inúmeros arranjos tridimensionais de redes perfeitamente organizadas de fibras mielinizadas e não mielinizadas, uma rede vascular intraparenquimatosa e as vias de líquido cefalorraquidiano, componentes celulares e fluidos dos sistemas endócrino e imunológico, e células gliais e neuronais recém-geradas que migram entre as fibras e outras vias (Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a). O termo “substância branca” refere ao aspecto “branco” e brilhante predominante das lâminas de mielina que envelopam parte dos axônios.

Marcello Malpighi (1628 - 1694) foi o primeiro a usar o microscópio para descrever a estrutura microscópica da substância branca cerebral entre 1675-1679 como semelhantes a folhas onduladas, estratificadas em camadas tridimensionais (Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a).

Félix Vicq d’Azir (1748 - 1794) foi o primeiro a diferenciar as fibras comissurais, conectando ambos hemisférios cerebrais, das outras fibras de associação, que conectam diferentes regiões de um mesmo hemisfério cerebral (Schmahmann e Pandya, 2006). Ele incluiu na categoria de fibras comissurais não apenas o corpo caloso e as comissuras anterior e posterior, mas também os corpos

quadrigeminais, pedúnculos cerebelares, ponte, velum medular anterior, adesão intertalâmica, infundíbulo e túber cinéreo.

Franz Joseph Gall (1758 - 1828), trabalhando em colaboração com Johann Kaspar Spurzheim (1776 - 1832), são mais lembrados pela criação da frenologia, teoria na qual se especulava que a superfície do cérebro era formada por diversos pequenos órgãos sendo cada um deles relacionado a uma faculdade mental. Embora sua teoria não seja aceita atualmente, seu desenvolvimento mudou a teoria vigente na época que o cérebro funcionava de forma equipotencial para uma visão de organização anatomofuncional do cérebro dividida em sistemas. Em sua publicação *Anatomie et physiologie du systeme nerveux*, de 1810, eles forneceram as bases da organização das fibras brancas para elucidar as conexões entre os órgãos corticais postulados e explicar suas funções. Enquanto fibras calosas e de associação já tinham sido propostas por Vicq d'Azir, Gall e Spurzheim propuseram a existência das fibras de projeção. O sistema de fibras de projeção (divergente, ou “sortant”) seria equivalente às fibras aferentes e eferentes que ligam o córtex às regiões subcorticais, tronco e medula espinhal. As fibras de associação (convergente, ou “retrant”) constituiriam um sistema intracerebral totalmente diferente, mais desenvolvido em humanos, contendo mais fibras que o sistema de projeção, e conectando diferentes regiões corticais de um mesmo hemisfério cerebral (Schmahmann e Pandya, 2006). As fibras comissurais eram vistas por Gall como pertencentes ao sistema de associação. Em 1872, Theodor H. Meynert (1833 - 1892), foi o pioneiro a usar os termos fibras de associação e de projeção (Ture *et al.*, 2000).

Todos os métodos usados para o estudo da arquitetura das fibras brancas são limitados e na disseção anatômica das mesmas, embora forneça um entendimento de

sua disposição tridimensional, a demonstração de um sistema de fibras frequentemente resulta na destruição de outros sistemas de fibras. Assim, a arquitetura completa e pormenorizada de todos sistemas de fibras permanece desconhecida (Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a).

Cada fibra branca é um prolongamento axonal de um neurônio, e em conjunto formam feixes ou fascículos, que podem ser estudados de forma isolada, por região, ou divididos em categorias. Para facilitar seu entendimento, as fibras brancas subcorticais são atualmente divididas em três categorias: associação, comissurais, e projeção (Ture *et al.*, 2000).

As fibras de associação fazem interconexão de regiões corticais dentro de um mesmo hemisfério e são compostas por fibras curtas (ou arqueadas ou em “U”), que estão logo abaixo do córtex cerebral e ligam regiões vizinhas, e fibras longas, encontradas mais profundamente e ligam regiões mais distantes. Os principais feixes de fibras longas de associação são o cíngulo, o fascículo uncinado (FU), o fascículo fronto-occipital inferior (FFOI) (também chamado simplesmente de “occipitofrontal”) e os fascículos longitudinais superior e inferior (Ture *et al.*, 2000).

As fibras comissurais cruzam a linha média e interconectam regiões cerebrais de ambos hemisférios, sendo as principais: o corpo caloso, a comissura anterior e a comissura hipocampal (Ture *et al.*, 2000).

As fibras de projeção, também chamadas de tratos, estão dentro de um mesmo hemisfério e interconectam o córtex às regiões subcorticais, tronco e medula espinhal (Ture *et al.*, 2000). O trato piramidal e a radiação talâmica são seus principais representantes.

3.2.2 Principais feixes de fibras brancas

3.2.2.1 Fibras de associação

Fibras curtas de associação

Chamadas de fibras arqueadas por Friedrich Arnold (1803 - 1890) e de fibras em “U” por Theodor Hermann Meynert (1833 - 1892), são fibras curtas de associação que estão logo abaixo do córtex (Schmahmann e Pandya, 2006). Devido à diferença de consistência entre a substância cinzenta e a branca, ambos podem ser facilmente separados após a técnica de congelamento, descrito por Klingler. A remoção do córtex expõe essas fibras, que conectam giros adjacentes entre si. A maioria dessas fibras se encontram abaixo da superfície lateral do cérebro (Ture *et al.*, 2000), mas também estão presentes sob suas superfícies medial e basal.

Fascículo longitudinal superior

A remoção das fibras curtas de associação (ou arqueadas) do lobo frontal, parietal e temporal leva à exposição do fascículo longitudinal superior (FLS), o qual está em torno do sulco lateral do cérebro (fissura silviana) e tem a forma de um “C”. Este longo fascículo de associação conecta os lobos frontal, parietal, occipital e temporal entre si (Ture *et al.*, 2000).

O fascículo longitudinal superior foi o primeiramente descrito por Johann Christian Reil (1759 - 1813) e Johann Heinrich Ferdinand von Autenrieth (1772 - 1835) no início do século XIX, como um grupo de fibras localizado na substância branca das regiões temporal, parietal e frontal, e ao redor do sulco lateral do cérebro (fissura silviana). Karl Friedrich Burdach (1776 - 1847) entre 1819 e 1826 e posteriormente Joseph Jules Dejerine (1849 - 1917) em 1895, seguiram esta identificação inicial e o descreveram com mais detalhes, como um fascículo que

arqueia ao redor do sulco lateral do cérebro (fissura silviana) e conecta o lobo temporal posterior com o lobo frontal. Eles o chamaram de *Fasciculus Arcuatus* e o colocaram como parte do FLS, mas utilizaram os termos “fascículo longitudinal superior” e “fascículo arqueado” de forma intercambiável em suas descrições (Martino *et al.*, 2013).

Em 2005, Catani *et al.* (2005) reexploraram a conectividade perisilviana da linguagem usando imagens de ressonância magnética com técnica de tensor de difusão em 11 indivíduos destros do sexo masculino e saudáveis. O FLS perisilviano do hemisfério esquerdo foi reconstruído a partir dos dados usando uma técnica de dissecação interativa, e foi subdividido em subcomponentes:

- Uma via indireta, que corre paralelamente e lateralmente ao fascículo arqueado clássico, e é composta por um segmento anterior que liga a “área de Broca” com o lobo parietal inferior e um segmento posterior que liga o lobo parietal inferior à “área de Wernicke” (Catani *et al.*, 2005).

O segmento anterior, também chamado segmento frontoparietal ou horizontal, foi encontrado por Fernandez-Miranda *et al.* (2008a) na profundidade dos giros frontais inferior e médio, formando um fascículo compacto de aproximadamente 20 mm de diâmetro lateromedial, situado a 22 mm - 25 mm de profundidade a partir da superfície cortical e terminando na região do lóbulo parietal inferior. Martino *et al.* (2013), por sua vez, descreveram esse segmento conectando o giro pré-central aos giros supramarginal e temporal superior.

O segmento posterior, também chamado segmento temporoparietal ou vertical, foi descrito Fernandez-Miranda *et al.* (2008a) como “um grupo bem definido de fibras orientadas verticalmente” a 20 mm - 25 mm de

profundidade a partir da superfície cortical na junção temporoparietal, e conectando a parte posterior dos giros temporais médio e superior e o lóbulo parietal inferior. Martino *et al.* (2013) descreveram esse segmento conectando a parte posterior do giro temporal médio ao giro angular.

- Uma via direta, que é o percurso classicamente descrito do fascículo arqueado que conecta as áreas de Broca e Wernicke diretamente, e se encontra profundamente à via indireta (Catani *et al.*, 2005). Essa via, também chamada de segmento arqueado ou frontotemporal, foi encontrado por Fernandez-Miranda *et al.* (2008a) como um grupo de fibras que arqueiam em torno da borda posterior da ínsula e liga a área pré-frontal à região temporal posterior. Martino *et al.* (2013) o descreveram como conectando os giros temporais médio e inferior com o giro pré-central e às porções posteriores dos giros frontais médio e inferior.

Paralelamente, Makris *et al.* (2005) seguiram pesquisas anteriores em primatas não-humanos realizadas por Petrides e Pandya (1984), que tinham evidenciado que o FLS seria composto por quatro componentes separados, e mostraram que esses componentes podiam ser identificados em humanos usando imagens de ressonância magnética com técnica de tensor de difusão. Concluíram sobre esses componentes:

- FLS I está localizado nos lobos parietal superior e frontal superior, estendendo-se até regiões pré-motora dorsal e pré-frontal dorsolateral.
- FLS II está no centro da substância branca encontrada superiormente à ínsula, e estendendo-se do giro angular até as regiões pré-frontais mais caudolaterais.

- FLS III está localizado na substância branca dos opérculos parietal e frontal, e estendendo-se do giro supramarginal até as regiões pré-motora ventral e pré-frontal ventral.
- Uma quarta subdivisão do FLS, sendo esse o fascículo arqueado, estendendo-se da parte inferior do giro temporal superior até o córtex pré-frontal lateral, juntamente com o FLS II.

Embora os FLS II, FLS III e o fascículo arqueado possam ser identificados em dissecções anatômicas, as fibras descritas por como FLS I não são encontradas em estudos baseados em dissecções de fibras brancas com a técnica de Klingler. Maldonado *et al.* (2012) sugerem que as regiões superiores dos lobos frontal e parietal estariam ligadas por uma sucessão de fibras curtas de associação, as quais seriam vistas nas imagens de ressonância magnética como o FLS I.

Fascículo uncinado

O fascículo uncinado é um feixe de associação que conecta lobos frontal e temporal de um mesmo hemisfério. Seu nome deriva de seu aspecto em gancho, e seu percurso é encontrado desde a substância branca mais basal do lobo frontal, se curvando acentuadamente na porção mais ventral do ínsula, e em seguida espalhando-se para alcançar o córtex da porção anterior dos giros temporais superior e médio (Ture *et al.*, 2000). Ele fornece a principal interconexão entre estruturas límbicas e paralímbicas, conectando a ínsula a outras estruturas paralímbicas (polo temporal e porções caudais do giros orbitários) e conectando estruturas límbicas entre si (amígdala e *uncus* com a área de subcalosa e giro reto) (Ture *et al.*, 1999).

Esse fascículo pode ser dividido em três porções: temporal, insular e frontal. A primeira se origina como fibras espalhadas como um leque (com cerca de 2 mm de

espessura) a partir a substância branca subcortical anterior dos três giros temporais à frente do corno temporal (áreas 20 e 38 de Brodmann) e dos núcleos corticais da amígdala (áreas 28, 34 e 36 de Brodmann). Suas fibras se unem em feixe, dentro da substância branca do giro temporal médio, logo à frente e ao nível do corno temporal do ventrículo lateral. Essas fibras ascendem, passando sobre os núcleos laterais da amígdala, e profundamente ao sulco limitante inferior da ínsula para adentrar a substância branca insular (Ebeling e von Cramon, 1992).

Sua porção insular é compacta, tendo entre 3 mm e 7 mm de largura e entre 2 mm e 5 mm de altura (Ebeling e von Cramon, 1992). Ela se encontra logo atrás do límen da ínsula, lateral e ventral ao putame, e seu trajeto passa tanto superficial como profundamente ao *claustrum*, contribuindo assim para a formação de ambas cápsula extrema e externa (Ebeling e von Cramon, 1992; Ture *et al.*, 1999).

Sua porção frontal também se abre como um leque orientado em um plano horizontal, e terminando no giro reto (área 11 de Brodmann), córtex retro-orbitário medial (área 12 de Brodmann) e área subcalosa (área 25 de Brodmann) (Ebeling e von Cramon, 1992).

O FU também pode ser dividido em: a) fibras ventro-mediais, que conectam o *uncus*, núcleos corticais da amígdala e a ponta do giro temporal inferior com o giro reto e área subcalosa; e b) fibras dorso-laterais, que conectam a ponta dos giros temporais superior e médio com o córtex retro-orbitário lateral ao giro reto.

O fascículo fronto-occipital inferior se encontra posteriormente ao FU, tendo ambos um curso paralelo na região do límen da ínsula. Embora não exista uma delimitação precisa entre ambos (Ture *et al.*, 2000), eles podem ser distinguidos seguindo o trajeto diferente de suas fibras, isto é, o FU tem uma configuração típica

em gancho unindo regiões frontais e temporais enquanto o FFOI continua diretamente para o lobo temporal (Ebeling e von Cramon, 1992).

Fascículo fronto-occipital inferior (ou fascículo occipitofrontal)

Descrito pela primeira vez por Joseph Jules Dejerine (1849 - 1917) (Dejerine, 1895) e Edward James Curran (1878 - 1962) (Curran, 1909) (Ture *et al.*, 2000) , o fascículo fronto-occipital inferior é o mais longo feixe de fibra associativas intra-hemisférico e interconecta córtex occipital, áreas temporobasais e lóbulo parietal superior ao lobo frontal (Sarubbo *et al.*, 2013), sendo seu trajeto através da ínsula. Esse fascículo também é referido como fascículo occipitofrontal inferior (Kier *et al.*, 2004) ou simplesmente de fascículo occipitofrontal por outro autores (Ture *et al.*, 1997).

Esse longo fascículo é descrito com comprimento médio de 81 mm (variação de 73 mm a 89 mm) e uma altura média de 39 mm no lobo frontal e 22 mm no lobo temporal (Peltier *et al.*, 2010). Pode ser subdividido em três porções: anterior, insular e posterior (Ture *et al.*, 2000). A porção anterior é relacionada ao lobo frontal, onde suas fibras se originam da região pré-frontal, dorsalmente às fibras do FU (Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a), e convergem em um único feixe (Kier *et al.*, 2004) que passa profundamente aos sulcos limitantes anterior e superior da ínsula para adentrar a porção ventral da ínsula. Sarubbo *et al.* (2013), estudando as terminações anteriores do FFOI, identificaram duas camadas: uma mais superficial e dirigida anterosuperiormente, terminando no giro frontal inferior, e uma mais profunda e subdividida por sua vez em três porções (posterior, média e anterior). O componente posterior termina no giro frontal médio e córtex pré-frontal dorso-lateral, o componente médio termina no giro frontal médio e córtex orbitofrontal lateral, e o componente anterior é dirigido ao córtex orbitofrontal e ao polo frontal.

Na porção insular, as fibras do FFOI se localizam imediatamente superiores às do FU, e na região do límen da ínsula as fibras de ambos fascículos ficam muito próximas, podendo ser descritas como unidas em um mesmo feixe de fibras nessa região (Ture *et al.*, 2000; Peltier *et al.*, 2010). Ao passar pela ínsula, as fibras do FFOI também são encontradas superficial e profundamente ao *claustrum*, e assim podem ser consideradas como pertencentes a ambas cápsulas extrema e externa (Ebeling e von Cramon, 1992; Kier *et al.*, 2004). Suas fibras continuam posteriormente e passam profundamente ao sulco limitante inferior da ínsula, espalhando-se na forma de um leque no lobo temporal e depois no lobo occipital (Kier *et al.*, 2004).

Na porção posterior, dois componentes podem ser identificados: a) “componente dorsal”, mais superficial, conectando o lobo frontal com o lóbulo parietal inferior e a porções posteriores dos giros occipitais médio e superior; e b) “componente ventral”, mais profundo, conectando o lobo frontal a porções posteriores do giro occipital inferior e áreas temporais basais posteriores (Martino *et al.*, 2010a).

No lobo temporal, o FFOI está associado com o FLI e também é descrito como ligando áreas temporais localizadas mais superiormente do que aquelas conectados pela FU, possivelmente incluindo fibras que ligam áreas corticais de associação auditivas (área 22 de Brodmann) e visuais (áreas 20 e 21 de Brodmann) com o córtex pré-frontal (Kier *et al.*, 2004).

Fascículo occipitofrontal superior e fascículo subcaloso

No espaço entre as fibras da cápsula interna cápsula e do corpo caloso, são descritos dois feixes de fibras que não são completamente compreendidos: o fascículo occipitofrontal superior, localizado lateralmente, e o fascículo subcaloso, localizado medialmente (Ture *et al.*, 1997).

O fascículo occipitofrontal superior foi descrito no final do século XIX, mas a sua localização e o trajetória nunca foram claramente definidas. Esse fascículo seria constituído por fibras de associação que ligariam os lobos frontal e occipital, e seu percurso seria sobre o aspecto superolateral do núcleo caudado. Em cortes coronais do cérebro, é possível identificar fibras brancas no aspecto superolateral do núcleo caudado e lateral ao fascículo subcaloso, com largura 2 mm a 3 mm de largura. Alguns autores incluíram essas fibras como pertencentes ao fascículo longitudinal superior, e outros autores usaram os termos “fascículo occipitofrontal” e “fascículo subcaloso” de forma intercambiável. Autores importantes, como Edward James Curran e Joseph Klingler, não mencionaram os termos “fascículo occipitofrontal superior” em suas obras, mas por outro lado indicaram que as mesmas fibras seriam parte do pedúnculo talâmico superior (Ture *et al.*, 1997).

Ture *et al.* (1997) descrevem que as fibras encontradas mais lateralmente nesse espaço têm uma orientação quase horizontal em relação às fibras capsulares adjacentes, e que seriam projeção do núcleo talâmico medial para as áreas frontais. Assim, essas fibras seriam parte do pedúnculo talâmico superior e o fascículo occipitofrontal superior não existiria.

Os termos “fascículo subcaloso”, também chamado de “estrato subcaloso”, e fascículo occipitofrontal superior são ainda usados por autores atuais de forma intercambiável, para descrever fibras situadas dorso-lateralmente ao núcleo caudado, imediatamente abaixo da parte mais medial da radiação do corpo caloso, e com percurso ligando as regiões occipital e temporal com o lobo frontal (Nieuwenhuys *et al.*, 2008). Porém, Ture *et al.* (1997) discordam dessa visão, descrevendo o estrato subcaloso como uma rede de fibras subependimária localizada na parede

superolateral do corno frontal e do corpo do ventrículo lateral, e ausente junto à porção atrial do ventrículo lateral e às fibras do *tapetum*. Em seu estudo, não foi possível definir a trajetória exata dessas fibras, mas aponta que algumas parecem terminar no núcleo caudado.

Fascículo longitudinal médio

O fascículo longitudinal médio foi descrito pela primeira vez por Benjamin Pincus Seltzer (1945 - 2012) e Deepak Pandya (1932 -) (Seltzer e Pandya, 1978 e 1984) em primatas não-humanos por técnicas histológicas, e foi confirmado posteriormente em humanos por exames de ressonância magnética. Ele conecta o giro angular (área 39 de Brodmann) com o giro temporal superior (área 22 de Brodmann) até o polo temporal (área 38 de Brodmann), estando dentro da substância branca do giro temporal superior. Sua localização é medial e ventral ao FLS (segmento FLS II e fascículo arqueado), lateral e superior ao FFOI, e dorsal em relação ao FLI (de Witt Hamer *et al.* 2011).

Porém, sua existência em humanos é controversa porque nunca foi descrito em trabalhos de dissecções anatômicas, apenas em estudos com ressonância magnética (Makris *et al.*, 2009).

Fascículo longitudinal inferior

O fascículo longitudinal inferior é um feixe de fibras de associação que conecta regiões do lobo occipital a regiões do lobo temporal. Encontra-se dentro da substância branca do giro fusiforme e pode ser encontrado logo após a remoção de suas fibras arqueadas, que estão são mais superficiais (Ture *et al.*, 2000). Esse feixe de fibras encontra-se lateralmente ao sulco colateral, inferior e paralelamente ao

corno temporal do ventrículo lateral (Ture *et al.*, 2000), e inferior e lateralmente às radiações ópticas (Parraga *et al.*, 2012).

Esse fascículo foi originalmente descrito como composto por fibras longas, mas posteriormente foi demonstrado ser composto de diferentes fibras de associação mais curtas que em conjunto levam à aparência macroscópica de um único e longo feixe de fibras brancas (Tusa e Ungerleider, 1985). Em um estudo com ressonância magnética, foi demonstrado que o FLI conecta o córtex occipital pré-estriado com estruturas temporais mediais, como hipocampo, giro para-hipocampal e amígdala (Catani *et al.*, 2003).

Fascículo do giro cíngulo ou *cingulum*

O aspecto mais posterior do giro para-hipocampal é dividido pela fissura calcarina, se continuando superiormente com o istmo do giro do cíngulo e posteriormente com o giro lingual (Wen *et al.*, 1999). Os giros para-hipocampal e do cíngulo podem ser vistos em conjunto como um giro contínuo em forma de “C”, dentro do qual se encontra um feixe espesso de fibras brancas de associação curtas e longas, chamado de *cingulum* (Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a). O fascículo do giro do cíngulo, ou *cingulum*, é o maior feixe de associação do sistema límbico (Ture *et al.*, 2000).

O percurso de suas fibras se encontra desde a área subcalosa (ou área paraolfatória de Broca) e giro paraterminal, continuando ao redor e paralelamente ao corpo caloso, por dentro dos giros do cíngulo e para-hipocampal, até sua continuação para a região hipocampal anterior para terminar no pré-*subiculum* e córtex entorrinal adjacente ao hipocampo. Também recebe fibras verticais originadas do giro frontal superior, lóbulo paracentral e pré-*cuneus*, sendo as últimas muito representativas e

levam ao seu alargamento. O *cingulum* se torna mais afilado ao nível do istmo do cíngulo, onde as fibras comissurais pertencentes ao fórceps major do corpo caloso passam na frente do *cingulum* (Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a).

Fascículo frontal oblíquo (*aslant*)

O fascículo frontal oblíquo (“*aslant*” na língua inglesa) foi descrito recentemente como um feixe de fibras de associação dentro do lobo frontal, conectando sua região superior-medial à região inferior-lateral, e tem seu nome a partir do trajeto oblíquo que percorre. Em um estudo com ressonância magnética e dissecação de espécimes cerebrais, esse foi identificado fascículo conectando a parte mais posterior da área de Broca (com o córtex pré-central e *pars opercularis*), localizada no giro frontal inferior, com a área motora suplementar e pré-motora suplementar (Catani *et al.*, 2012).

A função desse fascículo ainda não é esclarecida, estudos com pacientes operados para ressecção de glioma cerebral no lobo frontal dominante demonstraram que a estimulação elétrica intraoperatória na região dessas fibras pode provocar “gagueira” transitória (Kemerdere *et al.*, 2016) e bloqueio/ lentificação da linguagem (Fujii *et al.*, 2015), e um relato na literatura sugere que sua lesão possa levar ao desenvolvimento de síndrome de Foix-Chavany-Marie (Martino *et al.*, 2012).

Fascículo occipital vertical (ou fascículo perpendicular de Wernicke)

O fascículo occipital vertical, também chamado de fascículo perpendicular de Wernicke, é descrito como um feixe de fibras que conecta a giro occipital superior à região posterior do lobo parietal superiormente e o giro fusiforme inferiormente

(Paturet, 1964⁷ *apud* Martino e De Lucas, 2014). Um estudo com exames de ressonância magnética, Martino e Garcia-Porrero (2013) localizaram esse fascículo no lobo occipital, conectando o sulco occipitotemporal à porção lateral da junção occipitoparietal.

3.2.2.2 Fibras comissurais

Comissura anterior

A comissura anterior faz parte do sistema de fibras comissurais, interconectando córtex olfatórios homólogos, os giros temporais médios e os giros temporais inferiores (Ture *et al.*, 2000).

Ela é compacta na linha média, assumindo uma forma roliça como uma corda que atravessa perpendicularmente a linha média, entre as fibras da coluna do fórnice: as fibras pré-comissurais do fórnice (menor contingente) passam à frente, e as fibras pós-comissurais do fórnice (maior contingente) passam atrás da comissura anterior. Seu diâmetro anteroposterior varia de 1,5 mm a 6 mm (Rhoton Jr., 2002) ou de 3 mm a 5 mm (Peltier *et al.*, 2011), com média de 4 mm (Peltier *et al.*, 2011).

Logo após cruzar a linha média, a CA tem uma pequena extensão ventral e uma extensão lateral mais volumosa. Essa extensão ventral se dirige anteriormente e liga ambos sistemas olfativos, criando uma verdadeira comissura olfativa (Peltier *et al.*, 2011). A informação do olfato é carregada pelo nervo olfatório, que passa através da placa cribriforme do osso etmoide e faz sinapse com neurônios secundários nos bulbos olfatórios, de onde surgem as estrias olfatórias medial e lateral. A estria medial carrega as vias reflexas e entra no giro para-olfatório, atingindo o núcleos septais e se continua

⁷ Paturet G; Bellocq P. *Traite d'anatomie humaine*. Paris: Masson & Cie Editeurs., 1964.

com a extensão ventral da CA (Peltier *et al.*, 2011). Peltier *et al.* (2011) conseguiram identificar essa extensão ventral em apenas 69% dos hemisférios dissecados, concluindo que em 31% dos hemisférios ela estaria subdesenvolvida ou ausente.

A extensão lateral da CA se continua lateralmente, dentro um canal chamado de “Canal de Gratiolet”, passando entre a substância inominada de Karl Bogislaus Reichert (1811 - 1883) inferiormente e o aspecto mais basal do globo pálido superiormente (Ture *et al.*, 2000; Peltier *et al.*, 2011). Quando visto de cima, a configuração da CA se assemelha a um guidão de bicicleta (Peltier *et al.*, 2011). Depois de passar profundamente ao sulco limitante inferior da ínsula, as fibras da extensão lateral da CA se abrem como um leque sobre o lobo temporal. As fibras que se dirigem anteriormente se encontram com as fibras do fascículo uncinado, e as fibras que se dirigem posteriormente se encontram com as fibras do fascículo fronto-occipital inferior e da radiação óptica para constituir o estrato sagital (Ture *et al.*, 2000; Parraga *et al.*, 2012).

Corpo caloso

O corpo caloso é o principal feixe de fibras comissurais nos humanos, interconectando ambos hemisférios com exceção das regiões temporais polares, que são interconectadas pela comissura anterior (Ture *et al.*, 2000).

Sua parte mais compacta está localizada na profundidade da fissura inter-hemisférica forma o teto dos ventrículos laterais. Nessa topografia ele pode ser dividido em quatro porções: rostro, joelho, corpo e esplênio (Ture *et al.*, 2000; Rhoton Jr., 2002).

Dentro de cada hemisfério cerebral, suas fibras se abrem como um leque para todos os lobos formando a radiação calosa. As fibras que se dirigem mais

anteriormente, para os lobos frontais se chamam fórceps *minor*, enquanto as fibras que se dirigem posteriormente em direção aos polos occipitais são mais numerosas e chamadas fórceps *major* (Nieuwenhuys *et al.*, 2008).

O *tapetum* ou tapete é constituído por fibras calosas que se originam no esplênio e são direcionadas para as regiões temporais basais, se curvando anteriormente até quase atingir o polo temporal (Ture *et al.*, 2000). Suas fibras formam uma fina camada sobre o teto e o átrio do ventrículo lateral, estando superficialmente ao epêndima dessa cavidade e profundamente à radiação do pedúnculo talâmico posterior (Ture *et al.*, 2000).

Suas conexões podem ser homotópicas ou heterotópicas. As fibras homotópicas interconectam áreas corticais correspondentes, enquanto as fibras heterotópicas interconectam áreas corticais não-correspondentes de ambos hemisférios (Nieuwenhuys *et al.*, 2008).

As fibras que interconectam os lobos frontais passam na metade anterior do corpo caloso, e as outras passam na sua metade posterior, sendo as fibras parietais anteriores àquelas direcionadas para o lobo temporal, e as fibras occipitais ainda mais posteriores, já no esplênio (Pandya *et al.*, 1971; Nieuwenhuys *et al.*, 2008).

Comissura hipocampal

As fibras do fórnice dão a volta ao redor do tálamo, assumindo uma forma achatada quando estão em seu aspecto mais dorsal chamado de crura do fórnice. Nessa região, entre o tálamo e o esplênio do corpo caloso, algumas fibras atravessam a linha média se conectando à crura do fórnice do hemisfério contralateral e formando uma fina camada chamada de comissura hipocampal, comissura forniceal ou psalterium (Nieuwenhuys *et al.*, 2008).

Estudos experimentais neuroanatômicos em macacos rhesus mostraram que essa comissura interconecta a parte mais rostral (ou uncal) do corno de Ammon do hipocampo e giros denteados associados, e suas fibras também passam do pré-*subiculum* até o córtex entorrinal contralateral (Nieuwenhuys *et al.*, 2008; Suarez *et al.*, 2014).

Comissura das habênulas

Localizada na placa quadrigeminal, logo acima do recesso da glândula pineal, encontra-se a comissura das habênulas. Essa estrutura interconecta o epitálamo bilateralmente, e é composta por algumas fibras que, ascendendo com a *stria medullaris thalami*, decussam na comissura habenular e terminam no complexo habenular de substância cinzenta contralateral (Nieuwenhuys *et al.*, 2008). A comissura das habênulas também contém axônios originários do bulbo olfatório e *pallium* medial que terminam contralateralmente em alvos paliais, subpaliais e diencefálicos (Suarez *et al.*, 2014).

3.2.2.3 Fibras de projeção

Trato piramidal

O termo “trato piramidal” se refere às fibras que, por definição, trafegam longitudinalmente na pirâmide do bulbo, independentemente do seu local de origem. Ele é formado pelas fibras córtico-espinhais e córtico-bulbares, que se originam do córtex próximo do sulco central, e descem pela *corona radiata*, cápsula interna, porção média dos pedúnculos cerebrais, núcleos pontinos e finalmente ocupam a pirâmide do bulbo. A grande maioria destas fibras se continuam para a medula espinal, constituindo o trato córtico-espinhal, mas algumas fibras desviam na

pirâmide ou em níveis mais elevados em direção a núcleos motores de nervos cranianos, formando o trato córtico-bulbar (Ebeling e Reulen, 1992).

A origem do trato piramidal inclui grandes áreas dos lobos frontal e parietal. Fibras do córtex motor primário do giro pré-central (área 4 de Brodmann) compõem cerca de 40% a 60% do total de fibras desse trato, enquanto fibras do córtex somestésico do giro pós-central e lóbulo paracentral (áreas 1, 2 e 3 de Brodmann) compõem cerca de 20%. As fibras restantes originam-se na área pré-motora (áreas 6 e 8 de Brodmann) e no lobo parietal (áreas 5 e 7 de Brodmann) (Jane *et al.*, 1967; Ebeling e Reulen, 1992). Suas fibras são caracterizadas pela presença de axônios de grande calibre mielinizados originários das células de Betz e por uma maioria de fibras menores (Nieuwenhuys *et al.*, 2008).

Ebeling e Reulen (1992) publicaram um estudo anatômico sobre o trato piramidal em grande detalhe. Eles o descreveram como uma estrutura em leque que se deforma em seu percurso ao sofrer uma rotação de quase 90 graus de suas fibras: suas fibras se originam abertas logo abaixo do córtex com uma disposição ao longo do eixo lateromedial, e inferiormente se fecham em direção ao braço posterior da cápsula reunião interna, assumindo uma disposição ao longo do eixo anteroposterior na cápsula interna.

O percurso do trato piramidal pode ser traçado através da sua localização em pontos-chaves como referência (Ebeling e Reulen, 1992). O primeiro é giro pré-central, de onde o trato piramidal se origina, e tem um ângulo em relação à linha média de $62 \text{ graus} \pm 3 \text{ graus}$. O segundo ponto de referência é a entrada do trato piramidal na cápsula interna, passando lateralmente ao bordo superior e lateral do corpo do ventrículo lateral e do núcleo caudado adjacente e medialmente ao sulco limitante

superior da ínsula. Esta área de entrada está a aproximadamente 35 mm a 45 mm abaixo da superfície cortical e tem uma largura de 10 mm a 15 mm. A terceira referência é o braço posterior da cápsula interna, que pode ser claramente identificado em planos axiais com exames de tomografia e ressonância magnética feitos a 35 mm - 45 mm abaixo do vértice. Durante uma cirurgia, o forame de Monro pode ser usado como uma referência indireta, porque o joelho da cápsula toca a superfície do ventrículo lateral imediatamente lateral ao forame de Monro, no intervalo entre o núcleo caudado e o tálamo (Ebeling e Reulen, 1992; Rhoton Jr., 2002).

Em um estudo onde o trato piramidal foi estudado com exame de ressonância magnética com tractografia, estimulação cortical durante cirurgias e dissecções anatômicas, Zolal *et al.* (2012) notaram que as fibras provenientes do giro pré-central são organizadas em três camadas: fibras curtas de associação (fibras em U) que conectam o giro pré-central aos giros frontais estão adjacentes ao sulco pré-central, fibras do corpo caloso estão no meio, e as fibras se projetam para a cápsula interna estão na camada mais adjacente ao sulco central.

Essa rotação das fibras do trato piramidal também pode ser observada através do ponto de vista funcional. No córtex, a topografia face-braços-pernas está disposta de lateral para medial e de anterior para posterior, enquanto na cápsula interna essa mesma topografia está organizada de medial para lateral e de anterior para posterior (Kretschmann, 1988).

Em muitas ilustrações anatômicas, a localização do trato piramidal dentro do cápsula interna se baseia na descrição clássica dos trabalhos de Dejerine (1895) e Otfried Foerster (1873 - 1941) (Bumke e Foerster, 1935), colocando essa fibras no metade anterior do braço posterior do cápsula interna. Porém, em estudos mais aprofundados

nota-se que a posição dessas fibras vai se tornando mais posterior à medida seu trajeto descende, de forma que na parte superior da cápsula interna, ao nível do forame interventricular de Monro, o trato piramidal situa-se no meio do braço posterior e na porção inferior da cápsula interna, ao nível do núcleo subtalâmico e metatálamo, essas fibras estão no terço posterior do posterior braço posterior (Kretschmann, 1988).

Conexões com os gânglios da base

Os gânglios da base incluem os núcleos caudado, putame, globo pálido, tálamo, subtalâmico e substância negra (Alexander *et al.*, 1986).

Eles estão envolvidos no controle de padrões complexos de atividade motora e movimentos especializados, como escrever por exemplo. Sua função está associada ao início do movimento e à qualidade do desempenho da tarefa motora. Parece que as diferentes partes dos gânglios basais estão envolvidas no controle da rapidez e da magnitude com que um movimento deve ser executado. Além disso, algumas das estruturas que compõem os gânglios basais parecem influenciar aspectos cognitivos de controle motor, contribuindo para planejar a sequência de tarefas necessárias para a realização de uma determinada atividade, o que também é chamado de “seleção de estratégias motoras” (Alexander *et al.*, 1986).

Funcionalmente, informações do córtex cerebral e de outras fontes (como tálamo e substância negra) chegam aos gânglios da base primeiramente através dos núcleos caudado e putame. Essa informação é retransmitida para o globo pálido, o qual é composto por um segmento medial e outro seguimento lateral, também conhecidos como segmentos internos e externos, respectivamente. Como via de saída, o globo pálido interno é o principal núcleo eferente dos gânglios da base (Alexander *et al.*, 1986).

Vias aferentes dos gânglios da base

As conexões aferentes para o corpo estriado (*striatum*), formado pelos núcleos putame e caudado, são topograficamente organizadas e se originam principalmente do córtex cerebral, núcleos talâmicos intralaminares, e substância negra (Tamraz e Comair, 2006). Há também outras aferências striatais, como aquelas originadas de grupos de células serotoninérgicas localizadas no núcleo dorsal da rafe do mesencéfalo (Tamraz e Comair, 2006).

Projeções córtico-striatais

As projeções córtico-striatais surgem de grandes áreas do córtex cerebral e se projetam para os núcleos caudado e putame. As fibras que se originam do córtex motor primário (área 4 de Brodmann) se projetam bilateralmente de forma somatotopicamente organizada para o putame e usam glutamato como neurotransmissor (Tamraz e Comair, 2006).

Projeções tálamo-striatais

As projeções tálamo-striatais constituem um sistema aferente profuso, oriundo principalmente do núcleo centromediano, mas também de outros núcleos intralaminares e da linha média do tálamo (Tamraz e Comair, 2006).

Projeções nigro-striatais

As fibras nigro-striatais se originam a partir da *pars compacta* da substância negra, ascendem à região subtalâmica para atingir a cápsula interna e terminam nos núcleos caudado e putame. Estas fibras nigro-striatais secretam dopamina no *striatum* (Tamraz e Comair, 2006).

Vias eferentes dos gânglios da base

As eferências do *striatum* são mais limitadas, sendo que a maioria das fibras striato-fugais terminam no globo pálido (*pallidum*) e substância negra (Tamraz e Comair, 2006).

As fibras striato-palidais são organizadas topograficamente, de forma que a porção lateral do putame se projeta para globo pálido externo enquanto a parte medial do putame e o núcleo caudado se projetam para ambos pálido interno e externo. As fibras originárias do núcleo subtalâmico também são topograficamente organizadas e se projetam para ambos segmentos do globo pálido. Quase todos os neurónios das vias striato-fugais usam ácido gama-aminobutírico como neurotransmissor inibitório (Tamraz e Comair, 2006).

A via de saída final mais importante é representada pelo sistema pálido-fugal, o qual é composto por fibras espessas e fortemente mielinizadas topograficamente organizadas em diversos feixes de fibras e onde se destacam: a *ansa lenticularis*, o fascículo lenticular, o fascículo talâmico, o fascículo subtalâmico, e projeções pálido-tegmentais, pálido-nigrais, e pálido-habenulares (Tamraz e Comair, 2006).

A *ansa lenticularis*, fascículo lenticular e fibras pálido-tegmentais se originam exclusivamente a partir do globo pálido interno, sendo a exceção as fibras pálido-subtalâmicas que surgem a partir do globo pálido externo. O principal destino das fibras cruzadas e não cruzadas pálido-talâmicas são os núcleos talâmicos ventral anterior e ventral lateral, que por sua vez se projetam para o córtex cerebral. As fibras tálamo-striatais oriundas do núcleo talâmico centromediano também se projetam para o putame, como parte de um sistema de retroalimentação (*feedback*) (Tamraz e Comair, 2006).

Circuitos gânglios da base-tálamo-corticais segregados

Achados anatômicos e neurofisiológicos fundamentaram o conceito de que as vias gânglios da base-tálamo-corticais são segregadas, sendo que determinadas influências dos gânglios da base são transmitidas apenas para partes restritas do lobo frontal, embora o *striatum* receba projeções de quase todo o neocórtex. Como cada um deles parece estar centrado em uma parte separada do lobo frontal, foi descrita a existência de pelo menos cinco circuitos organizados em paralelo: motor, óculo-motor, pré-frontal dorsolateral, orbitofrontal lateral e cíngulo anterior (Alexander *et al.*, 1986).

Os elementos de cada um desses circuitos incluem partes diferentes do corpo estriado, globo pálido, substância negra, tálamo e córtex. Cada circuito recebe informações originárias de diversas regiões corticais, sendo essas projeções córtico-striatais parcialmente as mesmas entre os diferentes circuitos. Essa informação é progressivamente integrada na sua passagem subsequente através do globo pálido e da substância negra, para terminar em uma parte específica do tálamo, a qual projeta para uma única área cortical. Assim, cada circuito é parcialmente fechado e separado dos outros pela projeção tálamo-cortical específica, a qual é devolvida para uma das múltiplas fontes de entrada córtico-striatal (Alexander *et al.*, 1986).

Além disso, parece que cada um desses circuitos gânglios da base-tálamo-corticais recebe os seus *inputs* córtico-striatais apenas de áreas corticais que estão relacionadas funcionalmente (e geralmente interligados). Por exemplo, o circuito de “motor” recebe entradas a partir de, pelo menos, quatro áreas corticais interligadas que têm sido fortemente relacionadas ao controle dos membros e movimentos orofaciais, enquanto o circuito “óculo-motor” recebe entradas a partir de três áreas interligadas relacionadas aos controles de movimentos oculares (Alexander *et al.*, 1986).

Além dos cinco circuitos principais, os núcleos dos gânglios da base também participam individualmente em diversos circuitos auxiliares, que aparentemente atuam, pelo menos em parte, no controle das vias gânglios da base-tálamo-corticais. Os pontos-chaves desses circuitos incluem o núcleo subtalâmico, os núcleos intralaminares do tálamo, o núcleo pedúnculo-pontino e núcleos dopaminérgicos do tegmento mesencefálico (Alexander *et al.*, 1986).

Circuito motor

O circuito “motor” é amplamente centrado no putame, que recebe projeções somatopicamente organizadas a partir dos córtices motor e somatossensorial. As áreas relacionadas aos membros inferiores de ambos córtices motor e somatossensorial projetam para porção dorsolateral do putame, enquanto as áreas corticais relacionadas ao rosto projetam para porção ventromedial, e as áreas corticais relacionadas aos membros superiores projetam para a porção do putame entre as duas anteriores. O putame também recebe informações de outras regiões corticais, também somatopicamente organizadas. O putame transmite essa informação para os dois terços ventrolaterais de ambos os globos pálido interno e externo e para porção caudolateral da substância negra. A parte do globo pálido interno que recebe informações do putame projeta, por sua vez, para a parte oral do núcleo ventrolateral do tálamo e depois finalmente a informação é projetada para a área motora suplementar cortical. Assim, os *inputs* cortico-striatais originários da área motora suplementar, a área pré-motora arqueada, córtex motor e córtex somatossensorial são transmitidos através do circuito “motor” e, finalmente, projetado novamente de volta como um *loop* para uma única região cortical, a área motora suplementar. A contribuição da substância negra *pars reticulata* para o circuito “motor” ainda não foi totalmente esclarecida (Alexander *et al.*, 1986).

A área motora suplementar, o término cortical do circuito “motor”, parece desempenhar um papel importante na programação e controle dos movimentos. Há evidências de que a área motora suplementar envia projeções não só para o córtex motor e área pré-motora arqueada, mas também se projeta diretamente para a medula espinhal. Estudos indicam que essas vias podem influenciar a formação de atividade muscular na primeira “explosão agonista” (*agonist burst*) e, assim, participar no controle da velocidade e amplitude de movimentos. Também é possível que esse circuito tenha papel na iniciação e programação dos movimentos gerados internamente. Com a evidência que a somatotopia é mantida em diversas partes desse circuito, é possível também dividi-lo em vários sub-circuitos paralelos ou “canais” relacionados à movimentação de partes individuais do corpo (Alexander *et al.*, 1986).

Circuito óculo-motor

As áreas corticais *frontal eye fields* (área 8 de Brodmann), dorsolateral pré-frontal (áreas 9 e 10 de Brodmann) e parietal posterior (área 7 de Brodmann), são interligadas e tem sido relacionadas a mecanismos de controle. Essas áreas projetam para a porção central do núcleo caudado, que por sua vez projeta para as porções caudal e dorsomedial do globo pálido interno e porção ventrolateral da substância negra *pars reticulata*. Esses últimos projetam para partes da porção magnocelular do núcleo talâmico ventral anterior e a porção paralaminar do núcleo talâmico mediodorsal. Ambas estas áreas talâmicas projetam de volta, como um *loop*, para os *frontal eye fields*, fechando assim parcialmente o circuito “óculo-motor”. Há indícios de que parte da projeção nigro-talâmica também se projeta para o colículo superior, sugerindo uma outra via de saída direta para o circuito “óculo-motor” (Alexander *et al.*, 1986).

Circuito pré-frontal dorsolateral

Esse circuito já foi referido como “circuito de associação”, porém as funções comportamentais relacionadas às suas áreas corticais envolvidas não foram completamente esclarecidas, e assim torna-se mais seguro nomear esse circuito com base em sua anatomia (Alexander *et al.*, 1986).

O córtex pré-frontal dorsolateral (áreas 9, 10 e 46 de Brodmann) projeta-se para a porção dorsolateral da cabeça do núcleo caudado e, ao longo de uma extensão rostro-caudal contínua, se estende também para o núcleo caudado. Projeções cortico-striatais grosseiramente sobrepostas a partir do córtex parietal posterior (área 7 de Brodmann) e da área pré-motora arqueada também se dirigem para essa mesma região (Alexander *et al.*, 1986).

As porções mais rostrais do núcleo caudado se projetam para o terço dorsomedial do globo pálido e para porções rostrais da substância negra *pars reticulata*. Nessas projeções há um gradiente mediolateral, de tal modo que as projeções do caudado dorsolateral (que recebe as projeções a partir de córtex pré-frontal dorsolateral) são distribuídas para as porções mais laterais do globo pálido e da substância negra do que são aquelas originadas do caudado ventromedial. O terço dorsomedial do globo pálido interno se projeta para a parte parvocelular do núcleo talâmico ventral anterior, o qual por sua vez se projeta para convexidade do lobo frontal, incluindo áreas pré-frontais caudais. As porções rostrolaterais da substância negra *pars reticulata* se projetam para a parte parvocelular do núcleo dorsomedial do tálamo, que por sua vez se projeta para o córtex pré-frontal dorsolateral, fechando também esse circuito como um *loop* (Alexander *et al.*, 1986).

Circuito orbitofrontal lateral

O córtex orbitofrontal lateral, correspondente às áreas 10 de Brodmann e 12 de Walker, se projeta para porção ventromedial do núcleo caudado, desde sua cabeça até sua cauda. Esta parte do caudado também recebe *inputs* das áreas de associação auditiva (giro temporal superior) e visual (giro temporal inferior). Essa porção do caudado se projeta, por sua vez, para região dorsomedial do globo pálido interno, que se encontra medial à parte relacionada ao caudado dorsolateral, e para região rostromedial da substância negra *pars reticulata*. Esses estímulos seguem para a parte magnocelular do núcleo talâmico central anterior e para a parte magnocelular do núcleo talâmico dorsomedial, e finalmente se fecha em um *loop* a partir da projeção dessas duas regiões talâmicas de volta para o córtex orbitofrontal lateral (Alexander *et al.*, 1986).

Circuito do cíngulo anterior

Lennart Heimer (1930 - 2007) propôs pela primeira vez o conceito do sistema striato-palidal ventral, se baseando nas diferentes ligações e características histoquímicas do núcleo *accumbens* e do tubérculo olfatório em relação ao restante do *neostriatum* (de Olmos e Heimer, 1999). Essas duas subdivisões do *striatum* ventral (*accumbens* e tubérculo olfatório) recebem extensas projeções do hipocampo, amígdala, e córtex entorrinal (área 28 de Brodmann) e córtex peri-rinal (área 35 de Brodmann), sendo essas estruturas chamadas de límbicas e conferindo na literatura a denominação de *striatum* “límbico” para essas estruturas. Porém, já foi demonstrado que outras regiões com organização não-isocortical também se projetam para *striatum* ventral, como a parte anterior do giro do cíngulo e regiões temporais (incluindo o polo temporal e os giros temporais superior e inferior). Também há

evidência de que o núcleo *accumbens* também recebe projeções de porções posteriores da área orbitofrontal medial (área 11 de Brodmann, ou área 13 de Walker) (Alexander *et al.*, 1986).

O *striatum* ventral se projeta para o globo pálido pré-comissural ou ventral e substância negra, sendo que *inputs* para o núcleo *accumbens* também se projetam para uma porção rostrolateral do globo pálido interno e seguem para uma porção paramediana da parte magnocelular do núcleo talâmico dorsomedial. Esse circuito finalmente se fecha em um *loop* através da projeção de regiões posteriores e mediais do núcleo dorsomedial do tálamo para o área anterior do cíngulo (Alexander *et al.*, 1986).

Fibras claustro-corticais (FCC)

O *claustrum* é uma lâmina fina de substância cinzenta localizada profundamente à superfície da ínsula. Macroscopicamente, pode ser dividido em duas partes: o *claustrum* dorsal, também conhecido como compacto ou *claustrum* insular, e o *claustrum* ventral, também chamado de fragmentado, pré-piriforme, amigdaliano, ou *claustrum* temporal (Fernandez-Miranda *et al.*, 2008b).

O *claustrum* dorsal está localizado superoposteriormente e é uma lâmina contínua e irregular de substância cinzenta. Está separado do putame pela cápsula externa medialmente e do córtex insular pela cápsula extrema lateralmente (Fernandez-Miranda *et al.*, 2008b).

O *claustrum* ventral está localizado anteroinferiormente e consiste em um grupo difuso e fragmentado de substância cinzenta, formando aglomerados como ilhas, imbricado pelos fascículos uncinado e fronto-occipital inferior que atravessam essa região. Sua parte mais superior se continua em direção à base do lobo frontal,

inferiormente ao putame, até o córtex pré-piriforme; enquanto sua parte mais inferior é junta com o polo posteroinferior do *claustrum* dorsal e se dirige para a amígdala, com quem parece se mesclar (Fernandez-Miranda *et al.*, 2008b).

Em um estudo combinando técnicas de dissecação de fibras e tractografia em imagens de ressonância magnética para detalhar a anatomia do *claustrum* e suas projeções, Fernandez-Miranda *et al.* (2008b) mostraram que as fibras claustro-corticais conectam o *claustrum* dorsal com o córtices frontal superior, pré-central, pós-central e parietal posterior, e são topograficamente organizadas. O *claustrum* ventral é atravessado pelos fascículos uncinado e fronto-occipital inferior, que conectam com os córtices orbitofrontal e pré-frontal com a amígdala e córtices temporal e occipital.

Estudos experimentais em gatos e macacos, feitos principalmente com marcadores do fluxo axonal anterógrado e retrógrado injetados em áreas corticais, mostraram que o *claustrum* está conectado de forma recíproca a diversas regiões corticais, de forma que essas conexões córtico-claustrais são retribuídas por projeções claustro-corticais. As regiões neocorticais descritas incluem o córtex sensorial somático primário S1 (áreas 3, 1, 2 de Brodmann), as áreas de associação somatossensorial (áreas 5 e 7 de Brodmann), as áreas visuais (áreas 17, 18 e 19 de Brodmann), a área de associação auditiva (área 22 de Brodmann), o córtex motor primário (área 4 de Brodmann), o córtex pré-motor (parte lateral da área 6 de Brodmann), o córtex motor suplementar (parte medial da área 6 de Brodmann), a área pré-frontal (área 46 de Brodmann), a área orbitofrontal (área 12 de Brodmann), a área temporopolar (área 38 de Brodmann) e giro do cíngulo (área 24 de Brodmann). A área entorrinal (área 28 de Brodmann) e a área olfatória paleocortical (área 51 de Brodmann) estão ligadas com a

parte ventral do *claustrum*. Destaca-se que as áreas auditivas (áreas 41 e 42 de Brodmann), ao contrário das áreas primárias somatossensorial e visual, não estão conectadas com o *claustrum* (Nieuwenhuys *et al.*, 2008).

Outras conexões subcorticais do *claustrum* também foram descritas, como vias aferentes a partir do núcleo centro-lateral intralaminar do tálamo, corpo geniculado lateral e área hipotalâmica lateral, e vias recíprocas com o corpo amigdalóide basolateral (Nieuwenhuys *et al.*, 2008).

Devido a essas inúmeras conexões corticais originárias de regiões relacionadas a diversas funções cerebrais, é aceita a hipótese de que o *claustrum* seria uma importante região de integração. Francis Crick (1916 - 2004), um dos descobridores da estrutura e função do DNA, sugeriu que o *claustrum* é essencial para ligação de toda informação cerebral e especulou sobre sua possível relação nos processos que dão origem às percepções conscientes (Crick e Koch, 2005).

Projeções córtico-ponto-cerebelares

O córtex cerebral e o cerebelo são interligados por um complexo circuito córtico-cerebelar, que compreende um ramo aferente de *feedforward* e um ramo eferente de *feedback* (Nieuwenhuys *et al.*, 2008).

O ramo aferente de *feedforward* é topograficamente organizado e representado pelas fibras córtico-pontinas. Essas fibras se originam principalmente a partir dos lobos frontal, parietal e occipital, sendo que áreas visuais e visuomotoras contribuem substancialmente, e são direcionadas para os núcleos pontinos. A origem dessas projeções no lobo frontal é restrita ao córtex dorsal pré-frontal e a contribuição do lobo temporal é pequena ou inexistente, embora projeções a partir do córtex auditivo já foram mapeadas (Nieuwenhuys *et al.*, 2008).

Os núcleos pontinos recebem as fibras córtico-pontinas através do pedúnculo cerebral e também ramos colaterais de axônios do trato piramidal, que passa através da ponte em seu trajeto para o bulbo. Os pedúnculos cerebrais são encontrados no aspecto mais anterior do mesencéfalo, sendo as fibras frontopontinas localizadas em seu terço medial, as fibras do trato piramidais no terço médio, e as fibras parietopontinas, occipitopontinas e temporopontinas no terço lateral. Os núcleos pontinos dão origem a fibras orientadas transversalmente, sendo que maioria dessas fibras decussam na ponte, e se dirigem posteriormente ao cerebelo através do pedúnculo cerebelar médio. Essas fibras terminam em todos lóbulos do cerebelo, com exceção do nódulo, flóculo e paraflóculo acessório (Nieuwenhuys *et al.*, 2008).

O ramo eferente de *feedback* é composto por projeções cerebelares que se originam dos núcleos denteados para a parte posterior núcleo ventral lateral do tálamo (VLP), e se continuam para o córtex pré-frontal. Assim, as áreas frontais que dão origem às projeções córtico-pontinas recebem como *feedback* projeções a partir cerebelo contralateral, por outro lado as áreas dos lobos parietal e occipital se projetam extensamente para o cerebelo e não parecem receber projeções de *feedback* (Nieuwenhuys *et al.*, 2008).

O cerebelo está envolvido principalmente com o controle da motricidade, mas devido a essa circuitaria córtico-cerebelar complexa, que compreende os ramos aferente de *feedforward* e o eferente de *feedback* com principal influência sobre o córtex cerebral pré-frontal, existe na literatura uma controvérsia se o cerebelo também poderia participar em funções cognitivas (Schmahmann e Pandya, 1997).

Radiação talâmica

A maioria dos neurônios talâmicos funcionam como células retransmissoras que se projetam para o córtex cerebral ou para o *striatum*. Fibras córtico-talâmicas se originam a partir de todo córtex cerebral, e se projetam os núcleos talâmicos. Esses circuitos são topograficamente organizados, de forma que a informação é retribuída para o córtex por projeções tálamo-corticais que se originam nos núcleos talâmicos. Além desses vários núcleos talâmicos receberem essas aferências “específicas”, eles também recebem aferências “não-específicas” a partir do tronco cerebral (Nieuwenhuys *et al.*, 2008).

As fibras córtico-talâmicas e tálamo-corticais se destacam da *corona radiata* e da cápsula interna, e adentram o tálamo através de seus polos rostral e caudal, formando pedúnculos talâmicos. Estes pedúnculos estão localizados medialmente às vias córtico-fugais que se originam no córtex e se projetam para o tronco cerebral e medula espinal (Nieuwenhuys *et al.*, 2008).

O pedúnculo talâmico anterior está relacionado ao braço anterior da cápsula interna, e suas fibras formam uma ligação recíproca do tálamo com parte do córtex pré-frontal, córtex orbitofrontal e também com o giro do cíngulo (Nieuwenhuys *et al.*, 2008).

O pedúnculo talâmico superior está relacionado ao joelho e ao braço posterior da cápsula interna. As fibras que passam pelo joelho da cápsula interna são as mais anteriores e se originam de áreas pré-frontais e pré-centrais, enquanto as fibras que passam pelo braço posterior da cápsula interna são relacionadas a áreas pré-centrais e pós-centrais (Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a).

As fibras do pedúnculo talâmico posterior se projetam de forma recíproca a partir das regiões parietal posterior (pré-*cuneus*) e occipital (*cuneus*), passando pelas

porções retrolenticular e sublenticular da cápsula interna. A porção retrolenticular inclui grande parte das fibras geniculo-calcarinas ou radiações ópticas, e também as fibras que se estendem entre o pulvinar do tálamo e o córtex parieto-occipital (Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a). Na porção sublenticular da cápsula interna estão incluídos o componente anterior das radiações ópticas (alça de Meyer) e as radiações auditivas (Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a).

O pedúnculo talâmico inferior, também chamado de pedúnculo talâmico extracapsular, contém fibras que ligam o tálamo com os córtices orbitofrontal, insular e temporal e o complexo amigdalóide (Nieuwenhuys *et al.*, 2008). A cauda do núcleo caudado está localizada no teto do corno temporal do ventrículo lateral e muitas vezes não é contínua, sendo formada por várias ilhas de substância cinzenta separadas por matéria branca pertencente à parte sublenticular cápsula interna. A cauda do núcleo caudado não alcança a ponta do corno temporal, se curvando superiormente para se juntar ao núcleo lentiforme e descrevendo um trajeto em forma de “U”. Assim, as fibras que se projetam reciprocamente entre o tálamo e as regiões corticais que estão anteriores a esse “U” estão excluídas da cápsula interna, e são denominadas de pedúnculo talâmico extracapsular. Ture *et al.* incluem nesse pedúnculo talâmico fibras provenientes da amígdala, do córtex temporal medial, e da substância inominada (Ture *et al.*, 2000; Peuskens *et al.*, 2004).

Radiação óptica

O trajeto completo da radiação óptica foi descrito pela primeira vez por Louis Pierre Gratiolet (1815 - 1865), recebendo seu nome em 1854 (Ture *et al.*, 2000; Yasargil *et al.*, 2004). Em 1855, o italiano Bartholomeo Panizza (1785 - 1867) demonstrou a via visual desde os olhos até o córtex occipital usando técnicas de dissecação de fibras (Ture

et al., 2000). Paul Emil Flechsig (1847 - 1929), em 1896, descreveu pela primeira vez o percurso da radiação óptica dentro do lobo temporal, a qual primeiro segue anteriormente para depois se curvar posteriormente, chamando ela de “joelho temporal” (Yasargil *et al.*, 2004). Em 1906, La Salle Archambault (1879 - 1940) identificou esta curvatura como um desvio da radiação óptica (Archambault, 1909) e Moritz Probst (1867 - 1923), no mesmo ano, demonstrou que a porção mais anterior dessas fibras estavam localizadas 5 mm a 10 mm laterais ao limite anterior do corno temporal do ventrículo lateral (Rasmussem, 1943). Posteriormente em 1907 e com mais detalhes, Adolf Meyer (1866 - 1950) descreveu essa mesma configuração em alça dessas fibras, nomeando de “*loop* temporal” (Meyer, 1907).

A via visual se inicia na retina, de onde a informação visual é captada e transmitida pelos nervos ópticos. Por definição, os nervos ópticos terminam no quiasma óptico, onde fibras provenientes da retina nasal (responsáveis pelo campo visual temporal) decussam. O trato óptico segue posterolateralmente até alcançar o corpo geniculado lateral, que é uma pequena massa ovoide localizado sob o pulvinar do tálamo, em um trajeto de comprimento médio de 30,7 mm (Parraga *et al.*, 2012). Uma minoria de fibras do trato óptico também alcança o pulvinar, o núcleo pré-tectal e os colículos superiores (Parraga *et al.*, 2012).

A radiação óptica é composta por fibras que se originam da metade temporal da retina ipsilateral e da metade nasal da retina contralateral, e terminam no córtex visual primário localizado nos lábios superior e inferior da fissural calcarina (área 17 de Brodmann). Ela primeiramente faz parte do pedúnculo talâmico posterior, e das porções retrolenticular e sublenticular da cápsula interna, se continuando depois como parte do estrato sagital recobrimdo a parede do ventrículo lateral (Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a; Parraga *et al.*, 2012).

A radiação óptica pode ser dividida em três segmentos ou feixes de fibras: anterior, central e posterior.

O segmento anterior tem primeiramente um trajeto anterior dentro do lobo temporal, se curvando inferiormente e posteriormente, e se continuando até lábio inferior da fissura calcarina. O limite anterior dessa curva, atualmente chamada de alça de Meyer, é de grande importância em procedimentos cirúrgicos, uma vez que sua lesão é associada a quadrantomia superior contralateral homônima (Ebeling e Reulen, 1988). Assim, essa distância foi tema central de diversos trabalhos na literatura.

A partir do polo temporal, essa distância foi em média de $27 \text{ mm} \pm 3,5 \text{ mm}$, variando de 22 mm a 37 mm para Ebeling e Reulen (1988); de 15 mm a 30 mm para Peuskens *et al.* (2004); de 22 mm a 30 mm (média de 25 mm) para Rubino *et al.* (2005); de 28 mm a 34 mm (média de 31,4 mm) para Choi *et al.* (2006) e Fernandez-Miranda *et al.* (2008a); e de 20 mm a 30 mm (média de 28,4 mm) para Parraga *et al.* (2012). A partir do limite anterior corno temporal do ventrículo lateral, essas fibras estavam entre 10 mm anterior e 5 mm posterior (média de $5 \pm 3.9 \text{ mm}$ anterior) para Ebeling e Reulen (1988); entre 6 mm anterior e 4 mm posterior para Peuskens *et al.* (2004); entre 1 mm e 3 mm anteriormente (média de 2 mm) para Rubino *et al.* (2005), “sempre alcançam o limite anterior do corno temporal” para Fernandez-Miranda *et al.* (2008a); e 2 mm a 7 mm anteriormente (média de 4,5 mm) para Parraga *et al.* (2012).

Em estudos clínicos, Penfield (1954) notou que lesões no lobo temporal com menos de 60 mm a partir do polo temporal não levam a defeitos do campo visual, e Murray Alexander Falconer (1910 - 1977) e John L. Wilson (Falconer e Wilson,

1958) relataram que todos os pacientes nos quais se realizaram lobectomias temporais distando 50 a 60 mm do polo do lobo temporal apresentaram defeitos do campo visual. Posteriormente, Raul Marino Júnior (1936 -) e Theodore Rasmussen (1910 - 2002) diminuíram esse limite de segurança para 40 mm. Essa incongruência nos achados anatômicos e clínicos levantam a possibilidade de que parte das fibras possam ser lesadas sem produzir defeitos do campo visual significativos (Marino e Rasmussen, 1968).

Sincoff *et al.* (2004) encontraram a radiação óptica profundamente aos giros temporais superior e médio, mas não abaixo do sulco temporal inferior. Mais profundamente, notaram também que a radiação óptica recobre todo o teto e parede lateral do corno temporal do ventrículo lateral, mas que seu assoalho e parede medial estão livres de radiação óptica, exceto a nível do corpo geniculado lateral. Esses achados sustentam que trajetórias cirúrgicas mais inferiores seriam menos lesivas a essas fibras.

O segmento ou feixe central tem um trajeto primeiramente lateral a partir do corpo geniculado lateral e sobre o teto do corno temporal do ventrículo lateral, e depois se direciona posteriormente ao longo da parede lateral do átrio e do corno occipital do ventrículo lateral, para terminar no polo occipital (Parraga *et al.*, 2012). Esse segmento é responsável pela campo de visão central (Peuskens *et al.*, 2004).

O segmento ou feixe posterior tem um percurso posterior e direto, recobrindo o átrio e o corno occipital do ventrículo lateral e terminando no lábio superior da fissura calcarina (Parraga *et al.*, 2012). Esse segmento é responsável pela campo de visão inferior e está localizado no parte inferior do lobo parietal (Peuskens *et al.*, 2004).

Radiação auditiva

A radiação auditiva se origina do corpo geniculado medial e se dirige ao giro temporal transversal anterior, denominado de giro de Heschl, que representa a área auditiva primária (áreas 41 e 42 de Brodmann) (Nieuwenhuys *et al.*, 2008).

Em seu trajeto, essas fibras pertencem à porção sublenticular da cápsula interna e seguem um percurso anterior e lateral, estando localizadas superiormente ao átrio e corno temporal do ventrículo lateral, e também às fibras da radiação óptica e da comissura anterior (Parraga *et al.*, 2012). O fascículo fronto-occipital inferior separa as porções mais iniciais da radiação auditiva e óptica, sendo que a primeira se origina no corpo geniculado medial e passa sobre o FFOI enquanto a segunda se origina no corpo geniculado lateral e passa abaixo do FFOI (Martino *et al.*, 2010b).

Fibras diencefálicas

Stria medullaris thalami e trato habênulo-interpeduncular

A superfície superomedial do tálamo é atravessada por dois feixes de substância branca: a *stria medullaris thalami* e o fórnice (Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a). A tela coroideia superior está aderida ao fórnice e à comissura hipocampal, e se estende até essas mesmas estruturas correspondentes contralaterais, enquanto a tela coroideia inferior está aderida à *stria medullaris thalami* e se estende para a *stria medullaris thalami* contralateral (Rhoton Jr., 2002). Assim, é delimitado um espaço entre essas suas camadas de tela coroideia chamado de cisterna do *velum interpositum*. Esse espaço está localizado no teto do terceiro ventrículo, e abriga os ramos terminais da artéria coroideia posteromedial e a veia cerebral interna. A veia cerebral interna é formada pela união da veia septal anterior e tálamo-estriada, o que geralmente ocorre próximo ao forame de Monro, e também recebe outras veias que

drenam a superfície do ventrículo lateral. Duas fileiras paralelas de plexo coroide estão aderidas à superfície inferior da tela coroideia inferior e se projetam para dentro do terceiro ventrículo (Rhoton Jr., 2002).

A *stria medullaris thalami* é um conjunto complexo de fibras com origem na região septal e no *continuum* lateral pré-óptico-hipotalâmico. Suas fibras se unem atrás da comissura anterior, na região septal-hipotalâmica, percorrem a superfície dorsal do tálamo e terminam no complexo habenular, que é uma pequena acumulação de substância cinzenta no epitálamo (Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a; Nieuwenhuys *et al.*, 2008). Desse local surge o trato habênulo-interpeduncular, também chamado de fascículo *retroflexus*, que desce até os núcleos interpedunculares localizados no mesencéfalo (Nieuwenhuys *et al.*, 2008).

A *stria medullaris thalami*, o trato habênulo-interpeduncular, e o complexo habenular constituem em conjunto uma sistema de condução diencefálico dorsal onde impulsos originados a partir de regiões límbicas telencefálicas e diencefálicas são transportados para a parte rostral do tronco cerebral (Nieuwenhuys *et al.*, 2008).

Campos de Forel, fascículo talâmico e *ansa lenticularis*

Os núcleos caudado e putame emitem um grande número de fibras para os segmentos externos e interno do globo pálido, e parte delas continuam depois de atravessar o globo pálido através da cápsula interna para terminar na substância negra (Figura 1).

Onde: al: *Ansa lenticularis*; ap: *Ansa peduncularis*, Cáps. Int.: Cápsula interna, CL: *Clastrum*, CM: Núcleo talâmico centromediano, Comp. Amig.: Complexo amigdalóide, CPH: *Continuum* pré-óptico-hipotalâmico, CPp: Córtex pré-piriforme, Ctx: Córtex cerebral, fl: *Fasciculus lenticularis*, fst: *Fasciculus subthalamicus*, fth: *Fasciculus thalamicus*, GPe: Globo pálido externo, GPi: Globo pálido interno, H, H1, H2: Campos de Forel, III: Terceiro ventrículo, Mm: parte magnocelular do núcleo talâmico mediodorsal, NC: Núcleo caudado, NST: Núcleo subtalâmico, pafv: Projeção amígdalo-fugal ventral, pthi: Pedúnculo talâmico inferior, Put: Putame, to: Trato óptico, VA: Núcleo talâmico ventral anterior, VL: Núcleo talâmico ventral lateral, ZI: Zona incerta.

Figura 1 - Feixes de fibras interconectando estruturas encefálicas e diencefálicas, representadas em um diagrama em plano transverso [Fonte: Adaptado de: Nieuwenhuys *et al.* (2008)]

August Forel (1848 - 1931), um neurobiólogo e psiquiatra suíço, descreveu pela primeira vez a estrutura microscópica da região subtalâmica, considerando esta região como uma continuação rostral do tegmento do mesencéfalo. Ele descreveu que a parte caudomedial da região subtalâmica é formada por uma rede complexa de fibras entrelaçadas, nomeando esse local com a letra H. Mais rostral e lateralmente, a zona incerta divide essa massa de fibras em subcampos dorsal e ventral, que foram

chamados de H1 e H2, respectivamente. O H representa “Haubenfeld” (*Haube* é o termo alemão para tegmento), e atualmente essas formações são referidas como campos H, H1 e H2 de Forel (Nieuwenhuys *et al.*, 2008).

A zona incerta é geralmente considerada como uma continuação rostral da formação reticular do tronco cerebral, e está situada na parte caudal do diencéfalo, ventral ao tálamo. Sua parte rostral está localizada dorsalmente ao núcleo subtalâmico, e sua parte caudal é delimitada ventralmente pelo pedúnculo cerebral (Nieuwenhuys *et al.*, 2008).

Fibras mielinizadas, originárias do globo pálido interno, contribuem para formar os três campos de Forel (H, H1 e H2). Essas fibras pálido-fugais se juntam em dois sistemas de fibras: a *ansa lenticularis* e o *fasciculus lenticularis*.

As fibras da *ansa lenticularis* passam medialmente ao longo do aspecto basal do globo pálido interno, e se curvam em torno da cápsula interna. As fibras do *fasciculus lenticularis* emergem do aspecto dorsomedial do globo pálido interno, atravessam o braço posterior da cápsula interna e depois passam ventromedialmente pelo campo H2. As fibras da *ansa lenticularis* e do *fasciculus lenticularis* juntam-se no campo H, e se continuam dorsolateralmente no campo H1, formando parte de outro conjunto de fibras: o *fasciculus thalamicus*. Outros componentes do *fasciculus thalamicus* são fibras do *brachium conjunctivum* e do lemnisco medial.

As fibras do *fasciculus thalamicus* se dirigem para o tálamo dorsal, de onde são distribuídas para núcleos do grupo ventral. As fibras pálido-fugais vão para o núcleo ventral anterior, parte anterior do núcleo ventral lateral, e envia colaterais para o núcleo centromediano; fibras do *brachium conjunctivum*, que se originam de núcleos cerebelares contralaterais, terminam na parte posterior do núcleo ventral lateral; e fibras do lemnisco medial terminam no núcleo ventral posterolateral.

O *fasciculus subthalamicus*, por sua vez, se refere ao conjunto de fibras pálido-subtalâmicas e subtalâmicas-palidais, que atravessam a cápsula interna formando ângulos retos com a mesma (Nieuwenhuys *et al.*, 2008).

Sistema dentato-rubro-talâmico (Pedúnculo cerebelar superior)

O pedúnculo cerebelar superior forma a parede da metade superior do quarto ventrículo e lateralmente a ele encontra-se o pedúnculo cerebelar médio (Rhoton Jr., 2002). O pedúnculo cerebelar superior é recoberto na linha média pelo cúlmen e lóbulo central do cerebelo, e lateralmente pelo lóbulo quadrangular e a asa do lóbulo central (Yagmurlu *et al.*, 2014).

Esse pedúnculo cerebelar é a principal via eferente do cerebelo, formado pelo sistema dentato-rubro-talâmico, cujas fibras se originam do núcleo denteado e se continuam para o núcleo rubro e o tálamo (Parraga *et al.*, 2016). Suas fibras ascendem ao mesencéfalo e, ao nível do colículo inferior e da junção ponto-mesencefálica, suas fibras mediais localizadas na parte ventral do pedúnculo decussam para o lado contralateral (decussação de Wernekinck, nomeada em referência a Friedrich C.G. Wernekinck, 1798 - 1835), enquanto suas fibras laterais localizadas na parte dorsal do pedúnculo permanecem em trajeto ipsilateral (Yagmurlu *et al.*, 2014; Parraga *et al.*, 2016). Uma minoria de suas fibras adentram o núcleo rubro, enquanto a maioria de suas fibras recobre esse núcleo formando a cápsula dorsal do núcleo rubro e se continuam para o núcleo ventrolateral do tálamo (Nieuwenhuys *et al.*, 2008; Yagmurlu *et al.*, 2014).

Seu percurso é lateral e adjacente ao leminisco medial. Após o seu curso através do núcleo rubro e do chamado campo pré-rubral (ou campo H ou *Hauben* de Forel), as fibras do pedúnculo cerebelar superior passam através da lâmina medular

externa, dorsalmente à zona incerta até terminarem no núcleo ventrolateral do tálamo (Nieuwenhuys *et al.*, 2008).

Além da via cerebelo-rubral, os núcleos rubros têm como vias aferentes a via striato-rubral e a via córtico-rubral. A via striato-rubral se origina do núcleo lentiforme e forma parte dos campos de Forel e *ansa lenticularis*. A via córtico-rubral consiste de fibras provenientes dos lobos frontal e temporal (Parraga *et al.*, 2016).

Formação hipocampal (hipocampo, fórnice, comissura hipocampal)

O crescimento do corpo caloso em direção posterior durante a embriogênese divide a formação hipocampal em diversos segmentos em relação ao corpo caloso: pré-comissural, supra-comissural, sub-comissural e retro-comissural (Nieuwenhuys *et al.*, 2008).

A porção sub-comissural é formada principalmente pelo fórnice, que representa a principal via eferente da formação hipocampal e conecta o hipocampo às regiões septais e hipotálamo. Esse feixe de fibras envolve o tálamo, assumindo uma forma em “C” e estando separado do mesmo pela fissura coroideia. Pode ser dividido em quatro partes: fímbria, crura, corpo e coluna. A fímbria está localizada inferiormente ao tálamo e é formada por fibras delgadas, que se continuam posteriormente e sobre a superfície dorsal do tálamo (pulvinar) com crura do fórnice, assumindo nessa região uma aparência de fita. Superiormente ao tálamo, essas fibras ganham uma forma mais roliça e formam o corpo do fórnice. Ao se dirigir anteriormente ao tálamo, o corpo do fórnice se destaca da superfície talâmica, alargando a fissura coroideia, e depois se curva inferiormente formando a coluna do fórnice. Esse alargamento pontual da fissura coroideia cria o forame interventricular de Monro, que possibilita o escoamento do líquido cefalorraquidiano proveniente

dos ventrículos laterais para o terceiro ventrículo. Assim, o forame de Monro é limitado superiormente pelo corpo do fórnice, anteriormente pela coluna do fórnice e posteriormente pelo tálamo.

Abaixo da parte posterior do corpo caloso, uma fina camada de fibras interconecta as margens mediais das cruras dos fórnices de ambos hemisférios, formando do comissura hipocampal (Ture *et al.*, 2000; Rhoton Jr., 2007).

O maior contingente de fibras da coluna do fórnice passa posteriormente à comissura anterior (porção pós-comissural) e termina nos corpos mamilares no hipotálamo. Algumas fibras passam à frente da comissura anterior (porção pré-comissural do fórnice) e se dirigem para a região septal, e outras fibras provenientes da coluna do fórnice imediatamente atrás do forame interventricular de Monro se dirigem para os núcleos anterior do tálamo e da cama da estria terminal (Nieuwenhuys *et al.*, 2008).

No cérebro humano adulto, os segmentos pré-comissural e supra-comissural são pequenos e considerados vestigiais. O segmento pré-comissural é uma estrutura pequena localizada na parte caudal da região subcalosa, imediatamente rostral à região septal, e se continua dorso-rostralmente com o segmento supra-comissural da formação hipocampal (Nieuwenhuys *et al.*, 2008).

O *indusium griseum* representa o segmento supra-comissural da formação hipocampal, é um feixe de fibras hipocampais localizado acima do corpo caloso e envolve o mesmo. Ele é acompanhado também por dois pequenos feixes de fibras, chamados de estrias longitudinais medial e lateral. Próximo ao esplênio do corpo caloso, o *indusium griseum* se continua com o segmento retro-comissural da formação hipocampal através dos giros fasciulares (Wen *et al.*, 1999; Nieuwenhuys *et al.*, 2008).

O segmento retro-comissural é levado para dentro do lobo temporal durante o processo de dobramento do cérebro na embriogênese e pode ser separado em três partes distintas: corno de Ammon, giros denteados e *subiculum*.

O hipocampo propriamente dito é o corno de Ammon. Essa estrutura está localizada na parte medial do lobo temporal, dentro da metade posterior do *uncus*, e é facilmente identificado dentro do corno temporal do ventrículo lateral. Ele é subdividido em três partes: cabeça, corpo e cauda (Wen *et al.*, 1999). O cabeça é a maior parte do hipocampo, sua superfície é formada por três ou quatro impressões e é a única que não tem relação com o plexo coroide. O limite posterior da cabeça do hipocampo é caracterizado pelo começo da fímbria do fórnice e da fissura coroideia. O corpo e a cauda do hipocampo progressivamente diminuem à medida que se dirigem posteriormente, ocupando a parte mais medial do assoalho do corno temporal e átrio do ventrículo lateral. O corno de Ammon tem sua superfície intraventricular recoberta pelo *alveus*, uma fina camada de fibras brancas que dão origem à fímbria do fórnice (Nieuwenhuys *et al.*, 2008).

O giro para-hipocampal, localizado na parte medial do lobo temporal, tem diversos componentes: *subiculum*, pré-*subiculum*, para-*subiculum*, e área entorrinal. O *subiculum* constitui parte da formação hipocampal e é a superfície medial e superior do giro para-hipocampal, a qual se relaciona com o aspecto mais inferior do tálamo. Essa superfície aplainada está separada dos giros denteados pelo sulco hipocampal, e superiormente os giros denteados estão separados da fímbria do fórnice pelo sulco fimbrio-denteado (Wen *et al.*, 1999).

Os giros denteados recebem esse nome devido a sua semelhança com a forma de dentes. Eles se continuam anteriormente com a banda de Giacomini, também

chamada de cauda do giro denteado, e posteriormente com os giros fasciolares. Os giros fasciolares são bandas acinzentadas e suaves localizadas posteriormente ao esplênio do corpo caloso, que se continuam acima do corpo caloso com o *indusium griseum* para finalmente terminar na região septal, conectando assim os segmentos retro-comissural e supra-comissural da formação hipocampal (Wen *et al.*, 1999; Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a).

A região septal de verdade, chamada de *septum verum* em contraposição ao septo pelúcido que é apenas uma membrana com células gliais e poucas fibras brancas, está situada diretamente anterior à lâmina terminalis dentro do giro paraterminal. Ela é limitada dorsalmente pelo corpo caloso, rostralmente pelo segmento pré-comissural da formação hipocampal, caudalmente pela comissura anterior e região pré-óptica, e ventrolateralmente pelo núcleo *accumbens*. A região septal abriga duas massas formadas por células, o núcleo septal lateral e o complexo medial septal, que funcionam como porta de entrada entre a formação hipocampal e o hipotálamo (Nieuwenhuys *et al.*, 2008).

Trato mamilo-talâmico

O trato mamilo-talâmico, também chamado trato de Vicq d'Azyr em referência ao neuroanatomista francês Félix Vicq d'Azyr (1748 - 1794), conecta os corpos mamilares ao núcleo anterior do tálamo. Esse feixe de fibras é encontrado sob a superfície do assoalho e da parede lateral do terceiro ventrículo, em um trajeto localizado lateralmente aos núcleos hipotalâmicos (Choi *et al.*, 2011). Após o núcleo anterior do tálamo, as fibras se projetam para giro do cíngulo (Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a).

Fibras amígdalo-fugais (*stria olfatória*, *stria terminalis*, *ansa peduncularis*)

O complexo amígdaloide é constituído por diversos núcleos, os quais podem ser agrupados. De acordo com Crosby *et al.* (Crosby e Humphreys, 1941), os núcleos medial, cortical e central fazem parte do grupo córtico-medial e os núcleos basal, acessório basal e lateral fazem parte do grupo basolateral. Stephan *et al.* (1987), por outro lado, incluíram o núcleo cortical como parte do grupo basolateral. De Olmos e Heimer (1999) também adotam essa divisão e desenvolvem o conceito da “amígdala estendida”, onde os núcleos central e medial da amígdala, o núcleo da cama da *stria terminalis* e parte da substância inominada constituem um complexo funcional caracterizado por um sistema de vias altamente organizadas para muitas áreas do hipotálamo e do tronco cerebral.

Três grandes vias eferentes da amígdala conectam a amígdala com o restante do cérebro: estria olfatória lateral, via amígdalo-fugal dorsal e via amígdalo-fugal ventral.

A *stria olfatória* lateral carrega impulsos olfatórios principalmente para o núcleo amígdaloide cortical, e também para o núcleo medial.

A via amígdalo-fugal dorsal é representada pela *stria terminalis*. Esse feixe de fibras se origina da parte córtico-medial do complexo amígdaloide, e descreve um percurso em forma de “C” ao redor do tálamo, conectando a amígdala com a região septal. Seu trajeto é encontrado em uma depressão entre o tálamo e o núcleo caudado (Peuskens *et al.*, 2004; Choi *et al.*, 2011).

A via amígdalo-fugal ventral surge a partir da parte dorso-medial da amígdala, e se continua através da região sublenticular e substância perfurada anterior. Segundo Ture *et al.* (2000) e Peltier *et al.* (2011), as fibras amígdalo-septais, amígdalo-hipotalâmicas e amígdalo-talâmicas constituem a *ansa*

peduncularis, localizada na região da substância perfurada anterior e sendo paralela e inferior à comissura anterior. As fibras amígdalo-septais compreendem a banda diagonal de Broca, que é a extensão do *indusium griseum* e giro para-terminal que se conectam com a amígdala. As fibras amígdalo-talâmicas constituem o chamado pedúnculo talâmico extracapsular. Para Peuskens *et al.* (2004), a banda diagonal de Broca não estaria dentro do conceito da *ansa peduncularis*, mas a *ansa lenticularis* seria incluída também. A *ansa lenticularis* é um feixe de fibras que conecta o globo pálido ao tálamo, e é encontrado posteriormente a essas outras fibras descritas.

3.2.3 Principais grupos de fibras brancas

Na literatura médica, encontram-se termos usados para definir agrupamentos de feixes de fibras brancas que foram sugeridos antes do melhor entendimento dos diversos feixes de fibras brancas que compõem toda a substância. Esses conceitos definem regiões dentro da substância branca, geralmente delimitadas por outras estruturas macroscópicas, onde diversos feixes de fibras brancas estão em íntimo contato.

Nessas regiões, a técnica de dissecação de fibras muitas vezes não consegue distinguir os diversos feixes de fibras devido ao grande imbricamento dos mesmos. Para exposição e individualização de um feixe de fibras, geralmente é necessária a destruição de outros e assim o conhecimento mais detalhado de como essas diversas fibras estão relacionadas é resultado do estudo de diversos espécimes (Ture *et al.*, 2000; Parraga *et al.*, 2012).

O conhecimento atual das diversas fibras brancas do cérebro ainda é restrito, e esses conceitos são enormemente úteis para facilitar o entendimento de como elas estão organizadas dentro do cérebro. É importante destacar que a função de cada

feixe de fibras dentro desses agrupamentos não necessariamente é relacionada, e a compreensão do trajeto de cada feixe dentro dessas regiões pode levar a neurocirurgias mais seguras e precisas.

Cápsula extrema

A cápsula extrema é definida como a substância branca encontrada entre do córtex insular superficialmente e o *claustrum* profundamente (Nieuwenhuys *et al.*, 2008). Seus limites externos são os sulcos limitantes anterior, superior e inferior da ínsula. Assim como o *claustrum*, a cápsula extrema também é subdividida em porções dorsal e ventral (Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a).

Toda cápsula extrema é composta por fibras de associação curtas em “U”, que interconectam os giros da ínsula entre si e com os opérculos frontal, parietal e temporal ao passarem sob os sulcos limitantes da ínsula (Ture *et al.*, 1999; Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a). Na porção ventral, o *claustrum* é fragmentado em ilhas de substância cinzenta e os fascículos uncinado e fronto-occipital inferior que percorrem essa região passam entre essas coleções de substância cinzenta (Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a). Portanto, as fibras dos fascículos uncinado e fronto-occipital inferior contribuem para formar a parte mais profunda da porção ventral da cápsula extrema e a também a cápsula externa medialmente ao *claustrum* ventral.

Cápsula externa

Essa região de substância branca está localizada entre o *claustrum* lateralmente e o putame medialmente e, assim como o *claustrum*, pode também ser subdividida em porções ventral e dorsal (Ture *et al.*, 2000; Sarubbo *et al.*, 2013). Seus limites externos também são os sulcos limitantes anterior, superior e inferior da ínsula.

Sua porção ventral está medialmente ao *claustrum* ventral, formado esse por ilhas de substância cinzenta. O fascículo uncinado é encontrado imediatamente posterior ao límen da ínsula, assumindo a forma de um “U” nessa região, e o fascículo fronto-occipital inferior está localizado imediatamente posterior. Nessa região as fibras dos fascículos uncinado e fronto-occipital inferior estão muito próximas e sua individualização é difícil, porém pode-se notar que são parte de feixes diferentes de fibras ao se seguir suas fibras em direção às suas terminações. As fibras do fascículo uncinado interconectam as regiões basais do lobo frontal e espalham-se para a porção anterior dos giros temporais superior e médio, enquanto as fibras do fascículo fronto-occipital inferior interconectam o lobo frontal com o lobo occipital, áreas temporo-basais e lóbulo parietal superior (Ture *et al.*, 2000; Sarubbo *et al.*, 2013).

A porção dorsal da cápsula externa é formada por fibras dispostas radialmente e que convergem para o *claustrum* dorsal, denominadas claustro-corticais. À medida que essas fibras são removidas, o *claustrum* dorsal também é removido, deixando claro sua íntima relação. Apenas a camada mais profunda dessa porção da cápsula externa é composta por fibras que estão aderidas à superfície externa do putame.

Assim, a cápsula externa é formada principalmente por três feixes de fibras brancas dispostos sequencialmente a partir do límen da ínsula: a) o fascículo uncinado está anteriormente, logo atrás do límen da ínsula; b) o fascículo fronto-occipital inferior assume posição intermediária imediatamente dorsal e profundamente ao fascículo uncinado (Sarubbo *et al.*, 2013); e c) as fibras claustro-corticais estão posteriormente e dorsalmente ao fascículo fronto-occipital inferior (Fernandez-Miranda *et al.*, 2008b).

Cápsula interna

Um grande contingente de fibras de projeção está localizado em um espaço entre o núcleo lentiforme lateralmente e o núcleo caudado e o tálamo medialmente. Esta banda compacta de fibras brancas é designada como cápsula interna, porque se encontra medialmente ao núcleo lentiforme, e por definição seus limites externos também são os sulcos limitantes anterior, superior e inferior da ínsula.

O braço anterior da cápsula interna se encontra entre o núcleo lentiforme lateralmente e a cabeça do núcleo caudado medialmente. Essa parte da cápsula interna é constituída por fibras frontopontinas e o pedúnculo tálamo anterior (Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a). As fibras desse pedúnculo talâmico formam uma ligação recíproca do tálamo com parte do córtex pré-frontal e orbitofrontal e também com o giro do cíngulo (Nieuwenhuys *et al.*, 2008). O braço anterior da cápsula interna é atravessado por pontes de substância cinzenta que interconectam o núcleo caudado medialmente com o núcleo lentiforme lateralmente. Essa substância cinzenta, denominada de “substância cinzenta transcapsular”, confere uma aparência estriada e uma cor mais escura a essa parte da cápsula interna (Rhoton Jr., 2007).

O joelho da cápsula interna contém fibras que conectam o córtex pré-central com os núcleos motores dos nervos cranianos (trato córtico-bulbar), trato córtico-reticular e as fibras mais anteriores do pedúnculo talâmico superior, que se originam de áreas pré-frontais e pré-centrais (Tamraz e Comair, 2006; Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a). O joelho é a parte mais medial da cápsula interna, e está localizado imediatamente lateral ao forame de Monro (Rhoton Jr., 2007).

O braço posterior é formado pelas fibras córtico-espinhais (trato piramidal), córtico-pontinas, córtico-tegmentais, córtico-tectais, córtico-rubrais, córtico-

reticulares e fibras do pedúnculo tálamo superior (Tamraz e Comair, 2006; Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a). As fibras do pedúnculo tálamo superior presentes nessa parte da cápsula interna são relacionadas a áreas corticais pré-centrais e pós-centrais (Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a).

As fibras da cápsula interna que estão posicionadas atrás do núcleo lentiforme formam a porção retrolenticular dessa cápsula. Ela é composta por fibras parietopontinas, occipitopontinas, projeções do córtex occipital para o colículo superior e região pré-tectal, e pelo pedúnculo talâmico posterior (Tamraz e Comair, 2006; Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a). Nesse pedúnculo estão incluídas as fibras geniculo-calcarinas ou radiações ópticas e as fibras que se estendem entre o pulvinar do tálamo e o córtex parieto-occipital (Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a).

Uma parte das fibras da cápsula interna passam inferiormente ao núcleo lentiforme, e constituem a sua porção sublenticular. Nela estão incluídas a radiação auditiva, parte da radiação óptica, fibras temporopontinas e projeções parieto-occipitais (Tamraz e Comair, 2006; Parraga *et al.*, 2012).

Corona Radiata

As fibras de projeção que se relacionam com o córtex cerebral têm uma disposição radial em direção ao tálamo, gânglios da base e tronco cerebral. Quando localizadas no espaço entre o núcleo lentiforme lateralmente e o núcleo caudado e tálamo medialmente, elas são denominadas em conjunto como cápsula interna.

Essas fibras se continuam em direção ao córtex cerebral, passando através de um espaço entre o núcleo lentiforme lateralmente e o núcleo caudado medialmente. A essas fibras de projeção, que agora estão localizadas externamente ao limite externo do núcleo lentiforme, dá-se o nome de *corona radiata*.

Johann Christian Reil (1759 - 1813) introduziu o termo “*corona radiata*” para melhor descrever o *centrum semiovale* (Clarke e O'Malley, 1996; Vergani *et al.*, 2012), mas atualmente ele é usado na literatura com pequenas variações. Albert Rhoton Jr. (1932 - 2016) (Rhoton Jr., 2007) cita que apenas “acima do nível do tálamo, estas fibras de projeção estão dispostas num padrão radial chamado de *corona radiata*”, e Wen *et al.* (2004) relatam que “superiormente, o bloco central do cérebro se conecta aos lobos frontal e parietal pela *corona radiata*, uma continuação superior da cápsula interna separado pelo sulco limitante superior da ínsula”, porém outros autores admitem uma visão mais extensa do termo *corona radiata* incluindo as fibras de projeção que emanam radialmente de cápsula interna em todas as direções (Tamraz e Comair, 2006).

A *corona radiata* é composta pelas fibras de projeção incluídas na cápsula interna, acrescidas de outras fibras de projeção que não estão dentro do espaço da cápsula interna, como as fibras clastro-corticais e fibras córtico-striatais. Fernandez-Miranda *et al.* (2008b) citam ainda que “as fibras da cápsula externa se juntam com as da cápsula interna na borda superior do putame, formando em conjunto a *coroa radiata*”, possivelmente também incluindo no conceito da *corona radiata* os fascículos uncinado e fronto-occipital inferior.

Centrum Semiovale de Vieussens

Raymond de Vieussens (1641 - 1716) foi um brilhante anatomista francês que adotou o método de dissecação do cérebro por raspagem utilizado por Thomas Willis, e melhorou a técnica de Malpighi de ebulição os cérebros, usando o óleo em vez de água. Seu livro *Neurographia Universalis* (Vieussens, 1684), cujo nome se refere à descrição anatômica de todos os nervos do corpo humano, foi publicado em 1684 e é ricamente ilustrado. Em seu livro, já se destaca que o [...] *o cérebro é composto por*

duas substâncias, uma diferente da outra: a cinzenta e a substância branca; a cinza, se observada em seu estado natural ou após ebulição em água ou óleo, parece ser muito mais amolecida do que a substância branca [...] e demonstrou que a [...] substância branca do cérebro [...] é formada por inúmeras fibras ligadas em conjunto, e dispostas em vários fascículos; isto é evidente depois que o cérebro é fervido em óleo [...] (Vergani et al., 2012).

Ele ilustrou o *centrum ovale*, como a substância branca em forma oval que se encontra abaixo do córtex e em torno do corpo caloso e das paredes ventriculares. Ele também demonstrou, pela primeira vez, a continuidade da substância branca através do que é hoje aceito como a cápsula interna, tratos piramidais e tronco cerebral. Felix Vicq d'Azir (1748 - 1794) descreveu com mais detalhes o *centrum ovale*, e o renomeou como *centrum semiovale* (Vergani et al., 2012).

O *centrum semiovale* pode ser visto em um corte horizontal do cérebro, acima do corpo caloso, como uma massa semi-ovoide de substância branca subcortical (Rhoton Jr., 2007).

Istmo cerebral

O bloco central do cérebro é composto pela superfície da ínsula, *claustrum*, gânglios da base e tálamo, e também pelas cápsulas de substância branca extrema, externa e interna. As fibras que compõem essas cápsulas, ao se continuarem em direção lobos cerebrais, passam por um pequeno espaço delimitado lateralmente pelos sulcos limitantes da ínsula, e medialmente pelo ventrículo lateral. Essas fibras, ao se aproximarem muito para passar por esse espaço, se condensam e formam uma estrutura densa de substância branca que é chamado de istmo cerebral. A parte mais anterior do istmo cerebral também inclui fibras rostrais do corpo caloso (Choi et al.,

2011). Do ponto de vista estrutural, o bloco central do cérebro está preso ao restante do cérebro através desse istmo.

A porção anterior do istmo se encontra entre o sulco limitante anterior da ínsula e o corno frontal do ventrículo lateral e é relativamente delgada. A porção do superior do istmo está entre o sulco limitante superior da ínsula e corpo do ventrículo lateral, e é mais espessa que as outras partes. Profundamente ao sulco limitante inferior da ínsula, encontra-se a porção posterior do istmo relacionada com o átrio do ventrículo e a porção inferior relacionada com o teto do corno temporal do ventrículo lateral. A porção inferior do istmo, que conecta o lobo temporal ao bloco central do cérebro, também é chamada de tronco temporal por alguns autores (Rhoton Jr., 2007; Choi *et al.*, 2011).

Tronco temporal

O termo tronco temporal (ou *temporal stem*) foi introduzido em 1974, por Horel e Misantone, derivado da aparência, em cortes coronais do cérebro, que o lobo temporal é ligado à base do lobo frontal pelo aspecto mais anterior da ínsula através de um pedúnculo único que assemelha-se a raízes de uma árvore. Embora esse termo seja amplamente utilizado, ainda um é conceito controverso. Definições do tronco temporal na literatura citam desde apenas um pequeno contingente de fibras entre o límen da ínsula e a extremidade anterior do corno temporal do ventrículo lateral, até descrições que incluem todas as fibras que passam profundamente ao sulco limitante inferior da ínsula (Kier *et al.*, 2004).

A parte mais anterior do lobo temporal medial se continua superiormente com o aspecto mais lateral da região frontobasal, formando um pedúnculo neural entre o límen da ínsula e o limite anterior do corno temporal do ventrículo lateral. Este

pedúnculo liga a porção uncal do lobo temporal ao lóbulo orbital posteromedial (união dos giros orbitários posterior e medial), e é composto externamente pelo córtex do giro transversal da ínsula. Ture *et al.* (2000) admitem que o tronco temporal seja esse pedúnculo, sendo composto internamente pelo fascículo uncinado, comissura anterior, uma porção do fascículo fronto-occipital inferior e pedúnculo talâmico inferior. Segundo Ribas (2010) ele é composto pelas fibras do fascículo uncinado, fascículo fronto-occipital inferior, amígdalo-fugais e comissura anterior; e medialmente inclui a extensão superior da amígdala que superiormente se estende medialmente e para o putame e o globo pálido. Para Wen *et al.* (1999), o tronco temporal inclui somente das fibras que conectam o lobo temporal à ínsula, excluindo a extensão anterior da amígdala em direção ao globo pálido e ao límen da ínsula.

Parraga *et al.* (2012) descrevem que, do ponto de vista topográfico, o tronco temporal está situado anterior ao corno temporal do ventrículo lateral e conecta a parte temporal anteromedial com a porção frontal basolateral do cérebro, enquanto o estrato sagital é encontrado inferiormente e posteriormente à ínsula e corresponde ao conjunto de fibras que recobrem o corno temporal e átrio do ventrículo lateral. Assim, o tronco temporal se encontra medial e anterior à radiação óptica, e o estrato sagital contém a porção temporal da radiação óptica.

O conceito do tronco temporal também pode incluir fibras que estão mais posteriores ao limite anterior do corno temporal. Uwe Ebeling e Detlev Yves von Cramon incluem, além das fibras do fascículo uncinado, do fascículo occipitofrontal inferior, da comissura anterior, do pedúnculo talâmico inferior e fibras amígdalo-fugais ventrais, também as fibras do segmento anterior da radiação óptica (alça de Meyer) dentro desse conceito (Ebeling e von Cramon, 1992). Peuskens *et al.* (2004)

também incluem a porção sublentiforme da cápsula interna, além das fibras dos fascículos uncinado e fronto-occipital, comissura anterior e pedúnculo talâmico extracapsular como pertencentes ao tronco temporal.

Duvernoy (1999) definem o tronco temporal como sendo composto apenas por uma fina camada substância branca situada entre a cavidade ventricular e o fundo do sulco temporal superior. Porém, em muitas das fotografias que figuram em seus livros, o local indicado do tronco temporal parece ser mais perto do sulco circular da ínsula do que do sulco temporal superior e o tronco parece se estender a partir da amígdala anteriormente até o corpo geniculado lateral posteriormente (Duvernoy, 1995 e 1999; Kier *et al.*, 2004).

Kier *et al.* (2004) citam que o tronco temporal se estende posteriormente a partir do nível da amígdala até o corpo geniculado lateral, incluindo o fascículo uncinado, fascículo fronto-occipital inferior, comissura anterior e a alça de Meyer. Wang *et al.* (2008) descrevem, o sulco limitante inferior como composto por um segmento anterior horizontal e outro segmento posterior mais verticalizado, separados pelo ponto insular posteroinferior. Esse ponto está no limite anterior da intersecção do giro de Heschl com o sulco limitante inferior da ínsula, e corresponde profundamente ao corpo geniculado lateral, e também é usado pelos autores como limite posterior do tronco temporal.

Estrato sagital (ou *sagittal stratum*)

O termo estrato sagital (ou *sagittal stratum*) foi introduzido por Heinrich Sachs (1863 - 1928) e demonstrado em dissecções por Joseph Klingler para designar o conjunto das fibras brancas orientadas sagitalmente e superficiais ao tapete do corpo caloso. O tapete, ou *tapetum*, são fibras do corpo caloso que recobrem o átrio e

o corno temporal do ventrículo lateral como uma fina camada (Ludwig e Klingler, 1956). Nessa descrição inicial, as radiações ópticas e outras fibras de associação, comissurais e de projeção, sem mais detalhamentos, foram incluídas nesse conceito.

Ture *et al.* (2000) definiram que o estrato sagital é formado pelo fascículo fronto-occipital inferior, comissura anterior e pedúnculo talâmico posterior. Parraga *et al.* (2012) também definem o estrato sagital composto pelas mesmas fibras, e destaca que profundamente às suas fibras encontram-se as fibras do tapete, e superficialmente ao estrato sagital estão as fibras de associação da parte neocortical do lobo temporal. As fibras do estrato sagital formam o teto e parede lateral do corno temporal e parede lateral do átrio do ventrículo lateral, e podem ser vistas como contíguas às fibras do tronco temporal que se encontram anteriormente.

Schmahmann e Pandya (2006) se referem ao estrato sagital como equivalente a cápsula interna na parte mais posterior dos hemisférios cerebrais, não incluindo as fibras do fascículo fronto-occipital inferior e comissura anterior. Eles subdividiram o estrato sagital em duas camadas, onde a camada externa é representada pelas fibras da radiação óptica e a camada interna pelas fibras parietopontinas e temporopontinas. Esse ponto de vista é aceito por Fernandez-Miranda *et al.* (2008a), que destacam que as fibras do fascículo longitudinal inferior, do fascículo fronto-occipital inferior e o segmento posterior da comissura anterior estão situados lateralmente ao estrato sagital.

Peuskens *et al.* (2004) citam que fibras de projeção, mais notadamente as fibras correspondentes à porção sublentiforme da cápsula interna e onde se encontra a radiação óptica, formam o estrato sagital.

Peltier *et al.* (2010) definem que o estrato sagital é composto pelo pedúnculo talâmico posterior, que contém a radiação óptica, e pelo fascículo longitudinal inferior.

Sistema límbico

A superfície medial do cérebro dos humanos é ocupado majoritariamente pelo neocórtex, o qual teve grande desenvolvimento evolutivamente. Essa parte do cérebro também conta com algumas estruturas não-neocorticais: o sistema olfatório central e a região septal, ambos superficiais, e a formação hipocampal e o complexo amigdalóide, ambos profundos. Com o desenvolvimento do neocórtex, o fórnice e a *stria terminalis*, que são vias eferentes da formação hipocampal e do complexo amigdalóide respectivamente, foram progressivamente alongadas em arcos ao redor do centro morfológico do cérebro. Assim, a região septal, a formação hipocampal e o complexo amigdalóide, com suas vias eferentes, formam um anel na região no centro mais medial de cada hemisfério recoberto principalmente pelos giros do cíngulo e parahipocampal.

Paul Broca (1824 - 1880), em 1877, descreveu o “grande lobo límbico” a partir do estudo da anatomia comparada de mamíferos. Nesse conceito, foi incluído os giros do cíngulo e parahipocampal, contornados pela “fissura límbica”, atualmente denominados de sulcos do cíngulo, subparietal e colateral. O termo “límbico” (do latim *limbus*, significa orla, anel, em torno de) se refere ao fato dessas estruturas contornarem o diencefalo e os gânglios da base formando um “C” (Broca, 1877⁸ *apud* Ribas, 2007). Naquela época, era acreditado que esse lobo era constituído por projeções olfatórias e assim pertencia ao rinencéfalo.

Em 1937, a partir do entendimento das conexões dessas estruturas, James Papez (1883 - 1958) propôs que circuito praticamente fechado formado pelo giro do cíngulo-giro parahipocampal-hipocampo-fórnice-corpo mamilar-núcleos anteriores do tálamo-giro do cíngulo constituiria o circuito básico das emoções (Papez,

⁸ Broca P. Sur la circonvolution limbique et la scissure limbique. *Bull Soc Anthropol.* 1877; 12: 646-57.

1937⁹ *apud* Ribas, 2007). Atualmente, esse circuito é aceito como responsável pela fixação da memória recente. As vias subcorticais envolvidas nesse circuito incluem o *cingulum*, fórnice, fascículo mamilo-talâmico e radiação talâmica anterior.

O conceito de um lobo límbico ainda é controverso, e a publicação chamada Terminologia Anatômica Internacional (Federative Committee on Anatomical Terminology, 1998), publicada em 1998 em substituição ao livro “Nomina anatomica”, de 1975 (Excerpta Medica Foundation, 1975), foi a primeira edição a distinguir o lobo límbico dos demais lobos cerebrais e definiu como límbicos os giros do cíngulo, parahipocampal e fasciolares.

Embora não mencionados por essa publicação, outras estruturas também são mencionadas como límbicas na literatura (Ribas, 2010), como a formação hipocampal (composta pelo hipocampo, *subiculum*, giro denteado e *indusium griseum*), área cortical frontal mediobasal (giro paraterminal, giros paraolfatórios e área subcalosa) e áreas corticais olfatórias.

Do ponto de vista citoarquitetônico, o lobo límbico tem uma laminação intermediária entre o isocórtex e allocórtex, sendo incluído nesse lobo o córtex infralímbico (área 25 de Brodmann), o córtex anterior e posterior do giro do cíngulo (áreas 24 e 23 de Brodmann), o córtex retro-esplênico (áreas de 26, 29 e 30 de Brodmann), o córtex peri-rinal (áreas 35 e 36 de Brodmann), o córtex entorrinal (área 28 de Brodmann) e as várias partes da formação hipocampal (giros denteados, corno de Ammon e *subiculum*). Essas regiões, associadas ao córtex orbitofrontal caudal (áreas 12, 13, 14 e parte caudal da área 11 de Brodmann), a parte anterior da ínsula e o córtex temporopolar (área 38 de Brodmann), formam o cinturão paralímbico (Mesulam, 1985; Nieuwenhuys *et al.*, 2008).

⁹ Papez J. A proposed mechanism of emotion. *Arch Neurol Psychiatry*. 1937; 38: 725-43.

3.3 Considerações Anatômicas sobre o Lobo Temporal

3.3.1 Anatomia cortical do lobo temporal

O nome dos lobos cerebrais presentes na superfície superolateral do cérebro derivam a partir dos ossos do crânio que estão superficiais aos mesmos, porém as divisões entre os ossos feitas pelas suturas não são atualmente usadas como as divisões entre os lobos cerebrais (Ribas, 2010).

O lobo temporal está localizado profundamente à parte escamosa do osso temporal, e seus limites são definidos com base em linhas imaginárias. Esse lobo tem quatro superfícies: lateral, opercular ou superior, basal e medial (Wen *et al.*, 1999).

Sua superfície lateral é caracterizada por três giros dispostos horizontalmente, chamados de giro temporal superior, giro temporal médio e giro temporal inferior, ou T1, T2 e T3, respectivamente (Ribas, 2010). Esses giros são separados por dois sulcos paralelos ao sulco lateral do cérebro (fissura silviana): sulco temporal superior, mais facilmente reconhecível por ser geralmente contínuo e chamado no passado de sulco paralelo, e pelo sulco temporal inferior, o qual é frequentemente interrompido. Os três giros se unem anteriormente para formar o polo temporal, embora alguns autores também descrevam que o polo temporal seja formado pela união apenas dos giros temporais superior e inferior porque o giro temporal médio não atinge o limite anterior do lobo temporal (Ribas, 2010).

O sulco temporal superior, em seu aspecto mais posterior, bifurca em um sulco que se continua superiormente e posteriormente, separando o giro supramarginal do giro angular e constitui o sulco intermediário do Jensen no lobo parietal, e um sulco horizontal e posterior que adentra o giro angular (Ribas, 2010). Dada essa configuração, o giro temporal superior se continua posteriormente com o

giro supramarginal sobre a porção posterior do sulco lateral do cérebro (fissura silviana), enquanto o giro angular é parcialmente conectado anteriormente com o giro temporal médio e se curva posteriormente para baixo e se conecta com o giro occipital inferior. O giro temporal inferior se continua com o giro occipital inferior, mudando de nome ao atravessar a incisura pré-occipital. O giro temporal superior constitui o opérculo temporal e recobre a parte inferior da ínsula (Ribas, 2010).

Em sua superfície lateral, o lobo temporal está separado do lobo frontal pelo ramo posterior do sulco lateral do cérebro (fissura silviana), que conecta o ponto silviano anterior ao ponto silviano posterior (Ribas *et al.*, 2005). A linha parietotemporal lateral, que conecta a incisura pré-occipital à impressão da fissura parieto-occipital na superfície superolateral do cérebro, divide o lobo temporal anteriormente do lado occipital posteriormente. A parte posterior do lobo temporal se separa do lobo parietal, localizado superiormente, pela linha têmporo-occipital, a qual conecta o ponto silviano posterior ao ponto médio da linha parietotemporal lateral (Wen *et al.*, 1999).

Medialmente ao giro temporal superior e recobrimdo a parte inferior da ínsula, tem-se a superfície opercular ou superior do lobo temporal (Wen *et al.*, 1999). Essa superfície pode ser identificada ao se dissecar o sulco lateral do cérebro (fissura silviana) e retraindo o lobo temporal, e é separada da ínsula pelo sulco limitante inferior da ínsula. A superfície opercular é caracterizada anteriormente pelos giros e sulcos de Schwalbe, e posteriormente por dois a três giros temporais transversos (Ture *et al.*, 1999). O nome “giro de Heschl” é dado em referência ao anatomista austríaco Richard Ladislaus Heschl (1824 - 1881) e é conferido ao giro temporal transversal anterior (Wen *et al.*, 1999), mas esse termo também pode ser usado para denominar

todos esses giros temporais transversos em conjunto (Ture *et al.*, 1999; Ribas, 2010). Segundo Ture *et al.* (1999) e Ribas (2010), a superfície opercular é dividida, pelo sulco temporal transverso anterior, em plano polar e plano temporal. O plano polar é anterior e sua superfície é oblíqua em cortes coronais do cérebro, enquanto plano temporal é posterior e sua superfície é horizontal em cortes coronais do cérebro (Ribas, 2010). Wen *et al.* (1999) destaca o giro temporal transverso anterior, chamando-o isoladamente como “giro de Heschl”, como uma parte intermediária entre o plano polar e o plano temporal.

A superfície basal do lobo temporal se encontra sobre a fossa média, anterior à porção petrosa do osso temporal (Ribas, 2010). Essa superfície do lobo temporal é caracterizada por três giros dispostos no eixo anteroposterior e se continua posteriormente com a superfície basal do lobo occipital, localizado sobre a tenda do cerebelo. O giro occipitotemporal, ou fusiforme, é encontrado no centro da superfície basal do lobo temporal, separado lateralmente do giro temporal inferior pelo sulco occipitotemporal e medialmente do giro parahipocampal pelo sulco colateral. Os giros temporal inferior e parahipocampal se continuam, posteriormente no lobo occipital, com os giros occipital inferior e lingual, respectivamente.

Na superfície basal, o lobo temporal se separa do lobo occipital pela linha parietotemporal basal, que é uma continuação da linha parietotemporal lateral na superfície basal do cérebro e pode ser desenhada conectando a incisura pré-occipital ao ponto mais inferior da fissura parieto-occipital (Wen *et al.*, 1999).

Quando o lobo temporal é visto pelo ponto de vista medial, encontra-se o *uncus*, o *subiculum*, os giros denteados, a fissura coroideia e a fímbria do fórnice. Para Wen *et al.* (1999), essas estruturas são parte do lobo temporal e estão presentes em sua superfície

medial. Porém, outros autores as incluem como parte do lobo límbico. O termo límbico foi primeiramente usado por Paul Broca no século XIX para descrever basicamente os giros do cíngulo e parahipocampal que estão dispostos ao redor da região diencefálica formando um “C”. O conceito de um lobo límbico ainda é controverso, e a publicação chamada Terminologia Anatômica Internacional (Federative Committee on Anatomical Terminology, 1998), publicada em 1998 em substituição ao livro *Nomina anatomica*, de 1975 (Excerpta Medica Foundation, 1975), foi a primeira edição a distinguir o lobo límbico dos demais lobos cerebrais e definiu os giros do cíngulo e parahipocampal como límbicos. Embora não mencionados por essa publicação, outras estruturas também são mencionadas como límbicas na literatura (Ribas, 2010), como a formação hipocampal (composta pelo hipocampo, *subiculum*, giro denteado e *indusium griseum*), área cortical frontal mediobasal (giros paraterminal, giros paraolfatórios e área subcalosa) e áreas corticais olfatórias.

O *uncus* é a parte mais anterior do giro parahipocampal, o qual se curva medialmente e se dobra sobre si mesmo, assumindo a forma de um gancho. A parte anterior do *uncus* se relaciona com a cisterna carotídea anteromedialmente e abriga a amígdala em seu interior, enquanto a parte posterior do *uncus* se relaciona com o pedúnculo cerebral e a cisterna crural posteromedialmente e abriga em seu interior o hipocampo (Ribas, 2010). Na parte anterior do *uncus* se notam duas proeminências, chamadas de giros semilunar e ambiente, separados pelo sulco anular (Wen *et al.*, 1999). O sulco rinal separa o *uncus* do restante do lobo temporal, e em algumas vezes é continuação do sulco colateral.

A parte medial do giro parahipocampal se curva medialmente, formando uma superfície plana abaixo do pulvinar do tálamo. Essa superfície é chamada de

subiculum, e abriga a extensão mais lateral e superior da cisterna ambiente, chamada de asa da cisterna ambiente (Figueiredo *et al.*, 2015). Os giros denteados são separados inferiormente do *subiculum* pelo sulco hipocampal e superiormente da fímbria do fórnice pelo sulco fimbrio-dentato (Wen *et al.*, 1999). O hipocampo, situado dentro da metade posterior do *uncus*, se continua posteriormente com a fímbria do fórnice, a qual também descreve um percurso em forma de “C” ao redor do tálamo. A fissura coroideia é um espaço natural entre o tálamo e fórnice, e separa o diencéfalo dessas estruturas límbicas (Wen *et al.*, 1999; Ribas, 2010).

3.3.2 Anatomia subcortical do lobo temporal

A anatomia das fibras brancas subcorticais tem uma anatomia complexa no lobo temporal.

3.3.2.1 Sob as superfícies lateral e opercular

As fibras curtas de associação, também chamadas de fibras em “U”, estão imediatamente abaixo de toda superfície cortical. Elas são encontradas em todo o lobo temporal, na camada mais superficial da substância branca. À medida que se aprofunda na substância branca, as fibras subcorticais progressivamente se tornam mais longas e conectam regiões mais distantes entre si (Ture *et al.*, 2000).

O fascículo longitudinal superior é encontrado na profundidade da substância branca da parte posterior do lobo temporal. O segmento posterior de sua via indireta, também chamado segmento temporoparietal ou vertical, está a 20 mm - 25 mm de profundidade a partir da superfície cortical na junção temporoparietal, e conecta a parte

posterior dos giros temporais médio e superior ao lóbulo parietal inferior (Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a). Profundamente a essa via indireta, está a via direta do fascículo longitudinal superior, também chamada de segmento arqueado ou frontotemporal e responsável por ligar as áreas de Broca e Wernicke entre si. Fernandez-Miranda *et al.* (2008a) descrevem essas fibras conectando a área pré-frontal com região temporal posterior e Martino *et al.* (2013) a descrevem desde os giros temporais médio e inferior até o giro pré-central e porção posterior dos giros frontais médio e inferior.

As cápsulas de substância branca encontradas no lobo da ínsula são compostas por fibras subcorticais, se continuam para o lobo temporal ao passarem abaixo do sulco limitante inferior da ínsula e ocupam a região subcortical das superfícies temporais lateral e opercular. Em relação ao corno temporal do ventrículo lateral, essas fibras estão presentes no seu teto e sua parede lateral (Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a).

Primeiramente, as fibras curtas de associação que fazem parte da cápsula extrema continuam para a giro temporal superior, mais notadamente para sua superfície medial que representa a superfície opercular do lobo temporal (Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a).

O fascículo uncinado, fascículo fronto-occipital inferior e fibras claustro-corticais, os quais formam a cápsula externa e parte da cápsula extrema, se continuam também para o lobo temporal e mantêm essa disposição sequencial anteroposterior. O fascículo uncinado é encontrado mais anteriormente e se origina a partir a substância branca subcortical anterior dos três giros temporais à frente do corno temporal e dos núcleos corticais da amígdala. Suas fibras se unem em feixe, dentro da substância branca do giro temporal médio, logo à frente e ao nível do corno temporal do ventrículo lateral. Essas fibras ascendem, passando sobre os núcleos

laterais da amígdala, e profundamente ao sulco limitante inferior da ínsula para adentrar a substância branca insular (Ebeling e von Cramon, 1992).

O fascículo fronto-occipital inferior conecta o córtex occipital, áreas temporobasais e lóbulo parietal superior ao lobo frontal (Sarubbo *et al.*, 2013). No lobo temporal, ele se encontra imediatamente posterior ao fascículo uncinado e duas porções podem ser identificados: a) dorsal, mais superficial, conectando o lobo frontal com o lóbulo parietal inferior e às porções posteriores dos giros occipitais médio e superior; e b) componente ventral, mais profundo, conectando o lobo frontal com as porções posteriores do giro occipital inferior e áreas temporais basais posteriores (Martino *et al.*, 2010a).

As fibras claustró-corticais se originam do *claustrum*, localizado profundamente à superfície da ínsula e, enquanto sua parte mais superior se continua em direção à base do lobo frontal, sua parte mais inferior se dirige para a amígdala, com quem parece se mesclar (Fernandez-Miranda *et al.*, 2008b). Um estudo combinando técnicas de dissecação de fibras e tractografia em imagens de ressonância magnética mostrou que suas projeções conectam o *claustrum* com o córtices frontal superior, pré-central, pós-central e parietal posterior (Fernandez-Miranda *et al.*, 2008b). E, estudos experimentais em gatos e macacos, feitos principalmente com marcadores do fluxo axonal anterógrado e retrógrado injetados em áreas corticais, mostra que o *claustrum* está conectado de forma recíproca a diversas regiões corticais, porém não às áreas auditivas primárias (áreas 41 e 42 de Brodmann), e que há conexões subcorticais do *claustrum* com o corpo amigdalóide basolateral (Nieuwenhuys *et al.*, 2008). Infelizmente, tais estudos não descrevem em detalhes o trajeto dessas fibras claustró-corticais dentro do lobo temporal.

A comissura anterior interconecta córtex olfatórios homólogos, os giros temporais médios e os giros temporais inferiores (Ture *et al.*, 2000). Sua extensão lateral, após passar por dentro do “canal de Gratiolet” abaixo do aspecto mais basal do globo pálido (Ture *et al.*, 2000; Peltier *et al.*, 2011) e sob o sulco limitante inferior da ínsula, se abre como um leque sobre o lobo temporal. As fibras que se dirigem anteriormente se encontram com as fibras do fascículo uncinado, e as fibras que se dirigem posteriormente se encontram com as fibras do fascículo fronto-occipital inferior e a radiação óptica para constituir o estrato sagital (Ture *et al.*, 2000; Parraga *et al.*, 2012).

A cápsula interna é formada por cinco segmentos: braço anterior, joelho, braço posterior, porção retrolenticular e porção sublenticular. O braço anterior, joelho e braço posterior são formados por um grande contingente de fibras de projeção localizadas em um espaço entre o núcleo lentiforme lateralmente e o núcleo caudado e tálamo medialmente. Dentre essas fibras, destacam-se os tratos córtico-bulbar, córtico-reticular e piramidal, e os pedúnculos talâmicos anterior e superior (Tamraz e Comair, 2006; Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a). Suas fibras estão relacionadas lobos frontal e parietal, e não estão presentes no lobo temporal.

As fibras da cápsula interna que formam as porções retrolenticular e sublenticular passam sob o sulco limitante inferior da ínsula em direção aos lobos cerebrais. Parte delas se dirige superiormente para o lobo parietal, mas um grande contingente adentra o lobo temporal e tem suas terminações no lobo temporal ou lobo occipital. Dentre as fibras da porções retrolenticular, destacam-se as fibras occipitopontinas, projeções do córtex occipital para o colículo superior e região pré-tectal, e o pedúnculo talâmico posterior (Tamraz e Comair, 2006; Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a). Nesse pedúnculo estão incluídas as fibras genículo-calcarinas ou radiações

ópticas e as fibras que se estendem entre o pulvinar do tálamo e o córtex do parieto-occipital (Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a). A porção sublenticular da cápsula interna contém a radiação auditiva, parte da radiação óptica, fibras temporopontinas e projeções parieto-occipitais (Tamraz e Comair, 2006; Parraga *et al.*, 2012).

Os segmentos posterior e central da radiação óptica tem um trajeto posterior e mais direto para a fissura calcarina, ocupando apenas a parte mais posterior o lobo temporal. Por outro lado, o segmento anterior da radiação óptica tem primeiramente um trajeto anterior dentro do lobo temporal, se curvando depois inferiormente e posteriormente, e se continuando até lábio inferior da fissura calcarina. O limite anterior dessa curva, atualmente chamada de alça de Meyer, foi tema central de diversos estudos porque sua lesão durante procedimentos cirúrgicos é associada a quadrantanopsia superior contralateral homônima (Ebeling e Reulen, 1988). A partir do polo temporal, essa distância foi em média de $27 \pm 3,5$ mm, variando de 22 a 37 mm para Ebeling e Reulen (1988); de 15 mm a 30 mm para Peuskens *et al.* (2004); de 22 mm a 30 mm (média de 25 mm) para Rubino *et al.* (2005); 28 mm a 34 mm (média de 31,4 mm) para Choi *et al.* (2006) e Fernandez-Miranda *et al.* (2008a); e de 20 mm a 30 mm (média de 28,4 mm) para Parraga *et al.* (2012).

3.3.2.2 Sob a superfície basal

O giro fusiforme ocupa o centro da superfície basal do lobo temporal. Logo após a remoção de suas fibras de associação curtas em “U”, que estão são mais superficiais, o fascículo longitudinal inferior é encontrado (Ture *et al.*, 2000). Esse feixe de fibras se encontra lateralmente ao sulco colateral, inferior e paralelamente ao corno temporal do ventrículo lateral (Ture *et al.*, 2000), e inferior e lateralmente às

radiações ópticas (Parraga *et al.*, 2012). Em um estudo com ressonância magnética, foi demonstrado que o fascículo longitudinal inferior conecta o córtex occipital pré-estriado com estruturas temporais mediais, como hipocampo, giro para-hipocampal e amígdala (Catani *et al.*, 2003).

3.3.2.3 Sob a superfície medial

O giro parahipocampal pode ser descrito como pertencente à superfície medial do lobo temporal, ou sendo parte do lobo límbico. A parte mais anterior do giro parahipocampal é formada pelo *uncus* e se continua superiormente com o aspecto mais lateral da região frontobasal, formando um pedúnculo neural entre o límen da ínsula e o limite anterior do corno temporal do ventrículo lateral. Este pedúnculo liga a porção uncal do lobo temporal ao lóbulo orbital posteromedial (união dos giros orbitários posterior e medial), e é composto externamente pelo córtex do giro transversal da ínsula.

Logo abaixo da superfície medial desse pedúnculo, há fibras amígdalo-fugais ventrais e a extensão superior da amígdala que se continua superiormente e medialmente para o putame e o globo pálido. Nessa região também encontra-se o pedúnculo talâmico inferior, também chamado de pedúnculo talâmico extracapsular, que contém fibras que conectam o tálamo a regiões temporais anteriores ao término da cauda do núcleo caudado no teto do corno temporal do ventrículo lateral, como amígdala e córtex temporal medial (Ture *et al.*, 2000; Peuskens *et al.*, 2004).

Para Ture *et al.* 2(000), esse pedúnculo é o tronco temporal, sendo composto pelo pedúnculo talâmico inferior e também outras fibras como fascículo uncinado, comissura anterior e parte do fascículo fronto-occipital inferior. Segundo Ribas (2010), o

tronco temporal é composto pela extensão da amígdala e fibras amígdalo-fugais acrescentadas pelas fibras do fascículo uncinado, fascículo fronto-occipital inferior e comissura anterior. Outros autores, incluem dentro do conceito do tronco temporal feixes de fibras que se continuam para o teto e parede lateral do corno temporal do ventrículo lateral (Duvernoy, 1995 e 1999; Kier *et al.*, 2004; Wang *et al.*, 2008).

O hipocampo encontra-se na metade posterior do *uncus*, e se continua posteriormente com a fímbria do fórnice. A fissura coroideia está presente entre o fórnice e o tálamo, de forma que a superfície medial do lobo temporal constituída pelo hipocampo, *subiculum* e fórnice estão anatomicamente separados do diencéfalo e gânglios da base.

Atrás do *uncus* e dentro do giro parahipocampal, há um feixe espesso de fibras brancas de associação curtas e longas, chamado de *cingulum* (Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a). O giro parahipocampal se continua posteriormente e superiormente com o giro do cíngulo e, conseqüentemente, o *cingulum* também descreve a forma de um “C” ao redor do diencéfalo.

3.3.3 Anatomia do corno temporal do ventrículo lateral

O ventrículo lateral é uma cavidade presente dentro de cada hemisfério e também assume a forma de um “C” ao redor do diencéfalo. Essa cavidade possui quatro porções: corno frontal ou anterior, corpo, átrio, corno occipital ou posterior e corno temporal ou inferior (Rhoton Jr., 2002).

O corno temporal é a porção do ventrículo lateral que se continua para dentro do lobo temporal. Ele está posicionado aproximadamente 2 cm acima do arco zigomático e profundo à parte esquamosa do osso temporal. Seu limite anterior se

encontra 2,5 cm posterior ao polo temporal e está profundo ao giro temporal médio, porém pode ser acessado através de um trajeto radial a partir de outros pontos da superfície. A profundidade do corno temporal a partir da superfície cortical, ao nível do ápice do *uncus*, é de 31,4 mm no giro temporal superior, 26,3 mm no giro temporal médio e 20,2 mm no giro temporal inferior (Campero *et al.*, 2006).

O assoalho do corno temporal é formado medialmente pelo hipocampo e lateralmente por uma elevação chamada eminência colateral, que representa a impressão do sulco colateral dentro da cavidade ventricular (Wen *et al.*, 1999; Rhoton Jr., 2002).

O hipocampo, que é parte da formação hipocampal e também é chamado de corno de Ammon, é dividido em cabeça, corpo e cauda (Wen *et al.*, 1999). A cabeça é a porção mais volumosa, está localizada anteriormente e orientada anterior e medialmente. Sua superfície ventricular é formada por digitações denominadas de *pes hippocampi*, pela semelhança a uma pata de um felino. O corpo do hipocampo está atrás de sua cabeça, e tem uma orientação anteroposterior no assoalho medial da cavidade ventricular que se afina progressivamente posteriormente e dá origem à cauda do hipocampo, a qual curva-se medialmente. A superfície do hipocampo, chamada de *alveus*, é formada por fibras brancas que se unem progressivamente para formar a fímbria do fórnice (Ribas, 2010).

A parede medial do corno temporal é representada pela fissura coroideia, limitada internamente pelo tálamo e externamente pelo fórnice. Essa fissura tem uma forma de “C” ao redor do tálamo, e se estende do forame de Monro, localizado no polo anterosuperior do tálamo, até o ponto coroideo inferior, localizado no corno temporal imediatamente atrás da cabeça do hipocampo e facilmente identificado por

ser o local onde a artéria coroideia anterior adentra essa cavidade ventricular. O plexo coroide está fixado à fissura coroideia por duas finas camadas de tela coroideia chamadas de *tenia thalami* e *tenia fornicis*, que se estendem ao tálamo e ao fórnice respectivamente (Rhoton Jr., 2002).

A amígdala se encontra acima e anteriormente ao hipocampo, formando a parede anterior do corno temporal. A cabeça do hipocampo e a amígdala são separadas por um prolongamento da cavidade ventricular denominada recesso uncal que se estende medialmente entre ambas estruturas (Wen *et al.*, 1999).

O teto do corno temporal é formado medialmente pela superfície inferior do tálamo e lateralmente pela cauda do núcleo caudado, separados pelo sulco strio-talâmico (Wen *et al.*, 1999). A *stria terminalis*, um feixe de fibras que se origina da amígdala, cursa na profundidade desse sulco e a porção mais posterior da amígdala constitui a região mais anterior do teto do corno temporal.

As fibras do tapete de corpo caloso (*tapetum*) se originam no esplênio e são direcionadas para as regiões temporais basais, se curvando anteriormente até quase atingir o polo temporal (Ture *et al.*, 2000). Suas fibras formam a parte mais lateral do teto e a parede lateral do corno temporal do ventrículo lateral (Rhoton Jr., 2002).

3.4 Considerações sobre os acessos cirúrgicos ao corno temporal do ventrículo lateral

A abertura do corno temporal do ventrículo lateral é um passo cirúrgico fundamental para o tratamento e ressecção de lesões localizadas na parte medial lobo temporal. Destaca-se entre essas cirurgias a amígdalo-hipocampectomia para tratamento de epilepsia refratária do lobo temporal relacionada à esclerose de estruturas temporais mediais, onde o objetivo do cirurgião é centrado na ressecção da amígdala e do hipocampo envolvidos na epileptogênese desses pacientes. Como essas estruturas estão localizadas profundamente no lobo temporal, o acesso cirúrgico necessita de uma trajetória através do parênquima cerebral. Outras lesões também podem acometer o lobo temporal e suas vias de acesso cirúrgico também podem incluir a abertura do corno temporal, como tumores e malformações arteriovenosas (Yasargil *et al.*, 2004).

Os acessos cirúrgicos ao CTVL podem ser divididos de acordo com a superfície temporal que é transgredida na trajetória cirúrgica. Sincoff *et al.* (2004) agruparam estes acessos em três categorias: laterais, inferiores e trans-silvianos. Nas Figuras 2 e 3, pode-se observar a dissecação anatômica, com abertura do sulco limitante inferior da ínsula e exposição das estruturas internas do CTVL e seus principais acessos cirúrgicos.

Figura 2 - Interior do corno temporal do ventrículo lateral. Pode-se observar a amígdala, o hipocampo e a fissura coroideia. A fissura coroideia tem sua origem no ponto coroideo inferior, que corresponde ao local de entrada da artéria coroideia anterior no CTVL, e separa a formação hipocampal do tálamo

Figura 3 - Acessos cirúrgicos ao corno temporal do ventrículo lateral (CTVL). Podem ser agrupados em três categorias: laterais, inferiores e trans-silvianos (Sincoff *et al.* 2004). Os acessos laterais ao CTVL são realizados através da superfície lateral do lobo temporal, e podem ser feitos através dos giros temporais superior, médio ou inferior ou na profundidade dos sulcos temporais superior ou inferior. Os acessos cirúrgicos pela superfície inferior do lobo temporal ao CTVL são realizados através dos giros fusiforme, parahipocampal ou da superfície inferior do giro temporal inferior. Os acessos cirúrgicos trans-silvianos usualmente utilizados são o transinsular e o transcisternal

3.4.1 Acessos cirúrgicos laterais ao corno temporal do ventrículo lateral

Os acessos laterais ao CTVL são realizados através da superfície lateral do lobo temporal, e podem ser feitos através dos giros temporais superior, médio ou inferior ou na profundidade dos sulcos temporais superior ou inferior.

O local e a extensão da corticectomia são importantes nos acessos laterais. Os giros temporais superior (Olivier, 1997; Wyler, 2000; Wen *et al.*, 2006 e 2009) e médio (Niemeyer, 1958; Neimeyer, 1973; Olivier, 1997; Wheatley, 2008) são os mais utilizados, uma vez que são mais facilmente expostos em uma craniotomia frontotemporal. Paulo Niemeyer (1914 - 2004), neurocirurgião brasileiro, foi pioneiro em descrever em 1958 o acesso lateral por meio de corticectomia do giro temporal médio, para remoção cirúrgica da amígdala e hipocampo no tratamento cirúrgico de epilepsias do lobo temporal.

A corticectomia do giro temporal inferior, na superfície temporal lateral (Heros, 1982; Vale *et al.*, 2013) ou na superfície temporal inferior (Shimizu *et al.*, 1989), também pode ser utilizada e tem a intenção de ser menos lesiva às fibras da radiação óptica. O segmento anterior da radiação óptica, que se dirige primeiro anteriormente no lobo temporal e depois se curva inferiormente e posteriormente em direção ao lobo temporal, está presente na substância branca subcortical dos giros temporais superior e médio, mas não abaixo do sulco temporal inferior (Sincoff *et al.*, 2004), indicando que trajetórias cirúrgicas mais inferiores seriam menos lesivas a essas fibras. Porém, mais profundamente, essas fibras recobrem o teto e parede lateral do corno temporal, estando ausentes apenas no assoalho e na parede medial dessa cavidade ventricular (Sincoff *et al.*, 2004; Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a; Parraga *et al.*, 2012). Em estudos anatômicos, essas fibras foram identificadas em relação ao limite anterior do CTVL,

entre 10 mm anterior e 5 mm posterior (média de 5 ± 3.9 mm anterior) para Ebeling e Reulen (1988); entre 6 mm anterior e 4 mm posterior para Peuskens *et al.* (2004); entre 1 mm a 3 mm anteriormente (média de 2 mm) para Rubino *et al.* (2005), sempre alcançando o limite anterior do corno temporal para Fernandez-Miranda *et al.* (2008a); e entre 2 mm a 7 mm anteriormente (média de 4,5 mm) para Parraga *et al.* (2012).

Acessos cirúrgicos realizados através da profundidade dos sulcos temporais, como utilização do sulco temporal superior (Rougier *et al.*, 1992; Germano, 1996; Wen *et al.*, 2006) e do sulco temporal inferior (Miyagi *et al.*, 2001; Ikeda *et al.*, 2002; Miyagi *et al.*, 2003), tem como objetivo criar trajetórias cirúrgicas mais curtas. A profundidade do corno temporal a partir da superfície cortical, ao nível do ápice do *uncus*, é de 31,4 mm no giro temporal superior, 26,3 mm no giro temporal médio e 20,2 mm no giro temporal inferior, enquanto essa distância é de apenas 12,4 mm no sulco temporal superior e 13,1 mm no sulco temporal inferior (Campero *et al.*, 2006).

Nas cirurgias para epilepsia do lobo temporal, alguns autores sugerem também a ressecção de parte do neocórtex temporal anterior com o objetivo de se aumentar a probabilidade de controle de crises epiléticas. O limite posterior dessa ressecção, sendo a distância medida em relação ao polo temporal, também é um tema controverso na literatura.

Em estudos anatômicos, fibras da radiação visual foram identificadas a partir do polo temporal, a uma distância em média de $27 \pm 3,5$ mm, variando de 22 a 37 mm para Ebeling e Reulen (1988); de 15 mm a 30 mm para Peuskens *et al.* (2004); de 22 mm a 30 mm (média de 25 mm) para Rubino *et al.* (2005); 28 mm a 34 mm (média de 31,4 mm) para Choi *et al.* (2006) e Fernandez-Miranda *et al.* (2008a); e de 20 mm a 30 mm (média de 28,4 mm) para Parraga *et al.*, 2012.

Por outro lado, estudos clínicos relatam que ressecções do lobo temporal até distâncias maiores em relação ao polo podem ser realizadas sem levar a déficits de campo visual, levantando a possibilidade de que parte das fibras possam ser lesadas sem produzir defeitos do campo visual significativos. Penfield (1954) relataram que lesões no lobo temporal com menos de 60 mm a partir da ponta temporal não levaram a defeitos do campo visual, enquanto Falconer e Wilson, 1958 notaram que todos os pacientes nos quais se realizaram lobectomias temporais distando 50 a 60 mm da polo do lobo temporal apresentaram defeitos do campo visual. Marino e Rasmussen (1968) diminuíram posteriormente, esse limite de segurança para 40 mm.

A identificação do corno temporal durante esses acessos pode ser facilitada pelo uso métodos de orientação intraoperatória guiados por imagem, como neuronavegador e ultrassom, mas também pode ser guiada por parâmetros anatômicos. Wen *et al.* (2006) propõem a identificação do córtex do fundo dos sulcos da superfície temporal basal (occipitotemporal lateral e rinal) como referência para dirigir a trajetória cirúrgica subcortical superiormente e localizar o corno temporal.

3.4.2 Acessos cirúrgicos inferiores ao corno temporal do ventrículo lateral

Os acessos cirúrgicos pela superfície inferior do lobo temporal ao corno temporal do ventrículo lateral são realizados através dos giros fusiforme, parahipocampal ou da superfície inferior do giro temporal inferior.

A utilização dessa trajetória cirúrgica tem como objetivo preservar as fibras da radiação visual, porque estão ausentes no assoalho e na parede medial do CTVL (Sincoff *et al.*, 2004; Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a; Parraga *et al.*, 2012). Porém, o acesso através do giro fusiforme coloca em risco a lesão do fascículo longitudinal

inferior que se encontra na substância branca desse giro e é responsável por conectar o córtex occipital pré-estriado com estruturas temporais mediais, como hipocampo, giro para-hipocampal e amígdala (Catani *et al.*, 2003).

A partir de uma via subtemporal, a abertura do CTVL foi descrita por Shimizu *et al.* (1989) através da superfície basal do giro temporal inferior, por Hori *et al.* (1993) através da ressecção do giro fusiforme e por Park *et al.* (1996) através da ressecção do giro parahipocampal. Esses acessos têm como vantagem a preservação do córtex temporal lateral e da radiação visual, são trajetórias intraparenquimatosas mais curtas que os acessos laterais e permitem o acesso para ao segmento posterior do lobo temporal medial dependendo da posição da veia de Labbé. Por outro lado, como desvantagem tem a necessidade de retração do lobo temporal com a possibilidade de lesão cortical e da veia de Labbé, e a lesão do giro fusiforme dominante e consequentemente do fascículo longitudinal inferior dominante podendo levar a disfunção de linguagem (Campero *et al.*, 2006).

As estruturas temporais medias também podem ser acessadas a partir de trajetórias cirúrgicas posteriores. A abordagem interoccipital foi inicialmente proposta por de Oliveira *et al.* (1992 e 1994) para ressecção malformações arteriovenosas da porção posterior do temporal medial, e posteriormente e Smith e Spetzler (1995) notaram que nesse acesso o *uncus* também poderia ser alcançado. Outros acessos cirúrgicos posteriores, como petrosectomias limitadas (Ture e Pamir, 2004), via supracerebelar transtentorial (de Oliveira *et al.*, 2012a; Ture *et al.*, 2012), ou via supratentorial infraoccipital (Smith e Spetzler, 1995) para se expor a superfície basal do giro parahipocampal e adentrar o corno temporal do ventrículo lateral através desse giro também são possíveis. Esses acessos cirúrgicos tem como

vantagem a preservação da radiação visual e dos córtices temporais laterais e basais, e ausência de necessidade de retração do lobo temporal; por outro lado tem como desvantagem a necessidade de retração do lobo occipital ou cerebelar, a longa distância de trabalho, difícil exposição do segmento médio e anterior da região temporal medial, e para o tratamento de malformações arteriovenosas há exposição precoce da drenagem venosa e falta de controle proximal das artérias cerebral posterior e coroídea anterior (Campero *et al.*, 2006).

3.4.3 Acessos cirúrgicos trans-silvianos ao corno temporal do ventrículo lateral

O corno temporal do ventrículo lateral pode ser acessado cirurgicamente através da superfície opercular ou superior do lobo temporal. Essa superfície está em aposição com a parte inferior da ínsula, e pode ser exposta através da dissecação do sulco lateral do cérebro (fissura silviana). O limite inferior dessa superfície é representado pelo sulco limitante inferior da ínsula, onde usualmente são encontrados o tronco inferior do segmento M2 da artéria cerebral média e a veia insular inferior.

Wieser e Yasargil (1982) publicaram, em 1982, a técnica de amígdalo-hipocampectomia seletiva para tratamento de epilepsia do lobo temporal onde descreve uma corticectomia de 15 mm a 20 mm realizada nessa região, ao nível do límen da ínsula e lateralmente a artéria cerebral média e a veia insular inferior. A partir dessa incisão, remove-se a amígdala e a cavidade ventricular é aberta (Wieser e Yasargil, 1982; Yasargil *et al.*, 1985). A partir de 1995, Yasargil mudou ligeiramente a sua técnica, a descrevendo como uma incisão de 10 mm a 15 mm, lateral ao segmento M1 da artéria cerebral medial, entre as artérias temporais polar e anterior, diretamente sobre a amígdala (Yasargil, 2005), e posteriormente acrescentou, que a

corticectomia é realizada diretamente sobre o córtex piriforme (Yasargil *et al.*, 2010). Yasargil *et al.* (2004) relatam, em seu editorial *Impact of temporal lobe surgery*, que usa esse acesso trans-silviano anterior rotineiramente desde 1968 para tratamento de lesões temporais mediais e basais, incluindo 173 casos de amígdalo-hipocampectomias seletivas.

Tanriover *et al.* (2004) estudaram um acesso semelhante, orientando uma incisão de 1,5 cm a 2 cm no sulco limitante inferior da ínsula e Campero *et al.* (2006) destacou que trajeto cirúrgico a partir do sulco limitante inferior da ínsula deve ser direcionado 45 graus medialmente em relação ao plano sagital para se acessar o CTVL. Uma alternativa, descrita como tendo menor risco de lesar as radiações ópticas no teto do corno temporal, é realizar essa incisão medialmente ao límen da ínsula, levando à exposição da amígdala e acesso ao corno temporal após sua ressecção (Campero *et al.*, 2006).

Variações do acesso trans-silviano foram propostas, modificando o local da corticectomia descrita anteriormente. O acesso trans-silviano transcisternal, descrito por Vajkoczy *et al.* (1998), necessita de uma grande dissecação do sulco lateral do cérebro (fissura silviana) e exposição da parte anterior do *uncus*, sulco rinal e segmento cisternal distal da artéria coroídea anterior. Nesse acesso, uma linha imaginária é traçada da extremidade anterior do sulco rinal até ponto visível mais distal da artéria coroídea anterior, e a ressecção subpial do *uncus* localizado medialmente a essa linha leva à abertura da parte anterior do corno temporal do ventrículo lateral. Coppens *et al.* (2005) descreveram o acesso trans-silviano, transpiriforme e transuncal com trajetória orientada mais anterior e medialmente e Figueiredo *et al.* (2010) propuseram o acesso subfrontal para a região anterior do CTVL.

Esses acessos tem como vantagem a preservação dos córtices temporais lateral e basal, identificação da anatomia de superfície medial antes da entrada na cavidade ventricular, e permite controle proximal das artérias carótida interna, comunicante posterior, coroideia anterior e cerebral posterior (Campero *et al.*, 2006). Como desvantagem, há maior dificuldade técnica devido ao corredor cirúrgico mais estreito, necessita de retração do polo temporal e tem exposição limitada ao segmento posterior da região temporal medial (Campero *et al.*, 2006). É descrito que esses acessos preservam a radiação visual pois ela não se encontra na parede medial do corno temporal do ventrículo temporal, porém não há na literatura descrições anatômicas detalhadas sobre a possível lesão das outras fibras brancas subcorticais que atravessam essa região.

4 MÉTODOS

O trabalho apresentado é um estudo anatômico baseado em dissecções de espécimes cerebrais provenientes de cadáveres humanos, realizadas pelo autor entre junho de 2012 e junho de 2013. Os princípios de pesquisa do estudo incluem anatomia descritiva, com a identificação e descrição de feixes de fibras brancas subcorticais, e anatomia topográfica, com a descrição das posições dessas fibras brancas subcorticais em relação a outros reparos anatômicos e a relação espacial entre elas (sintopia).

4.1 Espécimes Anatômicos

Sete cabeças de indivíduos adultos, resultando em 14 hemisférios cerebrais, foram examinados no presente estudo. Esses espécimes anatômicos foram disponibilizados pelo Departamento de Anatomia da Universidade da Flórida, Estados Unidos, e foram estudados no Laboratório de Microneurocirurgia do *McKnight Brain Institute* do Departamento de Neurocirurgia da Universidade da Flórida, Estados Unidos, sob orientação do Prof. Dr. Albert L. Rhoton Junior e Dr. Wen Hung Tzu.

Foram selecionados apenas hemisférios cerebrais que apresentavam conformação típica e não se evidenciava deformidades, lesões em sua superfície ou lesões neurológicas macroscópicas.

4.2 Aspectos Éticos

Os espécimes cadavéricos disponibilizados pelo Departamento de Anatomia da Universidade da Flórida, Estados Unidos, para o presente estudo foram usados com respeito a todos os padrões éticos e profissionais estabelecidos pela Faculdade de Medicina da Universidade da Flórida, pelo Conselho de Anatomia do Estado da Flórida e por periódicos médicos revisados por pares (Anexos A e B). O estudo também foi aprovado pela Coordenadoria de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (CEP-FMUSP) (Anexo C).

O financiamento do estudo foi de natureza própria do autor e também pela “University of Florida Foundation”. As pessoas envolvidas não apresentam nenhum conflito de interesse a respeito dos materiais e métodos empregados na condução do estudo.

4.3 Preparação dos Espécimes Anatômicos

Os espécimes anatômicos disponibilizados pelo Departamento de Anatomia para o presente estudo já tinham sido primeiramente acondicionados imersos em solução de formalina 10%. Essa etapa impede a putrefação dos espécimes e torna sua consistência mais rígida, porém sem perder sua forma típica.

Os espécimes foram acondicionados individualmente em receptáculos imersos em álcool etílico a 70% e passaram por três etapas de preparação: perfusão dos vasos cerebrais com silicone, retirada dos hemisférios cerebrais do compartimento intracraniano e técnica de congelamento de Klingler.

4.3.1 Perfusão dos vasos cerebrais com silicone

Nessa etapa, as cabeças cadavéricas foram posicionadas de forma invertida, com o seu topo fixo em um suporte de acrílico sobre a bancada do laboratório, e os cotos das artérias carótidas comuns, artérias vertebrais e veias jugulares internas foram canulados com tubos de plástico ao nível do pescoço. O diâmetro dos tubos foi escolhido individualmente com o objetivo de preencherem a maior área possível do vaso canulado. Esses tubos foram fixos aos vasos por meio de pontos com fios de algodão 2-0.

Em seguida, realizou-se a irrigação dos vasos para se remover coágulos remanescentes dentro de todo o espaço intravascular e deixá-lo desobstruído para posterior preenchimento com silicone. A irrigação é feita com água mineral de forma copiosa, pelo menos 500 mL em cada vaso, três vezes ao dia por três a cinco dias, sendo a água injetada por meio de seringas de 60 mL para fornecer pressão suficiente para remover os eventuais coágulos.

Para cada espécime, foi preparada uma solução de solvente (*thinner* - 200 *fluid* 5.0 CS; Dow Corning, Midland, EUA) com silicone (3110 RTV *silicone rubber*; Dow Corning, Midland, EUA), acrescida de um pigmento em pó azul ou vermelho (*Blue Crayola powder paint* e *Red Crayola powder paint*; Binney & Smith, Easton, EUA). Foram preparados aproximadamente 150 mL dessa solução com coloração azul para ser injetado no território venoso e aproximadamente 100 mL dessa solução com coloração vermelha para ser injetado no território arterial. Após a mistura dessas soluções até apresentarem uma aparência uniforme, um catalisador (Catalyst S; Dow Corning, Midland, EUA) foi acrescentado. A solução de coloração azul foi injetada de forma equivalente nas duas veias jugulares e a solução de

coloração vermelha foi distribuída entre as duas artérias carótidas e artérias vertebrais. É importante que a injeção da solução com silicone seja feita com pressão, utilizando seringas de 60 mL comprimidas por um grampo, para que atinja todo o território intravascular, incluindo os pequenos vasos que apresentam maior resistência. Pinças hemostáticas foram usadas para evitar o extravasamento da solução por outros vasos na base do pescoço e inclusive nos grandes vasos canulados para que se atingisse maior pressão dentro do território intravascular.

Após a perfusão, os espécimes foram deixados em repouso por 48 horas para esperar a ação do agente catalizador em deixar o silicone se tornar mais consistente e impedir que o mesmo extravasasse para fora dos vasos durante a posterior dissecação dos espécimes.

4.3.2 Retirada dos hemisférios cerebrais do compartimento intracraniano

As cabeças dos cadáveres, após a etapa de perfusão dos vasos cerebrais, foram dissecadas de forma tradicional afim de se retirar do compartimento intracraniano os hemisférios cerebrais para que fossem estudados no presente estudo.

Foi utilizado material de dissecação tradicional para se cortar a pele de forma ampla, e as craniotomias foram realizadas com broca de alta rotação (modelo Midas Rex; Medtronic, Mineápolis, Estados Unidos). Os hemisférios cerebrais foram retirados do compartimento intracraniano utilizando também material de dissecação tradicional, com atenção para preservação da integridade da sua superfície, estruturas nervosas e estruturas vasculares.

4.3.3 Técnica de congelamento de Klingler

Cada hemisfério cerebral foi acondicionado individualmente em receptáculos, e imersos nessa fase em água corrente, afim de se substituir o formaldeído imbuído no tecido cerebral por água.

Em seguida, os receptáculos contendo os hemisférios cerebrais foram armazenados em congelador com temperatura de -5°C a -10°C por no mínimo duas semanas. O congelamento da água leva à formação de cristais de gelo, que tem volume maior que a água antes em estado líquido. Assim, a água que está permeando toda a substância branca do tecido cerebral se transforma em cristais de gelo e consequentemente afasta naturalmente as fibras brancas entre si. Esse método permite a posterior individualização dos principais feixes de fibras durante a dissecação com maior facilidade. Essa técnica foi concebida por Joseph Klingler e publicada em 1956 (Ludwig e Klingler, 1956), e reintroduzida por Ture *et al.* (2000).

Após o mínimo de duas semanas de congelamento, os espécimes foram descongelados sob água corrente em temperatura ambiente, ficando assim prontos para dissecação de fibras brancas.

4.4 Dissecação dos Espécimes e Mensuração

A dissecação dos hemisférios cerebrais foi feita com o auxílio de microscópio cirúrgico com magnificação de três a 40 vezes e de maneira padronizada para facilitar a comparação entre os diferentes espécimes. Cada hemisfério foi posicionado sobre compressas de algodão dentro de um suporte de acrílico e foram estudados em sua totalidade, mas com maior atenção à região do SLI.

Após o reconhecimento dos principais sulcos, giros e vasos da superfície do cérebro, o SLI foi marcado com alfinetes. O limite anterior desse sulco foi definido e marcado como o local onde o límen da ínsula se une com esse sulco, nomeado aqui de ponto temporal do límen (PTL), e seu limite posterior foi definido e marcado como o local de encontro dos sulcos limitantes superior e inferior, chamado de ponto insular posterior (PIP) (Ture *et al.*, 1999). O PTL foi escolhido como um importante reparo anatômico porque ele é facilmente encontrado durante uma cirurgia após a dissecação do sulco lateral do cérebro (fissura silviana), etapa presente em grande número de procedimentos neurocirúrgicos.

O córtex do cérebro foi removido com auxílio de espátulas, com o movimento de raspagem dessa camada. Esse processo de “decorticação” é facilitado pelo preparo do espécime com congelamento, o que confere ao córtex uma consistência friável.

A dissecação da substância branca foi realizada de lateral para medial, isto é, da superfície em direção à profundidade de forma que os feixes de fibras brancas mais superficiais foram identificados antes dos feixes mais profundos. Após a identificação de cada feixe de fibras, foi notado se o trajeto de suas fibras estava ou não localizado profundamente ao SLI. Agulhas retas e finas foram colocadas ao longo da fissura calcarina, perpendicular à superfície cortical medial, para se identificar a localização desta fissura na superfície lateral do cérebro e tornar possível distinguir a RO dentre as outras fibras da cápsula interna/*corona radiata*.

Com o objetivo de se definir a posição sob o SLI dos feixes de fibras cujo trajeto se localizava profundamente a esse mesmo sulco, foi mensurada a distância de seus limites anterior e posterior em relação aos limites anterior e posterior do SLI (PTL e PIP, respectivamente). Para essas medidas, foi usado um paquímetro digital e

as medidas foram realizadas por dois observadores de forma independente (Eduardo Carvalhal Ribas e Kaan Yagmurlu).

Ao final da disseção da substância branca subcortical, o CTVL foi aberto e também foi mensurado a distância dos seus principais reparos anatômicos em relação os limites anterior e posterior do SLI (PTL e PIP, respectivamente).

4.5 Documentação Fotográfica

A disseção de cada espécime foi documentada por fotografias a cada passo relevante, com máquina fotográfica digital *Single-Lens Reflex* modelo D90 de marca Nikon® (Nikon; Tóquio, Japão), lente macro 105 mm, flash circular e tripé.

As fotos obtidas foram também processadas pelo método de “Grande Alcance Dinâmico” (HDR, ou *High Dynamic Range*) com o software Photomatix Pro® (HDRsoft; Brighton, Reino Unido). Este método pode combinar várias fotos tiradas a partir do mesmo ponto de vista, mas com diferentes tempos de exposição, aumentando o contraste da imagem final e possibilitando melhor visualização das fibras de substância branca.

4.6 Análise dos Resultados

Os dados obtidos foram estudados por uma análise descritiva, com o auxílio do software SPSS® (versão Statistics Standard 22; IBM, Armonk, Estados Unidos).

As mensurações relacionadas às posições dos feixes de fibras brancas localizados profundamente ao SLI foram analisadas por medidas de tendência central (média), medidas de dispersão (desvio padrão), valores máximos e valores mínimos.

5 RESULTADOS

5.1 Superfície Cortical

A primeira etapa foi o estudo da superfície cortical nas proximidades do SLI.

O córtex da ínsula se encontra na profundidade do sulco central do cérebro, também chamado de fissura silviana. Ele é recoberto pelo opérculo frontal, formado pela *pars triangularis* e *pars opercularis* do giro frontal inferior e pela parte inferior do giro pré-central; pelo opérculo parietal, formado pela parte inferior do giro pós-central e a parte do giro supra-marginal que se curva sobre o sulco lateral do cérebro; e pelo opérculo temporal, formado pelo giro temporal superior (Figuras 4 e 5).

Figura 4 - Superfície superolateral do cérebro. A remoção da calota craniana e das meninges leva à exposição da superfície superolateral do cérebro

Figura 5 - Subdivisão da superfície superolateral do cérebro em lobos. Didaticamente o cérebro é subdividido em lobos por meio do sulco lateral do cérebro (fissura silviana), o sulco central, uma linha imaginária que conecta a fissura parieto-occipital à incisura pré-occipital (linha parietotemporal) e uma linha imaginária que conecta o ponto mais posterior da fissura silviana à linha parietotemporal

A superfície insular tem uma forma triangular, com seu vértice apontando anterior e inferiormente para o límen da ínsula. Ela é separada do opérculo por um sulco raso, chamada de sulco limitante ou sulco circular da ínsula. O sulco limitante pode ser subdividido em três partes: inferior, anterior e superior.

O SLI estende-se desde o PIP, onde este se encontra com o sulco limitante superior da ínsula, até ponto em que o SLI junta-se ao límen da ínsula, denominado

aqui de PTL. O sulco limitante anterior, localizado entre opérculo orbitofrontal e a superfície anterior da ínsula, junta-se ao límen da ínsula em um ponto denominado ponto frontal do límen (PFL). O sulco limitante superior da ínsula está localizado medialmente ao opérculo frontoparietal.

O opérculo temporal, dado que recobre a parte inferior da superfície da ínsula, tem que ser retraído para se expor o SLI. A superfície lateral desse opérculo é representado pelo giro temporal superior, e a sua superfície medial é dividida em uma parte anterior chamada plano polar, formada pelos pequenos "sulcos e giros da Schwalbe", e uma parte posterior chamada plano temporal, a qual é formado por giros temporais transversos (Ture *et al.*, 1999; Tanriover *et al.*, 2004). O giro temporal transversal anterior, também denominado de giro de Heschl, se dirige posteriormente e medialmente em direção ao PIP.

O SLI tem uma trajetória curva e pode ser subdividido em uma parte anterior e outra posterior. A parte anterior é medial ao plano polar e tem uma orientação horizontal, enquanto que a parte posterior corre ao longo da margem medial do giro de Heschl e assume uma orientação mais vertical. O ponto que subdivide o SLI, nomeado de ponto insular posteroinferior, encontra-se medial ao aspecto mais anterior do giro de Heschl e lateral ao aspecto posterior do CGL localizado profundamente. Este ponto é particularmente importante para se localizar as radiações ópticas, uma vez que estas se originam do CGL e se projetam primeiramente em direção aos lobos temporal e parietal para depois terminarem no lobo occipital.

Na dissecação anatômica com abertura do sulco lateral do cérebro, a superfície da ínsula é exposta e os seus sulcos limitantes podem ser observados (Figuras de 6 a 11).

Figura 6 - Abertura do sulco lateral do cérebro (fissura silviana). A abertura desse sulco leva à exposição da superfície cortical da ínsula em sua profundidade

Figura 7 - Opérculos peri-silvianos. A superfície cortical da ínsula é recoberta pela parte dos lobos frontal, parietal e temporal que estão localizados ao longo do sulco lateral do cérebro e são chamados de opérculos. O opérculo frontoparietal, localizado superiormente ao sulco lateral do cérebro, é composto por partes dos giros frontal inferior, pré-central, pós-central e supra-marginal. O opérculo temporal, localizado inferiormente ao sulco lateral do cérebro, é composto pela parte mais superior do giro temporal superior

Figura 8 - Sulcos limitantes da ínsula. A superfície cortical da ínsula é margeada por um sulco circular peri-insular, que pode ser subdividido nos sulcos limitantes anterior, superior e inferior da ínsula. Sua superfície tem uma forma triangular, com o vértex em posição anterior e inferior caracterizado por uma forma em “U” chamado de límen da ínsula. O sulco limitante inferior da ínsula, por sua vez, pode ser dividido em um segmento anterior e outro posterior em um ponto que representa a projeção lateral do corpo geniculado lateral

Figura 9 - Límen da ínsula. Pode-se observar que o límen, com sua forma em “U”, conecta-se com o sulco limitante anterior e o sulco limitante inferior da ínsula, definindo respectivamente dois pontos: ponto frontal do límen e ponto temporal do límen

Figura 10 - Exposição da superfície cortical da insula através da abertura do sulco lateral do cérebro e retração dos opérculos

Figura 11 - Limites da superfície cortical da ínsula caracterizados pelos sulcos limitantes anterior, superior e inferior

A mensuração do comprimento do SLI pode ser realizada em todos os 14 hemisférios cerebrais incluídos no estudo. Seu comprimento total médio foi de 43,7 mm, com desvio padrão de $\pm 3,6$ mm e foi encontrado com comprimento mínimo e máximo de 38,5 mm e 50,1 mm, respectivamente. O comprimento da parte anterior do SLI, medido a partir do PTL ao CGL, teve em média 29,2 mm, com desvio

padrão de $\pm 4,0$ mm e variação de 22,4 mm a 37,0 mm. A parte posterior do SLI, medido a partir do CGL ao PIP, teve em média 14,5 mm, com desvio padrão de $\pm 3,4$ mm e variação de 8,2 mm a 20,3 mm (Tabela 1).

Tabela 1 - Resultados da mensuração do sulco limitante inferior da ínsula nos espécimes estudados (dados mostrados em milímetros)

Espécimes	Comprimento Total	Comprimento do segmento anterior (PTL - CGL)	Comprimento do segmento posterior (CGL - PIP)
A	46,50	27,01	19,49
B	47,77	33,29	14,49
C	45,23	24,92	20,32
D	41,68	27,96	13,73
E	48,31	29,87	18,44
F	39,41	25,44	13,97
G	45,05	30,94	14,11
H	38,48	27,03	11,45
I	41,68	26,01	15,67
J	39,28	22,43	16,85
K	44,06	32,23	11,83
L	50,10	37,02	13,08
M	41,21	32,99	8,22
N	43,50	32,07	11,44
Média	43,73	29,23	14,50
Mínimo	38,48	22,43	8,22
Máximo	50,10	37,02	20,32
Desvio Padrão	3,62	4,04	3,39

Onde: PTL - CGL: Ponto temporal do límen - Corpo geniculado lateral; CGL - PIP: Corpo geniculado lateral - Ponto insular posterior

5.2 Organização das Fibras Brancas Profundas ao Sulco Limitante Inferior da Ínsula

Após a preparação os espécimes pela técnica de congelamento, a substância cinzenta que forma superfície cortical fica com consistência friável, e pode ser facilmente removida ao se raspar um dissector Peinfeld contra a superfície do cérebro.

A substância branca é composta por inúmeras fibras brancas subcorticais e, através do processo de congelamento, os cristais de gelo que se formam a partir da água que entremeia as fibras levam à sua separação, o que facilita a dissecação e individualização dessas fibras posteriormente com o espécime já descongelado.

É possível notar que muitas das inúmeras fibras brancas subcorticais que compõem a substância branca se agrupam em feixes, os quais podem ser identificados de forma consistente nos diversos espécimes. Em todos os 14 hemisférios cerebrais, os seguintes feixes de fibras brancas puderam ser identificados profundamente do SLI: FU, FFOI, FCC, comissura anterior e cápsula interna/*corona radiata*. Fibras brancas curtas, que promovem a interconexão de giros adjacentes, foram sempre identificadas logo abaixo da superfície cortical.

A dissecação dos espécimes foi realizada de lateral para medial, de forma que se aprofundava a dissecação de forma sequencial. Pode-se notar que os feixes de fibras eram identificados em planos de profundidade semelhante entre os diferentes espécimes, de forma que podem ser agrupados em camadas de acordo com a profundidade que estão localizados. Como resultado, os feixes de fibras identificados foram separados em três camadas: superficial, intermediária e profunda (Figura 12).

Figura 12 - Demonstração da organização dos principais feixes de fibras brancas na região da ínsula em camadas em diferentes profundidades. A: as fibras da cápsula extrema (marcada em azul) ocupam uma posição subcortical superficial, sendo encontradas logo abaixo da superfície cortical da ínsula. **B:** Em profundidade intermediária, é encontrada uma camada formada pelo fascículo uncinado (marcado em verde), fascículo fronto-occipital inferior (marcado em amarelo) e fibras claustró-corticais (marcadas em rosa). **C:** As fibras da comissura anterior (marcadas em vermelho) são encontradas logo abaixo dos fascículos uncinado e fronto-occipital inferior. **D:** As fibras da cápsula interna/*corona radiata* são encontradas em uma camada profunda e, dentre elas, se distinguem as fibras da radiação óptica (marcada em azul) ao se dirigirem à fissura calcarina [Dissecção anatômica realizada por Kaan Yagmurlu e ilustrações sobrepostas realizadas por David Peace]

Essa organização das fibras em camadas é mais facilmente observada na região da ínsula, onde são separadas por coleções de substância cinzenta, como o claustrum, putame, globo pálido, núcleo caudado e tálamo. Essas fibras, em seus trajetos em direção aos outros lobos cerebrais, passam em um pequeno espaço delimitado superficialmente pelos sulcos limitantes da ínsula e profundamente pelo ventrículo lateral, onde se aproximam muito de forma a se tornarem muito imbricadas e recebendo o nome em conjunto de istmo cerebral. O estudo de cada um desses feixes de fibras

começa com sua individualização na região na ínsula, e depois acompanhando seu trajeto além dos sulcos limitantes da ínsula em direção ao restante do cérebro.

Um corte profundo ao longo do sulco limitante inferior leva à exposição do ventrículo lateral e passa através de todas essas fibras (Figuras de 13 a 15).

Figura 13 - Exposição do CTLV na profundidade do segmento anterior do sulco limitante anterior da ínsula. A superfície da ínsula foi preservada, enquanto o restante da superfície cortical do cérebro foi removido através da técnica de disseção de fibras brancas e pode-se ver os principais feixes de fibras brancas de projeção que formam a *corona radiata*. Um corte profundo foi realizado no segmento anterior do sulco limitante inferior da ínsula, se demonstrando o corno temporal do ventrículo lateral em sua profundidade onde pode-se identificar a amígdala e o hipocampo

Figura 14 - Exposição do CTLV e do átrio ventricular na profundidade do sulco limitante anterior da ínsula. O corte profundo foi prolongado também para o segmento posterior do sulco limitante inferior da ínsula, se demonstrando que o átrio do ventrículo lateral se encontra profundamente a esse segmento

Figura 15 - Exposição do ventrículo lateral na profundidade dos sulcos limitantes da ínsula. O corte profundo foi prolongado ao longo também dos sulcos limitantes superior e anterior da ínsula, se demonstrando que o corpo e o corno anterior do ventrículo lateral se encontram na profundidade desses sulcos, respectivamente

5.2.1 Camada superficial - Cápsula extrema

Imediatamente sob a superfície cortical da ínsula, encontram-se fibras de comprimento curto que se estendem entre os giros insulares e também sob os sulcos limitantes da ínsula em direção à superfície medial dos opérculos. Essas fibras interconectam os giros adjacentes e os opérculos entre si, e também são chamadas de fibras arqueadas ou em “U”.

Essas fibras formam uma fina camada e profundamente a elas o *claustrum* é encontrado. A cápsula extrema é definida como esse espaço entre a superfície da ínsula lateralmente e o *claustrum* medialmente, e assim as fibras brancas curtas de associação contribuem para formar essa cápsula e também se continuam além dos sulcos limitantes da ínsula para os opérculos.

O *claustrum* é uma coleção fina de substância cinzenta que tem uma porção ventral e outra dorsal. Sua porção ventral encontra-se profundamente à parte anteroinferior da superfície insular e sua substância cinzenta é desorganizada, assemelhando-se a pequenas ilhas incorporadas à substância branca dessa região. A porção dorsal do *claustrum* é mais posterior e superior, e sua substância cinzenta é mais densamente organizada, assumindo a forma de uma lâmina fina e escura. O limite mais inferior do *claustrum* se continua sob a parte anterior do SLI em direção à amígdala, e não foi identificado sob a parte posterior do SLI.

A dissecação sequencial de fibras brancas subcorticais na superfície superolateral do cérebro leva à demonstração dos principais feixes de fibras brancas na medida em que a dissecação se aprofunda, e pode ser vista nas Figuras de 16 a 19.

Figura 16 - Fibras arqueadas ou em “U”. O espécime cerebral foi preparado pela técnica de congelamento, tornando sua superfície cortical friável. Em seguida, sua superfície cortical foi removida com uso de dissecadores e movimentos de raspagem. Nota-se na imagem o cérebro “decorticado” e exposição das fibras arqueadas ou em “U”, as quais são as fibras brancas subcorticais mais superficiais e com menor comprimento

Figura 17 - Fascículo longitudinal superior. Profundamente aos lobos frontal, parietal e temporal, o fascículo longitudinal superior é identificado, o qual conecta esses lobos entre si. Nota-se nessa imagem que esse fascículo não tem relação com o sulco limitante inferior da ínsula (SLI)

Figura 18 - Cápsula extrema. A superfície cortical da insula é removida e a cápsula extrema é identificada logo abaixo. Essa cápsula é formada em parte por fibras arqueadas que conectam os giros da insula entre si e também se dirigem para os opérculos. Essas fibras se encontram profundamente ao SLI e formam a camada subcortical mais superficial localizada profundamente a esse sulco

Figura 19 - Sulcos limitantes da insula e os pontos frontal e temporal do límen. A insula é separada do restante do cérebro pelos sulcos limitantes anterior, superior e inferior da insula. O SLI é dividido em segmentos anterior e posterior em ponto que corresponde à projeção lateral do corpo geniculado lateral. No vértex da insula, em posição anterior e inferior, encontra-se o límen da insula

5.2.2 Camada intermediária - Cápsula externa e comissura anterior

A cápsula externa, encontrada entre o *claustrum* e o putame, é também formada por um grupo de fibras que passa sob os sulcos limitantes para chegar ao restante do cérebro. A cápsula externa é composta por três feixes de fibras, todos localizados na mesma profundidade: o FU, o FFOI, e as FCC.

O fascículo uncinado é o componente mais anterior da cápsula externa. Este feixe de fibras longas de associação se origina nas regiões fronto-orbitária e inferolateral do lobo frontal, e passa sob o sulco limitante anterior da ínsula para alcançar a parte anteroinferior da ínsula, onde faz uma curva acentuada inferiormente e anteriormente para passar debaixo da parte anterior do SLI e continuar para o polo temporal. Essa curva confere ao FU uma aparência em forma de gancho em torno do límen da ínsula.

O fascículo fronto-occipital inferior também é um feixe de fibras longas de associação e foi localizado superiormente e posteriormente ao FU. Ele origina-se na profundidade do giro frontal inferior, passa sob o sulco limitante anterior da ínsula, ocupa a parte anterior da ínsula imediatamente superior ao FU, e se continua posteriormente, passando sob os SLI para a parte posterior dos lobos temporal, parietal e occipital.

Os fascículos uncinado e fronto-occipital inferior estão localizados profundamente à parte anteroinferior da superfície insular, e ambos passam pelo *claustrum* ventral. À medida que essas fibras se misturam com as ilhas de substância cinzenta do *claustrum* ventral, contribuem tanto para a cápsula extrema como a externa nessa região. As fibras claustro-corticais têm uma configuração radial centrada no *claustrum* dorsal, e se projetam para os lobos frontal e lobos parietais, passando sob os sulcos limitantes nesse percurso.

Sob o SLI, não existe uma separação natural entre as fibras que compõem o FU das fibras que compõem o FFOI. No entanto, uma vez que o FU é dirigido anteriormente para o polo temporal e o FFOI progride posteriormente, o ponto de transição entre eles foi considerado como o ponto em que as fibras assumem uma orientação perpendicular em relação ao SLI. O ponto de transição entre o FFOI e as FCC é mais claramente visto, porque as fibras do FFOI podem ser seguidas a partir do lobo frontal ao occipital, enquanto que as FCCse originam a partir do *claustrum* dorsal.

A continuação da dissecação sequencial de fibras brancas subcortais na superfície superolateral do cérebro leva à demonstração dos feixes de fibras brancas quer compõem a camada intermediária e a CA, o putame e o globo pálido (Figuras de 20 a 24).

Figura 20 - Cápsula externa. A cápsula extrema foi removida e o *claustrum*, localizado logo abaixo, é identificado. Também são identificados feixes de fibras que formam o fascículo uncinado, fascículo fronto-occipital inferior e fibras claustró-corticais. Esses feixes contribuem para formar as cápsulas extrema e externa, uma vez que são encontradas superficialmente e profundamente ao claustrum, e seus trajetos passam profundamente ao SLI. Essas fibras são encontradas sob o SLI formando uma camada em profundidade intermediária

Figura 21- Fascículo uncinado, fascículo fronto-occipital inferior e fibras claustró-corticais. Esses feixes de fibras foram coloridos para destacar de forma didática a disposição sequencial anteroposterior dessas fibras

Figura 22- Putame. As fibras claustró-corticais foram removidas e o putame pode ser visto profundamente

Figura 23- Comissura anterior. Parte das fibras que compõem os fascículos uncinado e fronto-occipital inferior foram removidas, e pode-se ver fibras da extensão lateral da comissura anterior profundamente, em seu trajeto para o lobo temporal. Essas fibras da comissura anterior também passam sob o SLI, logo abaixo dos fascículos uncinado e fronto-occipital inferior, e também contribuem para formar a camada intermediária de fibras brancas subcorticiais na profundidade do SLI

Figura 24 - Globo pálido. O putame foi removido e o globo pálido é encontrado profundamente ao seu aspecto inferior. Nota-se que as fibras da comissura anterior passam no polo anterobasal do globo pálido, em um canal chamado “canal de Gratiolet”

O curso do FU sob o SLI começa no PTL e continua até o ponto de transição entre os fascículos uncinado/fronto-occipital inferior localizado nesse estudo em média 10,0 mm posterior ao PTL (variação de 6,4 mm a 14,5 mm e desvio padrão de $\pm 2,2$ mm). Essa distância corresponde à largura do FU sob o SLI. O fascículo fronto-occipital inferior sob o SLI foi encontrado entre o ponto de transição entre os fascículos uncinado/fronto-occipital inferior e o ponto de transição entre fascículo fronto-occipital inferior/fibras claustro-corticais. Este segundo ponto marca o limite anterior das FCC sob o SLI, e foi localizado em média 35,5 mm posterior ao PTL (variação de 29,2 mm a 40, 0 mm e desvio padrão de $\pm 2,7$ mm). A largura do FFOI sob SLI foi em média de 25,5 mm (variação de 21,1 mm a 30,1 mm e desvio padrão de $\pm 2,6$ mm). As fibras claustro-corticais foram encontradas ao longo de todo o comprimento do SLI posterior ao ponto de transição entre fascículo fronto-occipital inferior/fibras claustro-corticais, e também sob o sulco limitante superior da ínsula (Tabelas 2 e 3).

A comissura anterior pertence ao sistema comissural de fibras do cérebro, que interconecta os dois hemisférios. Na linha média, suas fibras tem a aparência de um cilindro ou "guidão de bicicleta" que cruza a linha média entre a fibras pré- e pós-comissurais do fórnice. Ao se distanciar da linha média, suas fibras se destacam em uma extensão ventral, que interconecta estruturas olfativas, e uma extensão lateral, que se continua para o lobo temporal. Sua extensão lateral passa por um túnel glial no polo anteroinferior do globo pálido, chamado "canal de Gratiolet" e mais lateralmente sob o SLI. As fibras da comissura anterior estão posicionadas em um plano profundo às fibras dos fascículos uncinado e fronto-occipital inferior e no lobo temporal podem ser seguidas para o polo temporal e giros temporais médio e

inferior. A extensão lateral da CA foi encontrada sob o SLI com seu limite anterior a 8,4 mm em média (variação de 3,2 mm a 10,2 mm, e desvio padrão de $\pm 1,8$ mm) posterior ao PTL, e seu limite posterior a 22,0 mm em média (variação de 12,1 mm a 34,6 mm, e desvio padrão de $\pm 6,8$ mm) posterior ao PTL. A largura da CA sob o SLI foi em média 13,7 mm (variação de 6,3 mm a 26,4 mm, e desvio padrão de $\pm 6,7$ mm) (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2 - Resultados da mensuração dos principais feixes de fibras brancas subcorticais profundos ao sulco limitante inferior da ínsula, amígdala, corno temporal do ventrículo lateral e ponto coróideo inferior nos espécimes estudados, sendo mostrado a posição de seus limites anteriores e posteriores em relação ao ponto temporal do limen (dados mostrados em milímetros)

Espécimes	Distância do ponto temporal de limen, ao longo do sulco limitante inferior da ínsula, até...											
	... limite anterior do FU	... limite posterior do FU/limite anterior da FFOI	... limite posterior do FFOI/limite anterior da FCC	... limite anterior da CA	... limite posterior da CA	... limite anterior da RO	... limite posterior da RO	... limite anterior da amígdala	... limite posterior da amígdala	... limite anterior do CTVL	... ponto coróideo inferior	
A	0,00	8,63	36,10	9,84	21,15	8,21	35,16	-4,70	8,54	4,56	15,76	
B	0,00	9,03	37,00	7,90	33,70	10,12	35,19	-4,98	9,06	7,03	12,56	
C	0,00	9,85	33,73	10,23	30,60	13,21	36,56	-3,00	12,11	9,48	15,41	
D	0,00	8,95	37,96	7,94	17,87	9,16	36,32	-2,31	7,69	1,75	13,93	
E	0,00	11,00	34,00	9,30	16,53	17,74	39,05	-4,01	8,98	8,50	14,43	
F	0,00	9,78	35,26	9,47	17,74	9,79	28,72	-3,16	5,86	1,92	13,90	
G	0,00	8,74	33,56	9,01	15,27	6,07	38,53	-5,13	7,56	3,45	16,23	
H	0,00	8,64	38,76	3,15	12,09	9,85	30,82	-4,25	9,10	2,86	17,09	
I	0,00	14,48	35,54	6,10	25,58	6,01	30,39	-4,70	10,34	5,94	19,02	
J	0,00	6,36	29,21	8,65	21,60	9,93	35,69	-6,60	11,29	3,22	13,97	
K	0,00	12,10	34,74	8,14	34,56	10,01	29,14	-7,12	14,36	2,21	24,11	
L	0,00	13,68	40,00	8,56	21,56	10,21	34,13	-5,54	12,13	7,76	23,67	
M	0,00	10,14	37,13	9,14	19,43	16,87	38,65	-2,77	5,45	2,94	22,41	
N	0,00	8,02	34,01	9,80	20,68	11,01	34,87	-2,04	7,04	0,00	17,12	
Média	0,00	9,96	35,50	8,37	22,03	10,59	34,52	-4,31	9,25	4,40	17,12	
Mínimo	0,00	6,36	29,21	3,15	12,09	6,01	28,72	-7,12	5,45	0,00	12,56	
Máximo	0,00	14,48	40,00	10,23	34,56	17,74	39,05	-2,04	14,36	9,48	24,11	
Desvio Padrão	0,00	2,21	2,69	1,83	6,79	3,39	3,47	1,54	2,55	2,87	3,80	

Onde: FU: Fascículo uncinado; FFOI: Fascículo fronto-occipital inferior; FCC: Fibras claustró-corticais; CA: Comissura anterior; CTVL: Corno temporal do ventrículo lateral; RO: Radiação óptica.

Tabela 3 - Resultados da mensuração da largura dos principais feixes de fibras brancas subcorticais profundos ao sulco limitante inferior da ínsula nos espécimes estudados (dados mostrados em milímetros)

Espécimes	FU	FFOI	CA	RO	Amígdala
A	8,63	27,47	11,31	26,95	13,24
B	9,03	27,97	25,80	25,07	14,04
C	9,85	23,88	20,37	23,35	15,11
D	8,95	29,01	9,93	27,16	10,00
E	11,00	23,00	7,23	21,31	12,99
F	9,78	25,48	8,27	18,93	9,02
G	8,74	24,82	6,26	32,46	12,69
H	8,64	30,12	8,94	20,97	13,35
I	14,48	21,06	19,48	24,38	15,04
J	6,36	22,85	12,95	25,76	17,89
K	12,10	22,64	26,42	19,13	21,48
L	13,68	26,32	13,00	23,92	17,67
M	10,14	26,99	10,29	21,78	8,22
N	8,02	25,99	10,88	23,86	9,08
Média	9,96	25,54	13,65	23,93	13,56
Mínimo	6,36	21,06	6,26	18,93	8,22
Máximo	14,48	30,12	26,42	32,46	21,48
Desvio Padrão	2,21	2,65	6,66	3,57	3,79

Onde: FU: Fascículo uncinado; FFOI: Fascículo fronto-occipital inferior; CA: Comissura anterior; RO: Radiação óptica.

5.2.3 Camada profunda - Radiações óptica e auditiva

À medida que a dissecação progride mais profundamente à cápsula externa, o putame é exposto, seguido pelo globo pálido. Estas duas coleções de substância cinzenta estão localizadas profundamente à superfície insular, mas não estão presentes sob o plano que conecta o SLI ao CTVL. A remoção do putame e do globo pálido leva à exposição da cápsula interna.

A cápsula interna é um feixe espesso de fibras que ocupa o espaço entre o núcleo lentiforme, lateralmente, e o núcleo caudado, medialmente. Ela inclui a maior parte das fibras do sistema de projeção do cérebro, onde se destacam os tratos piramidais, cortico-ponto-cerebelares e radiações talâmicas. A cápsula interna é tradicionalmente dividida em braço anterior, joelho, braço posterior, e porções retrolenticular e sublenticular. As porções retrolenticular e sublenticular da cápsula interna passam sob as partes posterior e anterior do SLI, respectivamente.

A porção retrolenticular da cápsula interna, denominada assim pelo fato de que suas fibras serem posteriores ao núcleo lentiforme, liga as porções posteriores do tálamo, incluindo o pulvinar e o CGL, com giros parietais posteriores e o lobo occipital. As fibras que se originam do CGL e projetam para os lábios da fissura calcarina carregam informações visuais e sua trajetória passa profundamente ao SLI. As fibras da RO são tradicionalmente divididas em feixes anterior, central e posterior.

A porção sublenticular da cápsula interna é menor e interconecta a parte caudal do tálamo e o corpo geniculado medial ao córtex da superfície lateral do lobo temporal e aos giros temporais transversos. Entre estas fibras, estão a radiação auditiva, que se espalham do corpo geniculado medial ao giro temporal transversal anterior (giro de Heschl).

Como os gânglios da base foram removidos em um sentido de lateral para medial, a RO pode ser identificada a partir de sua origem no CGL e acompanhadas em direção à fissura calcarina. Conforme já mencionado nos métodos desse estudo, agulhas retas e finas foram colocadas ao longo da fissura calcarina, perpendicular à superfície cortical medial, para se identificar a projeção desta fissura na superfície lateral do cérebro. Assim, foi possível distinguir a RO, direcionadas para a fissura calcarina, dentre as outras fibras da cápsula interna/*corona radiata*.

Embora classicamente seja dividida em feixes anterior, central e posterior, as fibras da RO constituem um *continuum* de fibras que recobre as superfícies superior e lateral do corno temporal e átrio do ventrículo lateral. Essas fibras passam acima e abaixo do corno occipital para alcançar os lábios superior (cuneal) e inferior (lingual), respectivamente, da metade posterior da fissura calcarina.

As fibras que se originam do aspecto mais anterior do CGL formam o feixe anterior da RO, e assumem primeiramente um sentido anterior em direção ao polo temporal, e depois se curvam posteriormente para terminar no lábio inferior da fissura calcarina. Esse trajeto forma uma curva anterior chamada de “alça de Meyer”. As fibras que se originam do aspecto posterior do CGL têm um curso mais retilíneo em sentido posterior para terminarem no polo occipital, formando o feixe central. As fibras que emanam do aspecto superior do CGL têm um trajeto discretamente encurvado para cima e terminam no lábio superior da fissura calcarina, formando o feixe posterior.

Profundamente do SLI, no plano que conecta a esse sulco ao CTVL, pode-se identificar os limites anteriores e posteriores da RO entre as demais fibras que compõem a cápsula interna em todos os espécimes estudados. O limite anterior foi encontrado em média 10,6 mm posterior ao PTL (variação de 6,0 mm a 17,7 mm, e desvio padrão de $\pm 3,4$ mm), e o limite posterior estava em média 34,5 mm posterior ao PTL (variação de 28,7 mm a 39 mm, e desvio padrão de $\pm 3,5$ mm). Não foi possível distinguir com confiança, entre as fibras que compõem a RO, seus feixes anterior, central e posterior que são classicamente descritos. A largura da RO, profundamente ao do SLI, teve em média 23,9 mm (variação de 18,9 mm a 32,5 mm, e desvio padrão de $\pm 3,6$ mm) (Tabelas 2 e 3).

A continuação da dissecação sequencial de fibras brancas subcortais na superfície superolateral do cérebro leva à demonstração dos feixes de fibras brancas que compõem a camada profunda, o *tapetum*, a *ansa peduncularis* e, finalmente, à abertura do CTVL (Figuras de 25 a 31).

Figura 25 - Cápsula interna. O globo pálido foi removido e pode-se ver a cápsula interna em sua totalidade, composta principalmente por fibras de projeção com disposição radial que se afunilam em sentido superoinferiamente em direção ao tronco cerebral. O *striatum* ventral corresponde às porções dos núcleos putame e caudado que estão anteriormente e inferiormente à comissura anterior

Figura 26 - Cápsula interna e *corona radiata*. As fibras da cápsula interna se projetam radialmente para outras regiões do cérebro. Essas fibras, ao passarem além do limite externo do *striatum*, recebem o nome de *corona radiata*. O trajeto de parte das fibras da porção retrolenticular e sublenticular da cápsula interna é primeiramente anterior, em direção ao polo temporal, para depois se curvarem inferiormente e posteriormente para seguirem em direção do lobo occipital, descrevendo uma alça conhecida como “alça de Meyer”. A substância cinzenta correspondente ao *striatum* ventral foi removida, e nota-se que anteriormente e inferiormente à comissura anterior não há fibras da cápsula interna, de forma que as substâncias cinzentas dos núcleos putame e caudado se juntam nessa região

Figura 27 - Radiação óptica. Agulhas perpendiculares à superfície medial do cérebro foram inseridas na fissura calcarina afim de saber a projeção dessa fissura na superfície lateral (marcado em azul). Assim, pode-se distinguir as fibras da radiação óptica dentre as outras fibras da cápsula interna/*corona radiata*. As fibras da cápsula interna/*corona radiata* passam profundamente ao SLI, formando uma camada profunda fibras, e dentre elas as fibras da radiação óptica passam em sua totalidade sob o SLI

Figura 28 - Tapetum. Remoção de algumas fibras da *corona radiata* posteriormente à insula, levando à exposição na profundidade de fibras com orientação verticalizada. Essas fibras originam-se do corpo caloso e são denominadas de *tapetum*

Figura 29 - Visão magnificada do *tapetum*. O estudo com mais detalhe dessa região mostra que há fibras profundas à *corona radiata* com uma direção diferente. Essas fibras que se dirigem para a base do lobo temporal e recobrem o átrio do ventrículo lateral são denominadas *tapetum*

Figura 30 - *Ansa peduncularis*. Grande parte das fibras da cápsula interna foi removida, expondo as fibras do *tapetum* em direção à base do lobo temporal e a cauda do núcleo caudado localizado profundamente. Nota-se a presença de substância cinzenta na região do braço anterior da cápsula interna, que corresponde a conexões dos núcleos putame e caudado através de espaços entre as fibras da cápsula interna. As fibras que se originam da amígdala e se projetam para a região septal, hipotálamo e tálamo se agrupam para formar a *ansa peduncularis*. A amígdala é encontrada profundamente à porção mais anterior do SLI, sendo as fibras da *ansa peduncularis* mais mediais a esse sulco. Não são encontradas fibras do *tapetum* profundamente ao SLI

Figura 31 - Abertura do CTVL. As fibras do *tapetum* são removidas e o CTVL é exposto, onde pode-se identificar o hipocampo e a fissura coroideia

A dissecção de fibras brancas subcorticais com preservação das mesmas em profundidades diferentes, mostra a sua organização em diferentes camadas (Figuras de 32 a 35).

Figura 32 - Imagem demonstrando que a cápsula extrema é localizada imediatamente sob o córtex insular, e abaixo da mesma são encontradas fibras do fascículo uncinado, do fascículo fronto-occipital inferior e fibras claustró-corticais. O trajeto dessas fibras passa abaixo do sulco limitante inferior da ínsula [Dissecção anatômica e fotografia realizadas por Kaan Yagmur]

Figura 33 - Imagem demonstrando que a dissecção mais profunda na região da ínsula leva à identificação do putame e do globo pálido. A comissura anterior pode ser identificada sob as fibras do fascículo fronto-occipital inferior [Dissecção anatômica e fotografia realizadas por Kaan Yagmurlu]

Figura 34 - Imagem demonstrando que a remoção das fibras do fascículo uncinado, do fascículo fronto-occipital inferior e da comissura anterior leva à identificação da amígdala na região temporal medial e de fibras da cápsula interna/corona radiata na região temporal posterior, entre elas com destaque à alça de Meyer [Dissecção anatômica e fotografia realizadas por Kaan Yagmurlu]

Figura 35 - Imagem demonstrando que a remoção das fibras da cápsula interna/*corona radiata*, leva à identificação na profundidade da região temporal posterior de fibras do corpo caloso que constituem o *tapetum*, e na região frontal à exposição da cabeça do núcleo caudado. O ventrículo lateral encontra-se abaixo das fibras o corpo caloso [Dissecção anatômica e fotografia realizadas por Kaan Yagmurlu]

5.3 Amígdala, Epêndima e Corno Temporal do Ventrículo Lateral

Profundamente à substância branca que se encontra no compartimento subcortical abaixo do SLI, é encontrado o epêndima. Todas as cavidades ventriculares são recobertas internamente por esta fina camada de células endimárias, e sua abertura sob o SLI leva à exposição do CTVL e fornece acesso cirúrgico às estruturas que tem relação com suas paredes.

A amígdala, identificada como uma coleção de substância cinzenta dentro da metade anterior do *uncus*, foi encontrada imediatamente sob o PTL em todos os espécimes estudados. Seu limite anterior foi localizado em média 4,3 mm anterior ao PTL (variação de 7,1 mm a 2,0 mm, e desvio padrão de $\pm 1,5$ mm) e seu limite

posterior foi localizado em média 9,3 mm posterior ao PTL (variação 5,5 mm a 14,4 mm, e desvio padrão de $\pm 2,6$ mm). A largura da amígdala teve em média 13,6 mm (variação de 8,2 mm a 21,5 mm, e desvio padrão de $\pm 3,8$ mm) (Tabelas 2 e 3).

A separação das estruturas temporais mediais do bloco central do cérebro pode ser feita por: um corte profundo ao longo do SLI até o CTVL, pela abertura da fissura coroideia, e por um corte conectando o local da bifurcação da artéria carótida interna ao ponto coroideo inferior (linha carótida-coroideia) (Figuras de 36 a 40).

Figura 36 - Bloco central do cérebro (*central core*). Um corte profundo ao longo dos sulcos limitantes da ínsula leva à exposição do ventrículo lateral e define uma região cerebral que se encontra medialmente à superfície da ínsula. Essa região, chamada de bloco central do cérebro (*central core*), é estruturalmente diferente do restante do cérebro, sendo composta por diversas coleções de substância cinzenta (tálamo, núcleo caudado, putame, globo pálido e *claustrum*) e feixes de fibras brancas que nessa região recebem o nome de cápsulas

Figura 37- A maior parte da região temporal medial é separada desse bloco central através da abertura da fissura coroideia. Esse espaço natural está localizado medialmente à formação hipocampal (representada pelo hipocampo e pelo fórnice). Porém, anteriormente à cabeça do hipocampo, onde se encontra a amígdala e as porções mais anteriores da região temporal medial, não há fissura coroideia

Figura 38 - A fissura coroideia termina no ponto coroideo inferior. Anteriormente a esse ponto não há fissura coroideia, e nota-se que a amígdala e a região temporal medial anteriormente a esse ponto estão conectados superiormente e medialmente ao bloco central do cérebro

Figura 39 - A separação da amígdala e da região temporal medial mais anterior do bloco central do cérebro pode ser feita se conectando o local de bifurcação da artéria carótida interna ao ponto coroideo inferior

Figura 40 - Linha carótida-coroideia. Um corte foi realizado se conectando o local da bifurcação da artéria carótida interna ao ponto coroideo inferior, separando a amígdala e a região temporal medial mais anterior do bloco central do cérebro. Nota-se que essa linha, denominada carótida-coroideia, segue ao longo da artéria coroideia anterior, a qual se origina da artéria carótida interna supra-clinoideia e adentra o corno temporal do ventrículo lateral no ponto coroideo inferior, e também é paralela ao trato óptico

A localização do limite anterior do CTVL sob o SLI foi encontrada em média 4,4 mm posterior ao PLT, com uma variação de 0,0 mm a 9,5 mm e desvio padrão de $\pm 2,9$ mm. Apesar da significativa variação desses resultados, que estão provavelmente relacionadas com a variação normal do tamanho das cavidades ventriculares entre diferentes indivíduos, foi notado que a amígdala pode ser dividida em uma porção extraventricular anterior e uma porção intraventricular posterior.

Dentro do CTVL, a amígdala foi identificada em todos os espécimes em posição anterior e superior à cabeça do hipocampo, sendo ambos separados por uma pequena extensão do ventrículo que se projeta medialmente entre ambos denominada recesso uncal.

Imediatamente posterior à cabeça do hipocampo, a artéria coroideia anterior deixa a cisterna crural e adentra o CTVL. Este ponto de entrada, chamado ponto coroideo inferior, também marca a extremidade inferior da fissura coroideia. O ponto coroideo inferior foi identificado em todos os espécimes estudados, e localizado abaixo do SLI em média 17,1 mm posterior ao PTL (variação de 12,6 mm a 24,1 mm, e desvio padrão de $\pm 3,8$ mm) (Tabelas 2 e 3).

5.4 Análise Topográfica do Compartimento Subcortical entre o SLI e CTVL

Os resultados das posições dos principais feixes de fibras encontrados na profundidade do SLI, isto é, no compartimento subcortical entre o SLI e o CTVL, encontrados em cada um dos 14 hemisférios cerebrais cadavéricos envolvidos no estudo foram posteriormente analisados em conjunto (Figuras de 41 a 46). Conforme descrito, esses feixes de fibras são encontrados em profundidades diferentes.

Figura 41 - Mensuração do sulco limitante inferior da ínsula. O comprimento total e dos segmentos anterior (marcado em verde) e posterior (marcado em amarelo) do sulco limitante inferior da ínsula foi aferido após a retração dos opérculos e exposição da superfície cortical da ínsula

Figura 42 - Mensuração das fibras da cápsula extrema sob o SLI em relação ao PTL. A cápsula extrema (marcado em azul) foi identificada imediatamente abaixo da superfície cortical da ínsula, e suas fibras foram encontradas profundamente de todo o sulco limitante inferior da ínsula (marcado em roxo)

Figura 43 - Mensuração dos principais feixes de fibras da camada intermediária sob o SLI em relação ao PTL. Uma camada intermediária de fibras brancas sob a ínsula foi identificada, composta por fibras do fascículo uncinado (marcadas em verde), do fascículo fronto-occipital inferior (marcadas em amarelo) e fibras claustró-corticais (marcadas em rosa)

Figura 44 - Mensuração das fibras da comissura anterior sob o SLI em relação ao PTL. Também em profundidade intermediária, fibras da extensão lateral da comissura anterior (marcadas em vermelho) se abrem em direção ao sulco limitante inferior da ínsula (marcado em azul), passando abaixo do mesmo

Figura 45 - Mensuração das fibras da radiação óptica sob o SLI em relação ao PTL. Mais profundamente, as fibras da cápsula interna/corona radiata são encontradas e também passam abaixo do sulco limitante inferior da ínsula (marcado em azul). Dentre elas, as fibras da radiação óptica (marcadas em laranja) se dirigem à fissura calcarina (marcada com pontos azuis)

Onde: CTVL: Corno temporal do ventrículo lateral

Figura 46 - Mensuração da posição de reparos anatômicos profundos sob o SLI em relação ao PTL. Um corte profundo no sulco limitante inferior da ínsula (marcado em roxo) leva à abertura do corno temporal do ventrículo lateral, onde suas principais estruturas e reparos anatômicos são identificados: amígdala, limite anterior do corno temporal e ponto coroídeo inferior

A posição dos principais feixes de fibras brancas encontrados na profundidade do SLI foi mensurada a partir do ponto de encontro entre o SLI e límen da ínsula, nomeado aqui do PTL. Esse ponto foi escolhido como referência por ter sido facilmente identificado em todos os espécimes do estudo após abertura do sulco lateral do cérebro (fissura silviana). Adicionalmente, a abertura do sulco lateral e identificação do límen da ínsula também são passos fundamentais no acesso trans-silviano para o CTVL, tornando os resultados encontrados no presente estudo possíveis de serem aplicados na prática neurocirúrgica com facilidade.

O acesso trans-silviano para o CTVL, descrito primeiramente por Mahmut Gazi Yasargil em 1982 para amígdalo-hipocampectomia seletiva (Wieser e Yasargil, 1982), consiste na realização de uma incisão na região do SLI em direção ao CTVL (Figura 47). Os diversos feixes de fibras brancas encontrados na profundidade do SLI podem ser encontrados nessa superfície de corte, estando os mesmos em profundidades diferentes e sob risco de serem lesados de acordo com local em que a incisão é realizada em relação ao PTL (Figura 48).

Figura 47 - Acesso cirúrgico trans-silviano transinsular ao corno temporal do ventrículo lateral, em espécime cadavérico. A: O espécime foi colocado em posição cirúrgica e foi realizada uma craniotomia frontotemporal ampla para exposição do sulco lateral do cérebro (fissura silviana). O sulco lateral do cérebro se encontra entre os opérculos frontoparietal e temporal, formados por partes dos giros frontal inferior, pré-central, pós-central, supra-marginal e temporal superior. **B:** O sulco lateral do cérebro foi aberto através da retração dos opérculos. Nota-se o sulco limitante inferior da ínsula lateralmente ao tronco inferior da artéria cerebral média. **C:** O acesso trans-silviano transinsular ao corno temporal do ventrículo lateral é feito através de um corte ao longo do sulco limitante inferior da ínsula, lateralmente ao tronco inferior da artéria cerebral média, e leva à exposição do hipocampo e outras estruturas intraventriculares.

Figura 48 - Resumo dos resultados em ilustração que representa a abertura do corno temporal do ventrículo lateral a partir do sulco limitante inferior da ínsula. Os principais feixes de fibras brancas podem ser vistos na superfície de corte, organizados em profundidades diferentes em direção à cavidade ventricular: (1) cápsula extrema (marcada em azul escuro); (2) fascículo uncinado (marcado em verde), fascículo fronto-occipital inferior (marcado em amarelo) e fibras claustró-corticais (marcadas em rosa); (3) comissura anterior (marcada em vermelho); (4) radiação visual (marcada em azul claro). Dentro da cavidade ventricular, as principais estruturas e reparos anatômicos são identificados: amígdala, hipocampo e ponto coróideo inferior. Os resultados são apresentados como distâncias ao longo do sulco limitante inferior da ínsula em relação ao ponto temporal do límen [Ilustração realizada por David Peace]

Em um segundo momento, os resultados das posições dos principais feixes de fibras encontrados no compartimento subcortical entre o SLI e o CTVL de cada um dos 14 hemisférios cerebrais estudados foram novamente analisados em conjunto, agora com a finalidade de se esclarecer a probabilidade de se encontrar cada um desses feixes de fibras sob cada ponto do SLI. Essa análise tem como objetivo encontrar a probabilidade de lesão de cada um desses feixes de fibras em uma incisão entre o SLI o CTVL, a qual é realizada no acesso trans-silviano para o CTVL, de acordo com o local em que essa incisão é realizada em relação ao PTL.

5.4.1 Fibras curtas de associação

As fibras curtas de associação são encontradas logo abaixo da superfície cortical do SLI, e representam a continuação da cápsula extrema em direção ao opérculo temporal. Em todos os espécimes estudados, essas fibras estavam presentes sob toda a extensão do SLI. Assim, uma incisão ou trajeto cirúrgico profundamente ao SLI, em qualquer ponto do SLI, irá levar ao encontro com parte dessas fibras (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Probabilidade de encontro de fibras curtas de associação no compartimento subcortical entre o SLI e o corno temporal do ventrículo lateral, ao longo da extensão do SLI. A posição ao longo da extensão do SLI foi mensurada a partir do ponto temporal do límen

Onde: SLI: Sulco limitante inferior da ínsula; PTL: Ponto temporal do límen.

5.4.2 Fascículo uncinado

As fibras mais anteriores do FU foram encontradas profundamente ao ponto mais anterior do SLI (PTL) em todos os espécimes estudados. O limite posterior das fibras desse fascículo foi encontrado entre 6,36 mm e 14,48 mm posterior do PTL, sendo que em 50% dos espécimes haviam fibras desse fascículo até 9,78 mm posterior ao PTL.

Como resultado, uma incisão ou trajeto cirúrgico profundamente ao SLI desde seu limite anterior (PTL) até 6,36 mm atrás irá ao encontro dessas fibras em

100% dos casos. Se essa incisão for realizada a partir de 9,78 mm atrás do PTL, fibras do FU serão encontradas em 50% dos casos; e se uma incisão for realizada a partir de 14,48 mm atrás do PTL, as fibras do FU não serão encontradas (Gráfico 2).

Gráfico 2 - Probabilidade de encontro de fibras do fascículo uncinado no compartimento subcortical entre o SLI e o corno temporal do ventrículo lateral, ao longo da extensão do SLI. A posição ao longo da extensão do SLI foi mensurada a partir do ponto temporal do límen

Onde: SLI: Sulco limitante inferior da ínsula; PTL: Ponto temporal do límen.

5.4.3 Fascículo fronto-occipital inferior

Os limites anterior e posterior das fibras do FFOI correspondem ao limite posterior do FU e ao limite anterior das FCC, respectivamente. Assim, não há um intervalo entre as fibras desses feixes, de forma que os limites anteriores e posterior desses feixes podem ser vistos como pontos de transição entre os mesmos.

As fibras mais anteriores do FFOI (ponto de transição entre o FU e o FFOI) foram encontradas entre 6,36 mm e 14,48 mm posterior ao PTL, sendo em 50% das vezes até 9,03 mm posterior ao PTL. E as fibras mais posteriores do FFOI (ponto de transição entre o FFOI e as FCC) foram encontradas entre 29,21 mm e 40,0 mm posterior ao PTL, sendo em 50% das vezes até 35,54 mm posterior ao PTL.

Como resultado, uma incisão ou trajeto cirúrgico profundamente ao SLI realizado em qualquer ponto entre 14,48 mm e 29,21 mm posterior ao PTL irá atravessar fibras do FFOI em 100% dos casos. Se a incisão for realizada mais anteriormente, isto é, a menos de 14,48 mm posterior ao PTL, a probabilidade de lesão de parte dessas fibras diminui progressivamente, chegando a 50% se feita até 9,03 mm posterior ao PTL e 0% se realizada a menos de 6,36 mm posterior ao PTL. De forma semelhante, se a incisão for realizada mais posteriormente, isto é, a partir de 29,21 mm posterior ao PTL, a probabilidade de lesão de parte dessas fibras diminui progressivamente, chegando a 50% se feita a partir de 35,54 mm posterior ao PTL e 0% se realizada a partir de 40,0 mm posterior ao PTL (Gráfico 3).

É importante destacar que as incisões mais anteriores diminuem a probabilidade de lesão das fibras do FFOI, mas aumentam na mesma medida a probabilidade de lesão das fibras do FU. E de forma semelhante, incisões mais posteriores diminuem a probabilidade de lesão das fibras do FFOI, mas aumentam na mesma medida a probabilidade de lesão das FCC.

Gráfico 3- Probabilidade de encontro de fibras do fascículo fronto-occipital inferior no compartimento subcortical entre o SLI e o corno temporal do ventrículo lateral, ao longo da extensão do SLI. A posição ao longo da extensão do SLI foi mensurada a partir do ponto temporal do límen

Onde: SLI: Sulco limitante inferior da ínsula; PTL: Ponto temporal do límen.

5.4.4 Fibras claustro-corticais

O limite mais anterior das FCC (ponto de transição entre o FFOI e FCC) foi encontrado entre 29,21 mm e 40,0 mm posterior ao PTL, sendo em 50% das vezes encontrado em até 35,26 mm posterior ao PTL. Posteriormente, as FCC se estendem até o limite posterior do SLI em todos os casos (100%).

Como resultado, uma incisão ou trajeto cirúrgico profundamente ao SLI realizado em qualquer ponto a partir de 40,0 m posterior ao SLI irá encontrar FCC em 100% dos casos. À medida que a incisão é realizada mais anteriormente, a probabilidade de lesão de parte das FCC diminui, chegando a 50% se feita até 35,26 mm posterior ao PTL e 0% se realizada a menos de 29,21 mm posterior ao PTL (Gráfico 4).

Gráfico 4 - Probabilidade de encontro de fibras claustro-corticais no compartimento subcortical entre o SLI e o corno temporal do ventrículo lateral, ao longo da extensão do SLI. A posição ao longo da extensão do SLI foi mensurada a partir do ponto temporal do límen

Onde: SLI: Sulco limitante inferior da ínsula; PTL: Ponto temporal do límen.

5.4.5 Comissura anterior

A posição das fibras que pertencem à CA quando passam na profundidade do SLI teve grande variabilidade entre os espécimes estudados. A limite anterior dessas fibras variaram entre 3,15 mm e 10,23 mm posterior ao PTL, sendo que em 50% dos casos esse limite estava a partir de 8,65 mm posterior ao PTL. O limite posterior das fibras da CA sob o SLI variou entre 12,09 mm e 34,56 mm posterior ao PTL, sendo que em 50% dos casos esse limite estava a até 21,15 mm posterior ao PTL.

Como resultado, uma incisão ou trajeto cirúrgico profundamente ao SLI realizado em qualquer ponto entre 10,23 mm e 12,09 mm irá atravessar fibras da CA em 100% dos casos. À medida que a incisão é realizada mais anteriormente que 10,23 mm atrás do PTL, a probabilidade de lesão de parte da CA diminui, chegando a 50% se feita até 8,65 mm posterior ao PTL e 0% se realizada a menos de 3,15 mm posterior ao PTL. De forma semelhante, à medida que a incisão é realizada mais posteriormente que 12,09 mm atrás do PTL, a probabilidade de lesão de parte da CA também diminui, chegando a 50% se feita 21,15 mm posterior ao PTL e 0% se realizada a partir de 34,56 mm posterior ao PTL (Gráfico 5).

Gráfico 5 - Probabilidade de encontro de fibras da comissura anterior no compartimento subcortical entre o SLI e o corno temporal do ventrículo lateral, ao longo da extensão do SLI. A posição ao longo da extensão do SLI foi mensurada a partir do ponto temporal do límen

Onde: SLI: Sulco limitante inferior da ínsula; PTL: Ponto temporal do límen.

5.4.6 Radiação óptica

As fibras mais anteriores da RO sob o SLI foram encontradas entre 6,01 mm e 17,74 mm posterior ao PTL, sendo em 50% das vezes até 9,93 mm posterior ao PTL. E as fibras mais posteriores da RO foram encontradas entre 28,72 mm e 39,05 mm posterior ao PTL, sendo em 50% das vezes até 35,19 mm posterior ao PTL.

Como resultado, uma incisão ou trajeto cirúrgico profundamente ao SLI realizado em qualquer ponto entre 17,74 mm e 28,72 mm posterior ao PTL irá atravessar fibras da RO em 100% dos casos. Se a incisão for realizada mais anteriormente, isto é, a menos de 17,74 mm posterior ao PTL, a probabilidade de lesão de parte dessas fibras diminui progressivamente, chegando a 50% se feita até 9,93 mm posterior ao PTL e 0% se realizada a menos de 6,01 mm posterior ao PTL. De forma semelhante, se a incisão for realizada mais posteriormente, isto é, a partir de 28,72 mm posterior ao PTL, a probabilidade de lesão de parte dessas fibras diminui progressivamente, chegando a 50% se feita a partir de 35,19 mm posterior ao PTL e 0% se realizada a partir de 39,05 mm posterior ao PTL (Gráfico 6).

Gráfico 6 - Probabilidade de encontro de fibras da radiação óptica no compartimento subcortical entre o SLI e o corno temporal do ventrículo lateral, ao longo da extensão do SLI. A posição ao longo da extensão do SLI foi mensurada a partir do ponto temporal do límen

Onde: SLI: Sulco limitante inferior da ínsula; PTL: Ponto temporal do límen.

5.4.7 Análise em conjunto dos principais feixes de fibras brancas na profundidade do SLI

Através da análise em conjunto da posição encontrada dos principais feixes de fibras sob o SLI em todos os espécimes, é possível inferir a probabilidade de uma incisão realizada no SLI em direção ao CTVL atravessar parte de cada um desses feixes de fibras brancas de acordo com o local onde essa incisão é feita ao longo do SLI.

De forma geral, incisões mais próximas do limite anterior do SLI (PTL) irão atravessar o FU. À medida que a incisão é realizada mais posteriormente, em direção ao ponto médio do SLI, o risco de atravessar fibras pertencentes ao FFOI, CA e RO aumenta, enquanto o risco de lesão de fibras do FU diminui. Mais posteriormente, à medida que uma incisão é realizada mais próxima ao limite posterior do SLI, o risco de atravessar FCC aumenta, enquanto o risco de lesão de fibras dos FFOI, CA e RO diminui.

Uma incisão realizada ao longo do SLI em direção ao CTVL com origem no PTL até 3,15 mm posterior a esse ponto, irá atravessar o FU e poupar as outras fibras. Se essa incisão se estender do PTL até 6 mm, ela irá atravessar o FU em todos os casos e também colocará em risco em alguns casos parte das fibras da CA, mas ainda irá salvaguardar a integridade dos outros feixes de fibras.

Caso a incisão se prolongue mais posteriormente, a partir de 6 mm atrás do PTL, a probabilidade de lesão de parte das fibras pertencentes ao FFOI, CA e RO aumenta progressivamente. Incisões que se estendam do PTL até 10 mm posteriormente irão atravessar parte fibras do FU e da CA em todos os casos, e parte das fibras do FFOI e RO em mais que 50% dos casos. Parte das FCC só seriam atravessadas por incisões que se prolonguem além de 29 mm posteriormente ao PTL, porém nessa situação parte de todos os outros feixes de fibras seriam lesados em todos os casos (Figura 49).

Onde: SLI: Sulco limitante inferior da ínsula; PTL: Ponto temporal do límen.

Figura 49 - Resumo da análise em conjunto dos principais feixes de fibras brancas na profundidade do SLI

6 DISCUSSÃO

6.1 Limites e Aplicações da Técnica de Dissecção de Klingler

A técnica de congelamento do espécime cerebral para estudo das fibras brancas, primeiramente descrito por Joseph Klingler (Ludwig e Klingler, 1956), é amplamente empregada na atualidade para se compreender a complexa organização dessas fibras. Essa técnica leva em consideração o fato de que, ao se embeber um espécime cerebral em água, as moléculas de água não penetram em fibras mielinizadas, mas permanecem entre elas. O posterior congelamento dessas moléculas, transformando a água em estado líquido para seu estado sólido com a formação de cristais de gelo, leva à separação dessas fibras pela expansão do volume da água em dez por cento. Para Peuskens *et al.* (2004), esse processo de formação de cristais de gelo leva ao rompimento de estruturas com alto conteúdo aquoso, como substância cinzenta e água entre as fibras no espaço subcortical, mas não altera as estruturas com alto conteúdo lipídico, como as fibras brancas mielinizadas.

Embora essa técnica seja de grande utilidade para a entendimento do arranjo tridimensional das fibras brancas subcorticais, apresenta limitações importantes, dentro quais pode-se mencionar: a intensa interdigitação das fibras brancas, a presença de fibras não mielinizadas e as variações individuais entre diferentes pessoas.

A disposição das fibras brancas subcorticais é descrita como um arranjo complexo e estratificado, descrito primeiramente por Marcello Malpighi (1628 - 1694) entre 1675-1679 como semelhantes a folhas onduladas, estratificadas em camadas

tridimensionais (Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a). Porém, as diversas direções das diferentes fibras levam ao seu íntimo imbricamento, tornado impossível a sua individualização em diversas regiões. A presença de bifurcações axonais, primeiramente descritas e denominadas de colaterais por Santiago Ramón y Cajal (1852 - 1934), também admite que o trajeto das fibras pode ser em diversas direções, tornando esse arranjo tridimensional ainda mais complexo.

A dificuldade na separação e individualização dos diversos feixes de fibras entre si é mencionada por diversos autores (Ebeling e Reulen, 1988; Ture *et al.*, 1997; Choi *et al.*, 2006; Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a; Parraga *et al.*, 2012). Embora esse método não possa garantir de forma confiável a diferenciação anatômica dos tratos entre si, ele tem mostrado achados consistentes entre os diferentes trabalhos na forma e localização aproximada dos principais feixes de fibras brancas. Assim, a mensuração dessas fibras não pode ser vista como algo exato, mas sim como um parâmetro de referência para a localização das mesmas.

Muita atenção tem sido dada na literatura para se encontrar com exatidão a localização da RO dentro do lobo temporal devido ao risco de sua lesão levar a déficits de campo visual. Sua localização em relação ao polo temporal, limite anterior da cavidade ventricular, cabeça do hipocampo e limite anterior do CGL foi amplamente estudado, mas sempre com variações significativas entre os estudos (Ebeling e Reulen, 1988; Peuskens *et al.*, 2004; Yasargil *et al.*, 2004; Rubino *et al.*, 2005; Choi *et al.*, 2006; Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a; Parraga *et al.*, 2012). Ture *et al.* (2000) relatam dificuldade na individualização do percurso da RO de forma acurada devido intenso entrelaçamento de suas fibras com o FU, FFOI, CA, pedúnculos talâmicos inferior e posterior, fibras temporopontinas e occipitopontinas.

Diferenças individuais, como o tamanho e a forma do crânio, também podem levar à variação no posicionamento dessas fibras dentro do lobo temporal. Yasargil *et al.* (2004) mencionam que alterações anormais da conformação cranianas, como dolicocefalias e braquicefalias, também devem ser consideradas.

Como comentado por Charles Haun, o grau de mielinização das fibras também deve ser considerado nessa técnica uma vez que fibras esparsamente mielinizadas não podem ser identificadas por esse método (Ture *et al.*, 1997).

No presente estudo, a dissecação das fibras foi feita de forma padronizada e os principais feixes de fibras brancas sob o SLI puderam ser identificados em todos os espécimes consistentemente. Porém, a dificuldade em reconhecer os limites de cada feixe com exatidão nos leva a considerar que os achados possam indicar um tamanho subestimado do tamanho dos mesmos. À medida que se progride a dissecação em direção ao centro do cada feixe, suas fibras se tornam mais próximas e reconhecidas com facilidade. Porém, as fibras localizadas na periferia de cada feixe de fibras são esparsas e podem ser ressecadas erroneamente antes do reconhecimento com confiança de cada feixe. Assim, os resultados do tamanho e limites de cada feixe encontrado no estudo podem ser apenas de sua porção central, não levando em consideração suas fibras periféricas mais esparsas. Por outro lado, ainda não se sabe com precisão o quanto de um feixe de fibras eloquente, como a RO, possa ser ressecado sem levar a um déficit funcional significativo.

A forma e disposição dos feixes de fibras encontrados em no presente estudo estão de acordo com a literatura (Ebeling e Reulen, 1988; Ture *et al.*, 1997; Peuskens *et al.*, 2004; Ture e Pamir, 2004; Rubino *et al.*, 2005; Choi *et al.*, 2006; Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a; Parraga *et al.*, 2012).

6.2 Anatomia e Funções Cerebrais

6.2.1 Superfície cortical

O SLI foi reconhecido em todos os espécimes estudados. Esse sulco foi localizado na margem inferior e posterior da ínsula, sendo recoberto lateralmente pela superfície opercular do lobo temporal e relacionado medialmente com a superfície da ínsula, local de acordo com a literatura.

O comprimento total desse sulco foi medido entre seus limites anterior e posterior, ou seja, do PTL ao PIP, respectivamente. O comprimento total encontrado no presente estudo foi 43,7 mm em média (variação de 38,5 mm a 50,1 mm, com desvio padrão de $\pm 3,6$ mm). Ture *et al.* (1999) relataram o SLI com um comprimento médio de 49,2 mm (variação de 42 mm a 61 mm), Tanriover *et al.* (2004) obtiveram um comprimento médio de 35,80 mm (variação de 30,64 mm a 45,80 mm), e Wang *et al.* (2008) notaram comprimento médio de 46,15 mm (variação de 42 mm a 52 mm).

Wang *et al.* (2008) também notaram a trajetória curva do SLI, nomeando de ponto posteroinferior da ínsula o local de curvatura de sua trajetória. Esse ponto corresponde ao CGL, e tem sua importância anatômica e cirúrgica por ser o local de origem da RO. Os autores relataram que esse ponto se encontra em média 32,95 mm (variação de 30 mm a 40 mm) posterior ao límen da ínsula. No presente estudo esse ponto foi encontrado a 29,2 mm (variação de 22,4 mm a 37,0 mm, com desvio padrão de $\pm 4,0$ mm) posteriormente ao PTL.

A superfície opercular do lobo temporal é caracterizada anteriormente pelos giros e sulcos de Schwalbe e posteriormente por dois a três giros temporais transversos. Essa configuração foi encontrada nesse estudo e se encontra de acordo

com a literatura (Ture *et al.*, 1999; Wen *et al.*, 1999; Ribas, 2010). Não há relatos sobre a função cerebral relacionado à superfície cortical dos giros de Schwalbe, mas a área auditiva primária se encontra localizada na superfície cortical do giro temporal transversal anterior (giro de Heschl). Porém, lesões circunscritas na área auditiva primária em um único hemisfério não levam a repercussões clínicas porque a representação da audição é bilateral.

Marek-Marsel Mesulam e Elliott Mufson reconheceram três zonas na superfície da ínsula dispostas de forma concêntrica: uma zona agranular rostroventral, uma zona disgranular intermediária e uma zona granular caudodorsal (Figura 50). A zona intermediária é denominada disgranular porque as células granulares das camadas II e IV são bastante escassas e não exibem uma diferenciação laminar completa. Todas essas zonas estão presentes no SLI, dispostas de anterior para posterior na mesma ordem. O córtex insular é relacionado com funções olfativa, gustativa, viscero-sensorial, viscero-motor, somatossensorial e vestibular, recebe aferências da porção dorsal do tálamo e está ligado com a amígdala e um grande número de áreas corticais. A superfície cortical relacionada à parte mais anterior do SLI está relacionada com a área olfatória primária, e logo atrás foi encontrado o córtex límbico insular, o qual é conectado com outras áreas corticais límbicas, como os córtices entorrinal, peri-rinal, temporopolar, orbitofrontal posterior e do cíngulo, e com o complexo amigdalóide (Nieuwenhuys *et al.*, 2008).

Onde: AA: zona anterior agranular; AI, AII: áreas auditivas primária e secundárias; CIAS: córtex insular de associação somática; CINT: córtex insular nociceptivo e termoreceptivo; CIVS: córtex insular viscero-sensorial; CLI: o córtex límbico insular; COI: córtex olfatório primário; CVPI: córtex vestibular parieto-insular; GI, II: áreas gustativas primárias e secundárias; PA: córtex pós-auditivo; PTS: plano temporal superior; PV: área ventral parietal; RI: córtex retro-insular; SII: área somatossensorial secundária; TP: córtex temporopolar. Os números 6, 11, 12 e 13 correspondem às respectivas áreas de Brodmann.

Figura 50 - A ínsula do macaco rhesus. **A:** reconstrução das zonas da ínsula, com os três tipos de córtex insular, agranular, disgranular e granular são indicados com diferentes tons de vermelho. A linha cinza ao redor representa o sulco circular da ínsula, estando pontilhado em azul sua parte correspondente ao sulco limitante inferior. **B:** As posições aproximadas das áreas funcionais na ínsula e o curso de algumas conexões de fibras brancas. As áreas sensoriais primárias estão sombreadas [Adaptado de: Nieuwenhuys *et al.* (2008)]

O córtex da ínsula do lado dominante parece estar envolvido no planejamento e articulação da fala e exames de ressonância nuclear magnética funcional podem mostrar ativação do córtex insular anterior no hemisfério dominante durante tarefas de linguagem. A ressecção da ínsula do lado direito pode levar a hemiparesia provavelmente porque esta região é uma área motora não-primária, e a remoção do ínsula dominante esquerda pode adicionalmente levar a perturbações transitórias da fala, mas é relatado que esses pacientes costumam se recuperar depois, exceto em raros casos de acidente vascular cerebral profundo devido a algum dano às artérias lenticulo-estriadas (Duffau, 2011).

6.2.2 Substância branca subcortical

Marek-Marsel Mesulam (1945 -) introduziu o conceito de redes funcionais de grande escala para explicar o funcionamento cerebral. Com base neste modelo de processamento neuronal, as funções cognitivas são o resultado da interação colaborativa de várias redes interconectadas que estão amplamente distribuídas no cérebro (Mesulam, 1990). Estas redes também incluem regiões centrais que servem como centrais que integram diferentes funções, e lesões que afetem essas centrais podem levar ao desligamento dessas redes, interrompendo suas funções.

Assim, com esse modelo conectivista do funcionamento cerebral, não é suficiente saber a localização e funcionamento normal dos corpos neuronais dispostos na superfície cortical do cérebro, mas também localização e funcionamento de suas conexões através seus prolongamentos axonais, que formam as fibras brancas subcorticais (De Benedictis e Duffau, 2011). A secção dos diferentes feixes de fibras brancas pode resultar em déficits neurológicos mais duradouros do que a lesão ao

córtex cerebral (Duffau, 2006). Assim o entendimento da organização anatomofuncional cortical e subcortical do cérebro é de grande importância para o neurocirurgião.

Fibras que interconectam os giros adjacentes e os opérculos entre si, também chamadas de fibras arqueadas ou em “U”, são encontradas imediatamente sob a superfície cortical da ínsula. Na região da ínsula, essas fibras constituem a cápsula extrema e se continuam sob o SLI em direção ao opérculo temporal. Outros autores encontraram a mesma disposição dessas fibras (Ture *et al.*, 1999 e 2000; Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a; Wang *et al.*, 2008), porém não há relatos na literatura acerca da função cerebral ou da relação da lesão dessas fibras com déficits neurológicos.

O fascículo uncinado foi encontrado sob a porção mais anterior do SLI, em seu trajeto imediatamente posterior ao límen da ínsula. Sua trajetória foi encontrada com origem nas regiões fronto-orbitária e inferolateral do lobo frontal, sob a parte anteroinferior da ínsula, e terminando em direção ao polo temporal. A trajetória e disposição encontrada de suas fibras também estão de acordo com a literatura (Ture *et al.*, 1999 e 2000; Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a; Wang *et al.*, 2008).

O fascículo fronto-occipital inferior foi encontrado imediatamente superior e posterior ao FU, se originando no giro frontal inferior, ocupando a parte anterior da ínsula imediatamente superior ao FU, e se continuando para a parte posterior dos lobos temporal, parietal e occipital. Ture *et al.* (2000) descreve esse feixe como conectando os lobos frontal e occipitais, e sendo localizado imediatamente acima do FU. Fernandez-Miranda *et al.* (2008a) refere esse feixe como disposto dorsal e superior ao FU e com fibras conectando regiões pré-centrais a regiões têmporo-occipitais.

O curso do FU sob o SLI começa no PTL e continua até o ponto de transição entre os fascículos uncinado/fronto-occipital inferior localizado nesse estudo em média 10,0 mm posterior ao PTL (variação de 6,4 mm a 14,5 mm, e com desvio padrão de ± 2.2 mm. Martino *et al.* (2010a), em um estudo anatômico com 10 hemisférios cerebrais, encontrou achados semelhantes, relatando essa distância com média de 10,9 mm (variação de 8 mm a 15 mm).

Os modelos teóricos sobre organização anatomofuncional da linguagem têm mudado ao longo tempo. O modelo clássico, muitas vezes chamado de modelo de Broca-Wernicke-Geschwind, representado pelo diagrama icônico do fascículo arqueado ligando a região temporal superior e posterior ("área de Wernicke") envolvidos na compreensão da linguagem com a parte posterior do giro frontal inferior ("área de Broca") envolvido na expressão da linguagem, foi baseado em estudos do século XIX. Estudos recentes questionam esse modelo e imagens recentes de ressonância magnética do cérebro dos famosos pacientes Leborgne e Lelong revelaram que tinham extensas lesões envolvendo também a ínsula e substância branca peri-silvianas associadas (Dronkers *et al.*, 2007), mostrando que suas dificuldades para falar não necessariamente decorriam de lesões circunscritas à "área de Broca".

Atualmente, é aceito um modelo que contempla a existência de duas vias de linguagem: uma via semântica ventral, ligando os córtices frontal inferior e pré-frontal dorsolateral com regiões temporais posteriores; e uma via fonológica dorsal, ligando córtices frontal inferior e pré-motor ventral com o giro supramarginal e córtex temporal posterior (Duffau *et al.*, 2005) (Figura 51).

Figura 51 - Esquema das vias subcorticais de linguagem [Adaptação a partir de: Duffau (2011)]

Alguns estudos sugerem que o FU esteja envolvido na habilidade de nomeação em determinadas categorias, como objetos, ações ou rostos famosos, e memória (Lu *et al.*, 2002; Glosser *et al.*, 2003). Porém, um estudo onde houve a ressecção do FU no hemisfério dominante em 13 pacientes com gliomas de baixo

grau sem levar a prejuízo funcional aos pacientes levanta dúvida sobre a essencialidade desse fascículo para o processamento da linguagem. Duffau *et al.* (2009) sugerem que via semântica da linguagem seria constituída por pelo menos duas vias: uma via direta, que conecta as regiões temporais posteriores à região orbitofrontal, representada pelo FFOI e essencial para o processamento semântico da linguagem porque quando estimulada eletricamente em cirurgias faz o paciente produzir parafasias semânticas; e uma via indireta, relacionada ao FLI, que conecta áreas occipitais e temporais posteriores ao polo temporal, e em seguida do FU que conecta o polo temporal à região orbitofrontal. Como essa via indireta relacionada ao FU não provoca alterações de linguagem quando estimulada eletricamente durante uma cirurgia ou mesmo lesada durante uma cirurgia, é proposto que ela não é sistematicamente indispensável.

A via dorsal da linguagem, relacionada à construção fonológica da linguagem, é representada pelo FLI e conecta o opérculo frontal às regiões temporais superiores. Essa via também é constituída por dois circuitos: um circuito direto, onde a porção mais profunda do fascículo longitudinal superior (também chamada de fascículo arqueado) conecta essas regiões; e um circuito indireto formado pela parte anterior da porção mais superficial do FLI conectando o opérculo frontal ao giro supramarginal e depois a parte posterior da porção mais superficial do FLI conectando o giro supramarginal às regiões temporais superiores. Essa via não foi encontrada profundamente do SLI no presente estudo.

Uma terceira via, chamada de via articulatória da linguagem, também é sugerida como responsável pela articulação dos movimentos necessários para fonação (Duffau *et al.*, 2003) . Essa via é descrita com epicentros localizados nos

córtices do giro frontal inferior (“área de Broca”) e do giro supramarginal, conectados por fibras brancas de associação encontradas em uma profundidade subcortical mais superficial no opérculo frontoparietal. Essa via também não foi encontrada profundamente do SLI nesse estudo.

O fascículo longitudinal médio não foi encontrado durante a dissecação dos espécimes do presente estudo. Esse feixe, descrito como uma via que liga o giro angular ao polo temporal e localizado na profundidade do sulco temporal superior, pode estar relacionado à linguagem porém sua estimulação elétrica durante cirurgias e sua ressecção não leva a déficits neurológicos (De Witt Hamer *et al.*, 2011).

Fernandez-Miranda *et al.* (2008b) estudaram o *claustrum* e suas projeções em um estudo anatômico com 15 hemisférios cerebrais. Embora não tenham relatado a posição exata das FCC, uma análise de suas imagens sugere que estejam localizadas em posição semelhante ao presente estudo. Nos espécimes utilizados neste trabalho, o limite anterior dessas fibras sob o SLI, marcado como o ponto de transição entre fibras do fascículo fronto-occipital inferior/fibras claustro-corticais, foi encontrado em média 35,5 mm posterior ao PTL (variação de 29,2 mm a 40,0 mm e desvio padrão de $\pm 2,7$ mm), e ocupando todo o restante do SLI posterior a esse ponto e também sob parte do sulco limitante superior da ínsula. Assim, esse ponto de transição entre fibras do fascículo fronto-occipital inferior/fibras claustro-corticais fica aproximadamente 6,3 mm posterior ao ponto posteroinferior da ínsula, isto é, o local de curvatura do SLI que corresponde ao CGL.

O *claustrum* tem inúmeras conexões corticais originárias de regiões relacionadas a diversas funções cerebrais, e por isso é aceita a hipótese de que seria uma importante região de integração. Na literatura, há relatos que lesões vasculares

unilaterais da porção central do *claustrum* podem levar a ausência de resposta no exame de potencial evocado cortical sômato-sensorial, ficando ausentes contralateralmente ao lado da lesão e ipsilateralmente ao nervo estimulado (Morys *et al.*, 1988), e que lesões bilaterais circunscritas ao *claustrum* e à cápsula externa estão relacionadas ao desenvolvimento de uma encefalopatia grave com distúrbio de consciência, convulsões, e sintomas psicóticos (Kimura *et al.*, 1994). Por outro lado, Duffau *et al.* (2007) relataram que ressecções unilaterais do *claustrum* em pacientes com gliomas cerebrais não leva a déficits sensoriais, motores ou cognitivos permanentes, possivelmente pela sua função ser compensada por outras regiões.

A comissura anterior é formada por fibras que conectam ambos hemisférios e pode ser subdividida em duas partes. Sua extensão ventral se dirige anteriormente e liga ambos sistemas olfativos, criando uma verdadeira comissura olfativa (Peltier *et al.*, 2011). Sua extensão lateral se abre sobre o lobo temporal, com suas fibras assumindo a forma de um leque, em direção aos giros temporais médios e inferiores (Ture *et al.*, 2000; Peltier *et al.*, 2011). No presente estudo, as fibras que compõem a extensão lateral da CA foram identificadas sob o SLI com seu limite anterior a 8,4 mm em média (variação de 3,2 mm a 10,2 mm, e desvio padrão de $\pm 1,8$ mm) posterior ao PTL, e seu limite posterior a 22,0 mm em média (variação de 12,1 mm a 34,6 mm, e desvio padrão de $\pm 6,8$ mm) posterior ao PTL.

A CA é responsável por transferir informações visuais, auditórias e gustativas, interconectando regiões que não recebem fibras do corpo caloso (Peltier *et al.*, 2011). Em animais com um corpo caloso rudimentar ou ausente, como os cangurus, a CA é a única comissura telencefálica e é responsável por interconectar todas as regiões corticais de ambos hemisférios, com exceção de estruturas límbicas.

Por outro lado, sua importância funcional nos humanos é pequena, uma vez que seu sistema de fibras comissurais mais importante é o corpo caloso. Em macacos e humanos, a CA contém 3,5 milhões de fibras, porém o corpo caloso em macacos tem 45 milhões de fibras enquanto em humanos tem 150 a 200 milhões de fibras (Peltier *et al.*, 2011). Não foram encontrados na literatura estudos que sugiram déficits neurológicos relacionados com lesões da CA.

A cápsula interna é um grande contingente de fibras de projeção localizado em um espaço entre o núcleo lentiforme lateralmente e o núcleo caudado e tálamo medialmente. As fibras da cápsula interna se continuam em direção aos lobos cerebrais, passando sob os sulcos limitantes da ínsula e além do limite externo do núcleo lentiforme, recebendo o nome de *corona radiata*. As fibras que foram encontradas profundamente ao SLI pertencem à porção sublentiforme na parte mais anterior do SLI, e à porção retrolentiforme na parte mais posterior do SLI. Dentre as fibras que compõem essas porções da cápsula interna, destacam-se o pedúnculo posterior da radiação talâmica, fibras córtico-ponto-cerebelares, RO e radiação auditiva. Essas fibras se encontram intimamente entremeadas, e nesse estudo foi possível identificar entre elas as fibras que formam a RO porque essas se projetam para a fissura calcarina.

A maioria dos estudos na literatura tiveram como objetivo examinar o percurso dessas fibras dentro do lobo temporal, e não descrevem sua posição sob o SLI (Ebeling e Reulen, 1988; Ture *et al.*, 1999; Peuskens *et al.*, 2004; Rubino *et al.*, 2005; Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a; Parraga *et al.*, 2012). Choi *et al.* (2006) examinaram o acesso trans-silviano transinsular através do SLI para o CTVL e reportaram que incisões feitas até 5 mm posteriores ao límen da ínsula não lesam fibras da RO, e que incisões mais posteriores tem que ser direcionadas mais

medialmente para salvaguardar as mesmas. No presente estudo, o limite anterior da RO sob o SLI foi encontrado em média 10,6 mm posterior ao PTL (variação de 6,0 mm a 17,7 mm, e desvio padrão de $\pm 3,4$ mm), uma posição mais posterior que Choi *et al.* (2006). O limite posterior dessas fibras estava em média 34,5 mm posterior ao PTL (variação de 28,7 mm a 39 mm, e desvio padrão de $\pm 3,5$ mm).

A radiação auditiva é descrita como se originando do corpo geniculado medial e se dirigindo ao giro temporal transversal anterior (giro de Heschl), com trajeto superior ao átrio e CTVL (Parraga *et al.*, 2012) e sobre as fibras do FFOI (Martino *et al.*, 2010b). No presente trabalho, essas fibras não puderam ser identificadas entre as fibras da cápsula interna, mas sugere-se que estariam sob o SLI em proximidade ao seu ponto posteroinferior (local de curvatura do SLI). A via da audição se inicia na cóclea e diversas fibras decussam no corpo trapezoide localizado no tronco cerebral, como consequência lesões unilaterais subcorticais acima desse nível ou corticais não levam à perda da audição. Não foram encontrados relatos na literatura de déficits auditivos após lesão unilateral da radiação auditiva.

6.2.3 Amígdala

A amígdala foi encontrada imediatamente sob o PTL, com seu limite anterior em média 4,3 mm anterior ao PTL (variação de 2,0 mm a 7,1 mm, e desvio padrão de $\pm 1,5$ mm) e seu limite posterior em média 9,3 mm posterior ao PTL (variação 5,5 mm a 14,4 mm, e desvio padrão de $\pm 2,6$ mm). As vias amígdalo-fugais ventrais, constituídas por fibras amígdalo-septais, amígdalo-hipotalâmicas e amígdalo-talâmicas, são fibras que se projetam a partir da amígdala e se encontram imediatamente mediais ao plano que conecta o SLI ao CTVL.

Na literatura, é encontrada a descrição clássica que a amígdala está localizada na metade anterior do *uncus* (Rhoton Jr., 2007), e pode ser encontrada imediatamente abaixo da parte mais anterior do SLI. A técnica de amígdalo-hipocampectomia proposta por Yasargil *et al.* (2010) consiste na realização de uma incisão de até 20mm lateral a artéria cerebral média, na parte mais anterior da SLI, e leva diretamente à exposição da amígdala. Variações do acesso trans-silviano transinsular para ressecção da amígdala, como o acesso trans-silviano transcisternal (Vajkoczy *et al.*, 1998) e o acesso anteromedial (Coppens *et al.*, 2005), são feitos inferiores e mediais ao SLI mas também descrevem a identificação da amígdala nesse topografia.

A ressecção da amígdala é um dos objetivos da cirurgia de amígdalo-hipocampectomia, e diversos estudos na literatura não relacionam sua ressecção unilateral com déficits neurológicos (Wieser e Yasargil, 1982; Yasargil *et al.*, 1985; Vajkoczy *et al.*, 1998; Yasargil *et al.*, 2004). A estimulação da amígdala em animais leva a comportamentos de fuga ou defesa, e em pacientes operados acordados gera sentimentos de medo e ansiedade. Lesões bilaterais em macacos levam a alterações comportamentais descritas como uma “cegueira psíquica” e conhecidas em conjunto como síndrome de Klüver-Bucy, onde há hipersexualidade, perda do medo, e da capacidade de reconhecer emoções em outros indivíduos, como faces de medo (Nieuwenhuys *et al.*, 2008).

6.3 Considerações sobre os Acessos Cirúrgicos ao CTVL

Os acessos cirúrgicos ao CTVL podem ser divididos de acordo com a superfície temporal que é transgredida na trajetória cirúrgica. Sincoff *et al.* (2004) agruparam estes acessos em três categorias: lateral, inferior e trans-silviano. No presente estudo, foram analisadas as estruturas cerebrais localizadas no plano que conecta o SLI ao CTVL, o qual é relacionado aos acessos trans-silvianos.

Mahmut Gazi Yasargil desenvolveu sua técnica de acesso trans-silviano anterior através de uma craniotomia pterional em 1967, e em 1973 ampliou esse acesso para aplicá-lo para amígdalo-hipocampectomia seletiva em pacientes com epilepsia do lobo temporal medial refratários através da realização de uma incisão diretamente superior à amígdala (Wieser e Yasargil, 1982; Yasargil *et al.*, 2010). Em sua descrição do acesso trans-silviano transinsular, primeiramente a superfície da ínsula é exposta após a dissecação da cisterna silviana e identifica-se a artéria cerebral média e o SLI. Uma incisão de 15 mm a 20 mm é realizada lateralmente à artéria cerebral média, entre as origens dos ramos arteriais temporal polar e temporal anterior, já podendo ser vista a superfície superior da amígdala. A amígdala é encontrada logo abaixo da PTL, e acessos para a amígdala e o hipocampo podem ser feito através de pequenas incisões dirigidas medialmente através da amígdala sem extensão mais posterior no SLI. Depois da remoção da amígdala, o CTVL é aberto, a cabeça do hipocampo é exposta, e o ponto coroideo inferior da fissura coroideia, onde a artéria coroideia anterior entra no corno temporal, pode ser encontrado.

Choi *et al.* (2006), em um estudo de 10 espécimes anatômicos, analisaram a relação das fibras da RO nesse acesso para o CTVL. Foi demonstrado que uma incisão linear dirigida inferiormente a partir do límen da ínsula de 5 mm no SLI

consegue evitar as radiações ópticas. Por outro lado, incisões maiores e dirigidas inferiormente atravessam as fibras das radiações ópticas. Incisões de 10 mm de comprimento a partir do límen podem evitar a lesão dessas fibras se sua orientação for direcionada para baixo e medialmente entre 7 graus e 25 graus em relação ao plano sagital, e incisões de 15 mm a 20 mm a partir do límen e ao longo do SLI teriam que ser dirigidas entre 10 graus e 80 graus para baixo e medialmente, porém advertem que se esse ângulo for estimado incorretamente pode-se levar à lesão do trato óptico ou da parte inferior do núcleo lentiforme. Uma incisão de 25 mm de comprimento a partir do límen ao longo SLI sempre atravessaram as radiações ópticas, mesmo se anguladas medialmente. Nesse estudo, o CGL foi encontrado a 25mm atrás do límen da ínsula, em concordância com o presente estudo que o localizou a 29,2 mm (variação de 22,4 mm a 37,0 mm, com desvio padrão ± 4.0 mm).

Campero *et al.* (2006) destacaram que o trajeto cirúrgico no SLI deve ser direcionado 45 graus medialmente em relação ao plano sagital para se acessar o CTVL, e que a distância média entre o SLI e o teto do CTVL é de 9,3 mm ao nível do ápice do *uncus* e de 8,2 mm ao nível do ponto de coroideo inferior. Também ressaltam que uma alternativa com menor potencial de risco de lesar as fibras da RO no teto do corno temporal, é realizar essa incisão medialmente ao límen da ínsula.

Martino *et al.* (2010b), em um estudo anatômico de dissecação de fibras brancas com 10 hemisférios cerebrais, identificaram que o ponto de transição entre as fibras do FU e as fibras do FFOI ao longo do SLI estava em média 10,9 mm (variação de 8 mm a 15 mm) posterior ao límen, recomendando que as incisões ao longo do SLI devem ser menores que 8mm para evitar a lesão das fibras do FFOI. Também ressaltam que esse

ponto de transição se encontra entre o terço anterior e médio do tronco temporal, visto nesse artigo como se estendendo entre o límen da ínsula do CGL. Esses achados são semelhantes aos resultados do presente estudo, onde esse ponto de transição foi encontrado em média 10,0 mm posterior ao PTL (variação de 6,4 mm a 14,5 mm, e desvio padrão de $\pm 2,2$ mm) e o a distância entre o PTL e o CGL foi 29,2 mm em média (variação de 22,4 mm a 37,0 mm, e desvio padrão de $\pm 4,0$ mm).

Com base nos resultados desse estudo e de outros autores, tais como Rubino *et al.* (2005) e Choi *et al.* (2006), o comprimento da incisão descrita por Wieser e Yasargil, em 1982, iria atravessar a parte anterior das RO, que constitui a alça de Meyer. O fato que um grupo de 173 pacientes submetidos a amígdalo-hipocampectomia para tratamento de epilepsia do lobo temporal medial usando esta técnica continha apenas dois pacientes com déficit visual, sendo os dois relatados com hematomas pós-operatório (Yasargil *et al.*, 2004), levantou a questão se os resultados deste que demonstram fibras da alça de Meyer já a 6 mm posteriormente ao límen da ínsula estariam corretos. Este detalhe pode ser esclarecido pelos comentários de Abdulrauf e Yasargil, feitos em 2008, em um artigo sobre a alça de Meyer (Yeni *et al.*, 2008). Os autores destacaram que a incisão feita no tronco temporal descrita por Wieser e Yasargil, em 1982 começa ao nível da ínsula límen e se dirige de "distal para proximal" (e não para trás, como incorretamente mencionado por Wieser e Yasargil, em 1982) em um comprimento de 10 mm a 15 mm ao longo da região cortical da amígdala, e que o acesso foi "imprecisamente descrito como trans-silviano transinsular por alguns colegas", mas que na verdade era "transinsular transamigdaliano". Assim, o acesso descrito por Wieser e Yasargil (1982) não se estendia para trás, mas é dirigido proximalmente através da amígdala e assim é transinsular transamigdaliano, preservando-se a fibras da radiação óptica.

Yeni *et al.* (2008) relatam em seu estudo que uma incisão a partir do início do límen da ínsula e estendendo-se 15 mm a 20 mm para trás ao longo do SLI resultou em déficits de campo visual em 36,6% dos pacientes. Por outro lado, a incisão de Wieser e Yasargil, como esclarecido mais tarde, que se estende através da superfície cortical da amígdala e não ao longo do SLI, não foi associada com déficits visuais (Wieser e Yasargil, 1982). O fato de que os pacientes operados na série relatada por Yeni *et al.* (2008) não tinham déficits de campo visual em sua totalidade parece sugerir que a localização das fibras da RO pode variar entre as diferentes pessoas, ou que parte do feixe anterior dessas fibras possa ser ressecada sem causar necessariamente déficits de campo visual significativos.

Variações do acesso trans-silviano transinsular para ressecção da amígdala, como o acesso trans-silviano transcisternal (Vajkoczy *et al.*, 1998) e o acesso anteromedial (Coppens *et al.*, 2005), também foram propostos e podem ser diferenciados de acordo com a trajetória da cirurgia e consequentemente com o risco de lesar as fibras brancas subcorticais dessa região.

No acesso proposto por Yasargil, toda a cirurgia é feita por uma corticectomia pequena e a amígdalo-hipocampectomia é feita de lateral para medial. O acesso trans-silviano transcisternal, proposto por Vajkoczy *et al.* (1998), consiste na abertura das cisternas silviana e ambiente para realizar a amígdalo-hipocampectomia de medial para lateral. Por outro lado, o acesso anteromedial, descrito por Coppens *et al.* (2005), envolve a exposição da parte mais anterior do *uncus* e realização de corticectomia sobre sua superfície, levando a ressecção da amígdala em uma trajetória mais horizontal, sendo mais medial e inferior que o acesso proposto por Yasargil.

Embora não se tenha encontrado na literatura um estudo direcionado com o objetivo de estudar as fibras brancas subcorticais na trajetória do acesso transsilviano transcisternal, acredita-se que seja uma opção segura para preservação das fibras que estão sob o SLI. Coppens *et al.* (2005), em seu trabalho na descrição do acesso anteromedial para amígdalo-hipocampectomia realizou dissecação anatômicas com a técnica de Klingler e concluiu que sua técnica é segura para as fibras brancas estudadas. As fibras brancas subcorticais identificadas sob o SLI se continuam no lobo temporal formando o teto e a parede lateral do CTVL. Assim, acessos com trajetórias mais mediais ao CTVL, que evitam a necessidade de incisões sobre o SLI, são provavelmente mais seguros para as fibras analisadas no presente estudo.

Embora os acessos ao CTVL através das superfícies lateral e inferior do lobo temporal não tenha sido objetivo do presente trabalho, algumas considerações qualitativas podem ser feitas.

As fibras que estão localizadas profundamente ao SLI se continuam no lobo temporal, e seus trajetos puderam ser acompanhados pela técnica de dissecação de fibras. Essas fibras ocupam uma posição superior e lateral ao CTVL, estando ausentes inferiormente a essa cavidade ventricular. Esses achados, de acordo com a literatura, indicam que acessos ao CTVL através das superfícies lateral do lobo temporal encontrarão essas fibras em suas trajetórias (Ebeling e Reulen, 1988; Peuskens *et al.*, 2004; Sincoff *et al.*, 2004; Rubino *et al.*, 2005; Fernandez-Miranda *et al.*, 2008a; Parraga *et al.*, 2012). À medida que o acesso se torna mais inferior, como através do giro temporal inferior (Heros, 1982; Vale *et al.*, 2013; Shimizu *et al.*, 1989), o risco de lesão e o número de fibras dos principais feixes de fibras estudados no trajeto até o CTVL ficam menores, achado também notado por Sincoff

et al. (2004), sugerindo que são mais seguros que acessos através dos giros temporais superior (Olivier, 1997; Wyler, 2000; Wen *et al.*, 2006 e 2009) e médio (Niemeyer, 1958; Neimeyer, 1973; Olivier, 1997; Wheatley, 2008).

Os acessos cirúrgicos ao CTVL pela superfície inferior do lobo temporal têm pequena chance de lesão dos principais feixes de fibras estudos porque eles estão ausentes abaixo dessa cavidade ventricular. Por outro lado, o FLI se encontra dentro do giro fusiforme. Esses acessos podem ser realizados através dos giros fusiforme, parahipocampal ou da superfície inferior do giro temporal inferior (Shimizu *et al.*, 1989; Hori *et al.*, 1993; Smith e Spetzler, 1995; Park *et al.*, 1996; Ture e Pamir, 2004; de Oliveira *et al.*, 2012a; Ture *et al.*, 2012).

7 CONCLUSÕES

- Os principais feixes de fibras identificados profundamente ao SLI, em um plano que conecta do SLI ao CTVL, foram: fibras curtas de associação, fascículo uncinado, fascículo fronto-occipital inferior, fibras claustró-corticais, extensão lateral da comissura anterior e fibras da cápsula interna.

- Os principais feixes de fibras identificados profundamente ao SLI formam um arranjo multilaminar que pode ser dividido de acordo com a profundidade em que são encontrados. Eles podem ser agrupados em uma camada subcortical mais superficial formada pelas fibras curtas de associação da cápsula extrema que se continuam em direção aos opérculos; uma camada intermediária formada pelo fascículo uncinado, fascículo fronto-occipital inferior e fibras claustró-corticais organizados em disposição anteroposterior sequencial e com a extensão lateral da comissura anterior logo abaixo; e uma camada profunda formada pelas fibras da cápsula interna/*corona radiata*.

- O fascículo uncinado é encontrado aproximadamente sob o terço anterior do segmento anterior do SLI (entre PTL e CGL), enquanto fascículo fronto-occipital inferior e as fibras da radiação óptica são encontrados sob os dois terços posteriores deste segmento.

Anexo A - Aprovação ética - Parecer do laboratório da Universidade da Flórida (original)

College of Medicine
Department of Neurological Surgery

PO Box 100265
Gainesville, FL 32610-0265
Telephone: (352) 273-9000
Fax: (352) 392-8413
www.neurosurgery.ufl.edu

June 9th, 2014

Eduardo Santamaria Carvalho Ribas
Rua Prof. Eduardo Monteiro, 567
São Paulo - SP
Brazil
05614-120

Dear Dr. Ribas:

Your research as a Post-Doctoral Associate in our microsurgical neurosurgery laboratory in the Department of Neurological Surgery at the University of Florida from June 2012 – June 2013 was outstanding. Your project entitled, “Microsurgical anatomy of the inferior limiting insular sulcus and the temporal stem”, using seven human cadaveric brains, met all of the ethical and professional standards established by the University of Florida, College of Medicine, the State of Florida Anatomic Board and all of the peer-reviewed medical journals. It was original research formulated and completed by you. Your work was excellent and met the highest standards for medical research.

Sincerely,

A handwritten signature in black ink, reading 'Albert L. Rhoton Jr.'.

Albert L. Rhoton, Jr., M.D.
R.D. Keene Family Professor and Chairman Emeritus

ALR/jls

The Foundation for The Gator Nation
An Equal Opportunity Institution

Anexo B - Aprovação ética - Parecer do laboratório da Universidade da Flórida (versão traduzida em língua portuguesa)

LÚCIA HELENA DE SENA FRANÇA

Tradutora Pública e Intérprete Comercial do Idioma Inglês
Matriculada na JUCESP sob nº 330 desde 1980

RG 5.789.907 SSP-SP - CPF/MF 422.503.318-04 - CCM 8.417.944-9 - INSS 1103954387-6
Av. Paulista, 807 - 9º andar - Cj. 914 - Cerqueira César - São Paulo - SP - CEP 01311-915 - Brasil - Fone: (11) 3288-5902 - Fone/Fax: (11) 3288-1271

Tradução/Versão No. 28.213 Livro No. 276 Fis. 6 Data: 11/6/2014

Certifico e dou fé, para os devidos fins, que nesta data me foi apresentado um documento no idioma Inglês, com a seguinte identificação--**CARTA DATADA DE 9 DE JUNHO DE 2014**--o qual traduzo para o vernáculo no seguinte teor:

(papel timbrado)
UF – University of Florida
(Universidade da Flórida)

Faculdade de Medicina
Departamento de Cirurgia Neurológica

PO Box 100265
Gainesville, FL 32610-0265
Tel.: (352) 273-9000
Fax: (352) 392-8413
www.neurosurgery.ufl.edu

A Fundação para a *The Gator Nation* (A Nação dos Crocodilos)
Uma Instituição de Oportunidades Igualitárias

9 de junho de 2014

Eduardo Santamaria Carvalho Ribas
Rua Prof. Eduardo Monteiro, 567
São Paulo – SP
Brasil
05614-120

Prezado Dr. Ribas:

A sua pesquisa como Membro Associado do Programa de Pós-Doutorado em nosso laboratório de microneurocirurgia, no Departamento de Cirurgia Neurológica da University of Florida, durante o período compreendido entre junho de 2012 e junho de 2013, foi excelente. Seu projeto intitulado "Anatomia microcirúrgica do sulco limitante inferior da insula e do tronco temporal", usando sete cérebros de cadáveres humanos, atendeu todos os padrões éticos e profissionais estabelecidos pela Faculdade de Medicina da University of Florida, pelo Conselho de Anatomia do Estado da Flórida e por todos os periódicos médicos revisados pelos pares. Você desenvolveu e concluiu uma pesquisa original. Seu trabalho foi excelente e atendeu os mais elevados dos padrões de pesquisa médica.

LÚCIA HELENA DE SENA FRANÇA

Tradutora Pública e Intérprete Comercial do Idioma Inglês
Matriculada na JUCESP sob nº 330 desde 1960

RG 5.789.907 SSP-SP - CPF/MF 422.503.318-04 - CCM 8.417.944-9 - INSS 1103954387-6
Av. Paulista, 807 - 9º andar - Cj. 914 - Cerqueira César - São Paulo - SP - CEP 01311-915 - Brasil - Fone: (11) 3288-5902 - Fone/Fax: (11) 3288-1271

Tradução/Versão No. 28.213 Livro No. 276 Fis. 7 Data: 11/6/2014

Atenciosamente

(ass.) Dr. Albert L. Rhoton Jr.
Professor e Presidente Emérito do Fundo para Pesquisas R.D. Keene Family

ALR/jls

Nada mais constava do documento supra, o qual devolvo juntamente com esta
tradução, a qual conferi, achei conforme e assino. DOU FE.
São Paulo, 11 de junho de 2014.

Recibo: 10940 (232º tal.)
Emolumentos: R\$ 60,00
university of florida-carta-1.doc

Lúcia Helena de Sena França

Anexo C - Aprovação ética - Parecer consubstanciado do CEP - FMUSP

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div> FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - FMUSP </div> <div> </div> </div>								
PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP								
<p>DADOS DO PROJETO DE PESQUISA</p> <p>Título da Pesquisa: Anatomia microcirúrgica da região do sulco limitante inferior da ínsula</p> <p>Pesquisador: Wen Hung Tzu</p> <p>Área Temática:</p> <p>Versão: 3</p> <p>CAAE: 26872114.6.0000.0065</p> <p>Instituição Proponente: Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo</p> <p>Patrocinador Principal: Financiamento Próprio</p> <p>DADOS DO PARECER</p> <p>Número do Parecer: 778.652</p> <p>Data da Relatoria: 23/07/2014</p> <p>Apresentação do Projeto: De acordo com parecer anterior</p> <p>Objetivo da Pesquisa: De acordo com parecer anterior</p> <p>Avaliação dos Riscos e Benefícios: De acordo com parecer anterior</p> <p>Comentários e Considerações sobre a Pesquisa: De acordo com parecer anterior</p> <p>Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória: As pendências apontadas no parecer anterior foram sanadas no que diz respeito: 1) Itens 8, 9 e 17 do Cadastro (Participação estrangeira e patrocínio); 2) Anuência da Universidade da Flórida (documento em anexo).</p> <p>Recomendações: Considerando que todas as pendências foram sanadas, sugiro aprovação.</p> <p>Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações: Aprovado</p>								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">Endereço: DOUTOR ARNALDO 251 21ª andar sala 35</td> </tr> <tr> <td>Bairro: PACAEMBU</td> <td>CEP: 01.245-900</td> </tr> <tr> <td>UF: SP</td> <td>Município: SÃO PAULO</td> </tr> <tr> <td>Telefone: (11)3593-4401</td> <td>E-mail: cep.fm@usp.br</td> </tr> </table>	Endereço: DOUTOR ARNALDO 251 21ª andar sala 35		Bairro: PACAEMBU	CEP: 01.245-900	UF: SP	Município: SÃO PAULO	Telefone: (11)3593-4401	E-mail: cep.fm@usp.br
Endereço: DOUTOR ARNALDO 251 21ª andar sala 35								
Bairro: PACAEMBU	CEP: 01.245-900							
UF: SP	Município: SÃO PAULO							
Telefone: (11)3593-4401	E-mail: cep.fm@usp.br							

Página 01 de 02

FACULDADE DE MEDICINA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO
PAULO - FMUSP

Continuação do Parecer: 735.602

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

aprovado

SAO PAULO, 04 de Setembro de 2014

Assinado por:
Paulo Euripedes Marchiori
(Coordenador)

Endereço: DOUTOR ARNALDO 251 21ª andar sala 05
Bairro: PACAEMBU CEP: 01.246-900
UF: SP Município: SAO PAULO
Telefone: (11)3293-4401 E-mail: cep.fm@usp.br

9 REFERÊNCIAS

Abla AA, Smith KA, Nakaji P. Simultaneous posterior communicating artery aneurysm clipping and selective amygdalohippocampectomy via direct lateral access through the mesial temporal lobe to the basal cisterns. *J Clin Neurosci*. 2011;18(5):699-701.

Acar F, Naderi S, Guvencer M, Ture U, Arda MN. Herophilus of chalcedon: a pioneer in neuroscience. *Neurosurgery*. 2005;56(4):861-7.

Aggleton JP, McMackin D, Carpenter K, Hornak J, Kapur N, Halpin S, Wiles CM, Kamel H, Brennan P, Carton S, Gaffan D. Differential cognitive effects of colloid cysts in the third ventricle that spare or compromise the fornix. *Brain*. 2000;123 (Pt 4):800-15.

Agrawal A, Kapfhammer JP, Kress A, Wichers H, Deep A, Feindel W, Sonntag VK, Spetzler RF, Preul MC. Josef Klingler's models of white matter tracts: influences on neuroanatomy, neurosurgery, and neuroimaging. *Neurosurgery*. 2011;69(2):238-52.

Alexander GE, DeLong MR, Strick PL. Parallel organization of functionally segregated circuits linking basal ganglia and cortex. *Annu Rev Neurosci*. 1986;9:357-81.

Aralasmak A, Ulmer JL, Kocak M, Salvan CV, Hillis AE, Yousem DM. Association, commissural, and projection pathways and their functional deficit reported in literature. *J Comput Assist Tomogr*. 2006;30(5):695-715.

Archambault L. The inferior longitudinal bundle and the geniculo calcarine fasciculus. *Albany Med Ann.* 1909;30:118-43.

Basser PJ, Mattiello J, LeBihan D. Estimation of the effective self-diffusion tensor from the NMR spin echo. *J Magn Reson B.* 1994;103(3):247-54.

Bauer RM. Visual hypoemotionality as a symptom of visual-limbic disconnection in man. *Arch Neurol.* 1982;39(11):702-8.

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.

Blaizot X, Mansilla F, Insausti AM, Constans JM, Salinas-Alaman A, Pro-Sistiaga P, Mohedano-Moriano A, Insausti R. The human parahippocampal region: I. Temporal pole cytoarchitectonic and MRI correlation. *Cereb Cortex.* 2010;20(9):2198-212.

Botez-Marquard T, Botez MI. Visual memory deficits after damage to the anterior commissure and right fornix. *Arch Neurol.* 1992;49(3):321-4.

Breasted JH. *The Edwin Smith surgical papyrus.* Chicago: The University of Chicago Press; 1930.

Brognia C, Fiengo L, Ture U. Achille Louis Foville's atlas of brain anatomy and the Defoville syndrome. *Neurosurgery.* 2012;70(5):1265-73.

Bumke O, Foerster O. *Handbuch der neurologie.* Berlim: J. Springer; 1935.

- Burgel U, Amunts K, Hoemke L, Mohlberg H, Gilsbach JM, Zilles K. White matter fiber tracts of the human brain: three-dimensional mapping at microscopic resolution, topography and intersubject variability. *Neuroimage*. 2006;29(4):1092-105.
- Campero A, Troccoli G, Martins C, Fernandez-Miranda JC, Yasuda A, Rhoton AL, Jr. Microsurgical approaches to the medial temporal region: an anatomical study. *Neurosurgery*. 2006;59(4 Suppl 2):ONS279-307.
- Catani M, Dell'acqua F, Vergani F, Malik F, Hodge H, Roy P, Valabregue R, Thiebaut de Schotten M. Short frontal lobe connections of the human brain. *Cortex*. 2012;48(2):273-91.
- Catani M, Jones DK, Donato R, Ffytche DH. Occipito-temporal connections in the human brain. *Brain*. 2003;126(Pt 9):2093-107.
- Catani M, Jones DK, ffytche DH. Perisylvian language networks of the human brain. *Ann Neurol*. 2005;57(1):8-16.
- Choi C, Rubino PA, Fernandez-Miranda JC, Abe H, Rhoton AL, Jr. Meyer's loop and the optic radiations in the transsylvian approach to the mediobasal temporal lobe. *Neurosurgery*. 2006;59(4 Suppl 2):ONS228-35.
- Choi CY, Han SR, Yee GT, Lee CH. Central core of the cerebrum. *J Neurosurg*. 2011;114(2):463-9.
- 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.

Clarke E, O'Malley CD. *The human brain and spinal cord: a historical study illustrated by writings from antiquity to the twentieth century*. San Francisco: Norman Pub.; 1996.

Coppens JR, Mahaney KB, Abdulrauf SI. An anteromedial approach to the temporal horn to avoid injury to the optic radiation fibers and uncinate fasciculus: anatomical and technical note. *Neurosurg Focus*. 2005;18(6B):E3.

Crick FC, Koch C. What is the function of the claustrum? *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2005;360(1458):1271-9.

Crosby EC, Humphreys T. Studies of the vertebrate telencephalon. II. The nuclear pattern of the anterior olfactory nucleus, tuberculum olfactorium and the amygdaloid complex in adult man. *J Comp Neurol*. 1941;47:309-52.

Curran EJ. A new association fiber tract in the cerebrum. *J Comp Neurol*. 1909;19:645-56.

D'Esposito M, Verfaellie M, Alexander MP, Katz DI. Amnesia following traumatic bilateral fornix transection. *Neurology*. 1995;45(8):1546-50.

Damasio AR, Damasio H, Van Hoesen GW. Prosopagnosia: anatomic basis and behavioral mechanisms. *Neurology*. 1982;32(4):331-41.

Dasheiff RM. Epilepsy surgery: is it an effective treatment? *Ann Neurol*. 1989;25(5):506-10.

De Benedictis A, Duffau H. Brain homotopy: from esoteric concept to practical surgical applications. *Neurosurgery*. 2011;68(6):1709-23.

de le Boe FS. *Disputationum medicarum*. In: de le Boe FS. *Opera medica*. Genebra: Samuelem de Tournes; 1693.

de Oliveira E, Tedeschi H, Siqueira MG, Ono M, Rhoton AL, Jr., Peace D. Anatomic principles of cerebrovascular surgery for arteriovenous malformations. *Clin Neurosurg*. 1994;41:364-80.

de Oliveira EP, Siqueira M, Ono M, Tedeschi H, Peace D. Arteriovenous malformations of the mediobasal temporal region. Proceedings of The Japanese Congress of Neurological Surgeons, Chiba, Japan. *Neurosurgeons*. 1992;11:349-58.

de Oliveira JG, Parraga RG, Chaddad-Neto F, Ribas GC, de Oliveira EP. Supracerebellar transtentorial approach-resection of the tentorium instead of an opening-to provide broad exposure of the mediobasal temporal lobe: anatomical aspects and surgical applications: clinical article. *J Neurosurg*. 2012a;116(4):764-72.

de Oliveira RS, Maia WS, Santos MV, Camara RL. Combined pre- and subtemporal transtentorial approach for epidermoid cysts of the cerebellopontine angle. *Childs Nerv Syst*. 2012b;28(12):2137-42.

de Olmos JS, Heimer L. The concepts of the ventral striatopallidal system and extended amygdala. *Ann N Y Acad Sci*. 1999;877:1-32.

De Witt Hamer PC, 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(6):962-73.

Dejerine JJ. *Anatomie des centres nerveux*. Paris: Rueff et Cie; 1895.

Deweer B, Pillon B, Pochon JB, Dubois B. Is the HM story only a "remote memory"? Some facts about hippocampus and memory in humans. *Behav Brain Res*. 2001;127(1-2):209-24.

Dikel TN, Fennell EB, Nadeau SE, Quisling RG, Mickle JP, Friedman WA. A neuropsychological outcome study of a child's left pericallosal arteriovenous malformation with occult fornix lesion. *Neurocase*. 2001;7(6):503-13.

Dini LI, Vedolin LM, Bertholdo D, Grando RD, Mazzola A, Dini SA, Isolan GR, da Costa JC, Campero A. Reproducibility of quantitative fiber tracking measurements in diffusion tensor imaging of frontal lobe tracts: A protocol based on the fiber dissection technique. *Surg Neurol Int*. 2013;4:51.

Dronkers NF, Plaisant O, Iba-Zizen MT, Cabanis EA. Paul Broca's historic cases: high resolution MR imaging of the brains of Leborgne and Lelong. *Brain*. 2007;130(Pt 5):1432-41.

Duffau H. New concepts in surgery of WHO grade II gliomas: functional brain mapping, connectionism and plasticity - a review. *J Neurooncol*. 2006;79(1):77-115.

Duffau H. Introduction. Surgery of gliomas in eloquent areas: from brain hodotopy and plasticity to functional neurooncology. *Neurosurg Focus*. 2010;28(2):Intro.

Duffau H. *Brain mapping: from neural basis of cognition to surgical applications*. Wien; Nova Iorque, Springer; 2011.

Duffau H, Capelle L, Sichez N, Denvil D, Lopes M, Sichez JP, Bitar A, Fohanno D. Intraoperative mapping of the subcortical language pathways using direct stimulations. An anatomo-functional study. *Brain*. 2002;125(Pt 1):199-214.

- Duffau H, Gatignol P, Denvil D, Lopes M, Capelle L. The articulatory loop: study of the subcortical connectivity by electrostimulation. *Neuroreport*. 2003;14(15):2005-8.
- 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(Pt 4):797-810.
- Duffau H, Gatignol P, Moritz-Gasser S, Mandonnet E. Is the left uncinate fasciculus essential for language? A cerebral stimulation study. *J Neurol*. 2009;256(3):382-9.
- Duffau H, Mandonnet E, Gatignol P, Capelle L. Functional compensation of the claustrum: lessons from low-grade glioma surgery. *J Neurooncol*. 2007;81(3):327-9.
- Dupont S. Investigating temporal pole function by functional imaging. *Epileptic Disord*. 2002;4(Suppl 1):S17-22.
- Dutton GN. Cognitive vision, its disorders and differential diagnosis in adults and children: knowing where and what things are. *Eye (Lond)*. 2003;17(3):289-304.
- Duvernoy HM. *The human brain stem and cerebellum: surface, structure, vascularization, and tri-dimensional sectional anatomy with MRI*. Viena: Springer-Verlag; 1995.
- Duvernoy HM. *The human brain, surface, blood supply, and three-dimensional sectional anatomy*. Viena: Springer-Verlag; 1999.
- Ebeling U, Reulen HJ. Neurosurgical topography of the optic radiation in the temporal lobe. *Acta Neurochir (Wien)*. 1988;92(1-4):29-36.

Ebeling U, Reulen HJ. Subcortical topography and proportions of the pyramidal tract. *Acta Neurochir (Wien)*. 1992;118(3-4):164-71.

Ebeling U, von Cramon D. Topography of the uncinate fascicle and adjacent temporal fiber tracts. *Acta Neurochir (Wien)*. 1992;115(3-4):143-8.

Egan RA, Shults WT, So N, Burchiel K, Kellogg JX, Salinsky M. Visual field deficits in conventional anterior temporal lobectomy versus amygdalohippocampectomy. *Neurology*. 2000;55(12):1818-22.

Excerpta Medica Foundation. *Nomina anatomica*. Amsterdam: Excerpta Medica; 1975.

Falconer MA, Wilson JL. Visual field changes following anterior temporal lobectomy: their significance in relation to Meyer's loop of the optic radiation. *Brain*. 1958;81(1):1-14.

Federative Committee on Anatomical Terminology. *Terminologia anatomica: international anatomical terminology*. Stuttgart: Thieme; 1998.

Fernandez-Miranda JC, Rhoton AL, Jr., 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*. 2008a;62(6 Suppl 3):989-1026.

Fernandez-Miranda JC, Rhoton AL, Jr., Kakizawa Y, Choi C, Alvarez-Linera J. The claustrum and its projection system in the human brain: a microsurgical and tractographic anatomical study. *J Neurosurg*. 2008b;108(4):764-74.

Figueiredo EG, Beer-Furlan A, Nakaji P, Crawford N, Welling LC, Ribas EC, Teixeira MJ, Rhoton AL, Jr., Spetzler RF, Preul MC. The Role of Endoscopic Assistance in Ambient Cistern Surgery: Analysis of Four Surgical Approaches. *World Neurosurg.* 2015;84(6):1907-15.

Figueiredo EG, Deshmukh P, Nakaji P, Crusius MU, Teixeira MJ, Spetzler RF, Preul MC. Anterior selective amygdalohippocampectomy: technical description and microsurgical anatomy. *Neurosurgery.* 2010;66(3 Suppl Operative):45-53.

Fujii M, Maesawa S, Motomura K, Futamura M, Hayashi Y, Koba I, Wakabayashi T. Intraoperative subcortical mapping of a language-associated deep frontal tract connecting the superior frontal gyrus to Broca's area in the dominant hemisphere of patients with glioma. *J Neurosurg.* 2015;122(6):1390-6.

Garrison FH, McHenry LC. *History of neurology.* Springfield: Charles C. Thomas; 1969.

Gastaut H. So-called psychomotor and temporal lobe epilepsy. *Epilepsia.* 1953;3(1):59-76.

Germano IM. Transsulcal approach to mesiotemporal lesions. Anatomy, technique, and report of three cases. *Neurosurg Focus.* 1996;1(5):e4.

Glosser G, Salvucci AE, Chiaravalloti ND. Naming and recognizing famous faces in temporal lobe epilepsy. *Neurology.* 2003;61(1):81-6.

Guenot M, Krolak-Salmon P, Mertens P, Isnard J, Ryvlin P, Fischer C, Vighetto A, Mauguier F, Sindou M. MRI assessment of the anatomy of optic radiations after temporal lobe epilepsy surgery. *Stereotact Funct Neurosurg.* 1999;73(1-4):84-7.

Habib M. Visual hypoemotionality and prosopagnosia associated with right temporal lobe isolation. *Neuropsychologia*. 1986;24(4):577-82.

Hamlat A, Morandi X, Riffaud L, Carsin-Nicol B, Haegelen C, Helal H, Brassier G. Transtemporal-transchoroidal approach and its transamygdala extension to the posterior chiasmatic cistern and diencephalo-mesencephalic lesions. *Acta Neurochir (Wien)*. 2008;150(4):317-27.

Henderson VW, Friedman RB, Teng EL, Weiner JM. Left hemisphere pathways in reading: inferences from pure alexia without hemianopia. *Neurology*. 1985;35(7):962-8.

Heros RC. Arteriovenous malformations of the medial temporal lobe. Surgical approach and neuroradiological characterization. *J Neurosurg*. 1982;56(1):44-52.

Hervas-Navidad R, Altuzarra-Corral A, Lucena-Martin JA, Castaneda-Guerrero M, Vela-Yebra R, Sanchez AIJC. Defects in the visual field in resective surgery for temporal lobe epilepsy. *Rev Neurol*. 2002;34(11):1025-30.

Horel JA, Misantone LJ. The Kluver-Bucy syndrome produced by partial isolation of the temporal lobe. *Exp Neurol*. 1974;42(1):101-12.

Hori T, Tabuchi S, Kurosaki M, Kondo S, Takenobu A, Watanabe T. Subtemporal amygdalohippocampectomy for treating medically intractable temporal lobe epilepsy. *Neurosurgery*. 1993;33(1):50-6.

Hughes TS, Abou-Khalil B, Lavin PJ, Fakhoury T, Blumenkopf B, Donahue SP. Visual field defects after temporal lobe resection: a prospective quantitative analysis. *Neurology*. 1999;53(1):167-72.

- Ikeda K, Shoin K, Mohri M, Kijima T, Someya S, Yamashita J. Surgical indications and microsurgical anatomy of the transchoroidal fissure approach for lesions in and around the ambient cistern. *Neurosurgery*. 2002;50(5):1114-9.
- Jane JA, Yashon D, DeMyer W, Bucy PC. The contribution of the precentral gyrus to the pyramidal tract of man. *J Neurosurg*. 1967;26(2):244-8.
- Jellison BJ, Field AS, Medow J, Lazar M, Salamat MS, Alexander AL. Diffusion tensor imaging of cerebral white matter: a pictorial review of physics, fiber tract anatomy, and tumor imaging patterns. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2004;25(3):356-69.
- Kamada K, Todo T, Masutani Y, Aoki S, Ino K, Takano T, Kirino T, Kawahara N, Morita A. Combined use of tractography-integrated functional neuronavigation and direct fiber stimulation. *J Neurosurg*. 2005;102(4):664-72.
- Kemerdere R, de Champfleury NM, Deverdun J, Cochereau J, Moritz-Gasser S, Herbet G, Duffau H. Role of the left frontal aslant tract in stuttering: a brain stimulation and tractographic study. *J Neurol*. 2016;263(1):157-67.
- 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.
- Kimura S, Nezu A, Osaka H, Saito K. Symmetrical external capsule lesions in a patient with herpes simplex encephalitis. *Neuropediatrics*. 1994;25(3):162-4.
- Klingler J. *Die makroskopische anatomie der ammonsformation*. Zurich: Kommissionsverlag von Gebrüder Fretz A.G; 1948.

Klingler J. Makroskopische darstellung des faserverlaufes im rhinencephalon. *Schweiz Med Wochnschr.* 1949;79:460.

Klingler J. Makroskopische preparation der thalamofrontalen bahnen beim menschen. Verh Freien Ver d. Anat. An schweiz. Hochsch. *Acta Anat.* 1952;16:433.

Klingler J. La commissure blanche antérieure, l'ance pédonculaire et le genou temporale de la radiation optique, vus sur des preparations macroscopiques. *Bull. Ass. Anat.* 1955;97:1001.

Koehler PJ, Endtz LJ, Te Velde J, Hekster RE. Aware or non-aware. On the significance of awareness for the localization of the lesion responsible for homonymous hemianopia. *J Neurol Sci.* 1986;75(3):255-62.

Kretschmann HJ. Localisation of the corticospinal fibres in the internal capsule in man. *J Anat.* 1988;160:219-25.

Krolak-Salmon P, Guenot M, Tiliket C, Isnard J, Sindou M, Mauguiere F, Vighetto A. Anatomy of optic nerve radiations as assessed by static perimetry and MRI after tailored temporal lobectomy. *Br J Ophthalmol.* 2000;84(8):884-9.

Lawes IN, Barrick TR, Murugam V, Spierings N, Evans DR, Song M, Clark CA. Atlas-based segmentation of white matter tracts of the human brain using diffusion tensor tractography and comparison with classical dissection. *Neuroimage.* 2008;39(1):62-79.

Le Bihan D, Breton E. *MR Imaging of intravoxel incoherent motions : application to diffusion and perfusion in neurologic disorders.* In: Annual Meeting of the RSNA. Chicago; 1985.

Le Bihan D, Breton E, Syrota A. In-vivo magnetic resonance of self-diffusion. In: James TL. *Proceedings of the International Society for Magnetic Resonance in Medicine. Fourth Annual Meeting of the Society for Magnetic Resonance in Medicine. The Barbican, London, United Kingdom: Society for Magnetic Resonance in Medicine.* 1985;p. 1238-9.

Leclercq D, Duffau H, Delmaire C, Capelle L, Gatignol P, Ducros M, Chiras J, Lehericy S. Comparison of diffusion tensor imaging tractography of language tracts and intraoperative subcortical stimulations. *J Neurosurg.* 2010;112(3):503-11.

Leuret F, Gratiolet LP. *Anatomie comparée du système nerveux.* Paris: Baillière; 1957.

Lu LH, Crosson B, Nadeau SE, Heilman KM, Gonzalez-Rothi LJ, Raymer A, Gilmore RL, Bauer RM, Roper SN. Category-specific naming deficits for objects and actions: semantic attribute and grammatical role hypotheses. *Neuropsychologia.* 2002;40(9):1608-21.

Ludwig E, Klingler J. *Noyaux et faisceaux du cerveau humain.* Nanci: George Thomas; 1938.

Ludwig E, Klingler J. *Atlas cerebri humani. Der innere Bau des Gehirns dargestellt auf Grund makroskopischer Präparate. The inner structure of the brain demonstrated on the basis of macroscopical preparations.* Boston: Little, Brown; 1956.

Makris N, Kennedy DN, McInerney S, Sorensen AG, Wang R, Caviness VS, Jr., Pandya DN. Segmentation of subcomponents within the superior longitudinal fascicle in humans: a quantitative, in vivo, DT-MRI study. *Cereb Cortex*. 2005;15(6):854-69.

Makris N, Papadimitriou GM, Kaiser JR, Sorg S, Kennedy DN, Pandya DN. Delineation of the middle longitudinal fascicle in humans: a quantitative, in vivo, DT-MRI study. *Cereb Cortex*. 2009;19(4):777-85.

Maldonado IL, Mandonnet E, Duffau H. Dorsal fronto-parietal connections of the human brain: a fiber dissection study of their composition and anatomical relationships. *Anat Rec (Hoboken)*. 2012;295(2):187-95.

Marino R, Jr., Rasmussen T. Visual field changes after temporal lobectomy in man. *Neurology*. 1968;18(9):825-35.

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*. 2010a;46(5):691-9.

Martino J, de Lucas EM, Ibanez-Plagaró FJ, Valle-Folgueral JM, Vazquez-Barquero A. Foix-Chavany-Marie syndrome caused by a disconnection between the right pars opercularis of the inferior frontal gyrus and the supplementary motor area. *J Neurosurg*. 2012;117(5):844-50.

Martino J, De Witt Hamer PC, Berger MS, Lawton MT, Arnold CM, de Lucas EM, Duffau H. 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(1):105-21.

Martino J, Garcia-Porrero JA. Wernicke perpendicular fasciculus and vertical portion of the superior longitudinal fasciculus: in reply. *Neurosurgery*. 2013;73(2):E382-3.

Martino J, Vergani F, Robles SG, Duffau H. New insights into the anatomic dissection of the temporal stem with special emphasis on the inferior fronto-occipital fasciculus: implications in surgical approach to left mesiotemporal and temporoinsular structures. *Neurosurgery*. 2010b;66(3 Suppl Operative):4-12.

Martino J, De Lucas EM. Subcortical anatomy of the lateral association fascicles of the brain: A review. *Clin Anat*. 2014;27(4):563-9.

McMackin D, Cockburn J, Anslow P, Gaffan D. Correlation of fornix damage with memory impairment in six cases of colloid cyst removal. *Acta Neurochir (Wien)*. 1995;135(1-2):12-8.

Mesulam MM. *Principles of behavioral neurology*. Filadélfia: F.A. Davis; 1985.

Mesulam MM. Large-scale neurocognitive networks and distributed processing for attention, language, and memory. *Ann Neurol*. 1990;28(5):597-613.

Meyer A. The connections of the occipital lobes and the present status of the cerebral visual affections. *Trans Assoc Am Physicians*. 1907;22:7-23.

Michel F, Poncet M, Signoret JL. Are the lesions responsible for prosopagnosia always bilateral? *Rev Neurol (Paris)*. 1989;145(11):764-70.

Miyagi Y, Shima F, Ishido K, Araki T, Kamikaseda K. Inferior temporal sulcus as a site of corticotomy: magnetic resonance imaging analysis of individual sulcus patterns. *Neurosurgery*. 2001;49(6):1394-7.

Miyagi Y, Shima F, Ishido K, Araki T, Taniwaki Y, Okamoto I, Kamikaseda K. Inferior temporal sulcus approach for amygdalohippocampectomy guided by a laser beam of stereotactic navigator. *Neurosurgery*. 2003;52(5):1117-23.

Morys J, Sloniewski P, Narkiewicz O. Somatosensory evoked potentials following lesions of the claustrum. *Acta Physiol Pol*. 1988;39(5-6):475-83.

Neimeyer PB. Amygdalohippocampectomy in temporal lobe epilepsy. Microsurgical technique. *Excerpta Medica*. 1973;293:220.

Niemeyer P. The transventricular amygdalohippocapmectomy in temporal lobe epilepsy. In: Baldwin M, Bailey P. *Temporal lobe epilepsy*. Springfield: Charles C. Thoma; 1958. p. 461-82.

Nieuwenhuys R, Voogd J, Huijzen CV. *The human central nervous system*. Nova Iorque: Springer; 2008.

O'Donnell LJ, Westin CF. Automatic tractography segmentation using a high-dimensional white matter atlas. *IEEE Trans Med Imaging*. 2007;26(11):1562-75.

Ojemann G, Ojemann J, Lettich E, Berger M. Cortical language localization in left, dominant hemisphere. An electrical stimulation mapping investigation in 117 patients. *J Neurosurg.* 1989;71(3):316-26.

Ojemann GA, Dodrill CB. Verbal memory deficits after left temporal lobectomy for epilepsy. Mechanism and intraoperative prediction. *J Neurosurg.* 1985;62(1):101-7.

Olivier A. Surgical techniques in temporal lobe epilepsy. *Clin Neurosurg.* 1997;44:211-41.

Olivier A. Transcortical selective amygdalohippocampectomy in temporal lobe epilepsy. *Can J Neurol Sci.* 2000;27(Suppl 1):S68-76.

Pandya DN, Karol EA, Heilbronn D. The topographical distribution of interhemispheric projections in the corpus callosum of the rhesus monkey. *Brain Res.* 1971;32(1):31-43.

Park SA, Hahn JH, Kim JI, Na DL, Huh K. Memory deficits after bilateral anterior fornix infarction. *Neurology.* 2000;54(6):1379-82.

Park TS, Bourgeois BF, Silbergeld DL, Dodson WE. Subtemporal transparahippocampal amygdalohippocampectomy for surgical treatment of mesial temporal lobe epilepsy. Technical note. *J Neurosurg.* 1996;85(6):1172-6.

Parraga RG, Possatti LL, Alves RV, Ribas GC, Ture U, de Oliveira E. Microsurgical anatomy and internal architecture of the brainstem in 3D images: surgical considerations. *J Neurosurg.* 2016;124(5):1377-95.

Parraga RG, Ribas GC, Welling LC, Alves RV, de Oliveira E. Microsurgical anatomy of the optic radiation and related fibers in 3-dimensional images. *Neurosurgery*. 2012;71(1 Suppl Operative):160-71.

Peltier J, Verclytte S, Delmaire C, Pruvo JP, Godefroy O, Le Gars D. Microsurgical anatomy of the temporal stem: clinical relevance and correlations with diffusion tensor imaging fiber tracking. *J Neurosurg*. 2010;112(5):1033-8.

Peltier J, Verclytte S, Delmaire C, Pruvo JP, Havet E, Le Gars D. Microsurgical anatomy of the anterior commissure: correlations with diffusion tensor imaging fiber tracking and clinical relevance. *Neurosurgery*. 2011;69(2 Suppl Operative):ons241-6.

Penfield W. Temporal lobe epilepsy. *Br J Surg*. 1954;41(168):337-43.

Petrides M, Pandya DN. Projections to the frontal cortex from the posterior parietal region in the rhesus monkey. *J Comp Neurol*. 1984;228(1):105-16.

Peuskens D, van Loon J, Van Calenbergh F, van den Bergh R, Goffin J, Plets C. Anatomy of the anterior temporal lobe and the frontotemporal region demonstrated by fiber dissection. *Neurosurgery*. 2004;55(5):1174-84.

Rasmussem T. The extent of recurrent geniculo-carcarine fibers (loop of Archambault and Meyer) as demonstrated by gross brain dissection. *Anat Rec*. 1943;85:277-84.

Rhoton Jr. AL. The lateral and third ventricles. *Neurosurgery*. 2002;51(4 Suppl):S207-71.

Rhoton Jr. AL. The cerebrum. Anatomy. *Neurosurgery*. 2007;61(1 Suppl):37-118.

Ribas GC. The cerebral sulci and gyri. *Neurosurg Focus*. 2010;28(2):E2.

Ribas GC, Ribas EC, Rodrigues CJ. The anterior sylvian point and the suprasylvian operculum. *Neurosurg Focus*. 2005;18(6B):E2.

Ribas GC. As bases neuroanatômicas do comportamento: histórico e contribuições recentes. *Rev Bras Psiquiatr*. 2007;29(1):63-71.

Rosenbaum RS, Winocur G, Moscovitch M. New views on old memories: re-evaluating the role of the hippocampal complex. *Behav Brain Res*. 2001;127(1-2):183-97.

Rougier A, Saint-Hilaire JM, Bouvier G, Loiseau P, Baulac M, Bouthillier A, Labrecque R, Marchal C, Richer F, Berthomieu J e et al. Research and surgical treatment of epilepsy. *Neurochirurgie*. 1992;38(Suppl 1):1-112.

Rubino PA, Rhoton AL, Jr., Tong X, Oliveira E. Three-dimensional relationships of the optic radiation. *Neurosurgery*. 2005;57(4 Suppl):219-27.

Salvan CV, Ulmer JL, DeYoe EA, Wascher T, Mathews VP, Lewis JW, Prost RW. Visual object agnosia and pure word alexia: correlation of functional magnetic resonance imaging and lesion localization. *J Comput Assist Tomogr*. 2004;28(1):63-7.

Santoro G, Wood MD, Merlo L, Anastasi GP, Tomasello F, Germano A. The anatomic location of the soul from the heart, through the brain, to the whole body, and beyond: a journey through Western history, science, and philosophy. *Neurosurgery*. 2009;65(4):633-43.

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.

Schmahmann JD, Pandya DN. Anatomic organization of the basilar pontine projections from prefrontal cortices in rhesus monkey. *J Neurosci.* 1997;17(1):438-58.

Schmahmann JD, Pandya DN. *Fiber pathways of the brain.* Oxford, Nova Iorque, Oxford University Press; 2006.

Seltzer B, Pandya DN. Afferent cortical connections and architectonics of the superior temporal sulcus and surrounding cortex in the rhesus monkey. *Brain Res.* 1978;149(1):1-24.

Seltzer B, Pandya DN. Further observations on parieto-temporal connections in the rhesus monkey. *Exp Brain Res.* 1984;55(2):301-12.

Shahinfar S, Johnson LN, Madsen RW. Confrontation visual field loss as a function of decibel sensitivity loss on automated static perimetry. Implications on the accuracy of confrontation visual field testing. *Ophthalmology.* 1995;102(6):872-7.

Shimizu H, Suzuki I, Ishijima B. Zygomatic approach for resection of mesial temporal epileptic focus. *Neurosurgery.* 1989;25(5):798-801.

Sincoff EH, Tan Y, Abdulrauf SI. White matter fiber dissection of the optic radiations of the temporal lobe and implications for surgical approaches to the temporal horn. *J Neurosurg.* 2004;101(5):739-46.

Smith KA, Spetzler RF. Supratentorial-infraoccipital approach for posteromedial temporal lobe lesions. *J Neurosurg.* 1995;82(6):940-4.

Spiegel EA, Wycis HT, Marks M, Lee AJ. Stereotaxic Apparatus for Operations on the Human Brain. *Science.* 1947;106(2754):349-50.

Spiers HJ, Maguire EA, Burgess N. Hippocampal amnesia. *Neurocase.* 2001;7(5):357-82.

Stein BM. Arteriovenous malformations of the medial cerebral hemisphere and the limbic system. *J Neurosurg.* 1984;60(1):23-31.

Stephan H, Frahm HD, Baron G. Comparison of brain structure volumes in Insectivora and primates. VII. Amygdaloid components. *J Hirnforsch.* 1987;28(5):571-84.

Suarez R, Gobius I, Richards LJ. Evolution and development of interhemispheric connections in the vertebrate forebrain. *Front Hum Neurosci.* 2014;8:497.

Tamraz JCC, Comair YG. *Atlas of regional anatomy of the brain using MRI.* Berlin: Springer; 2006.

Tanabe H, Sawada T, Inoue N, Ogawa M, Kuriyama Y, Shiraishi J. Conduction aphasia and arcuate fasciculus. *Acta Neurol Scand.* 1987;76(6):422-7.

Tanriover N, Rhoton AL, Jr., Kawashima M, Ulm AJ, Yasuda A. Microsurgical anatomy of the insula and the sylvian fissure. *J Neurosurg.* 2004;100(5):891-922.

Tecoma ES, Laxer KD, Barbaro NM, Plant GT. Frequency and characteristics of visual field deficits after surgery for mesial temporal sclerosis. *Neurology*. 1993;43(6):1235-8.

Türe U, Harput MV, Kaya AH, Baimedi P, Firat Z, Türe H, Bingöl CA. The paramedian supracerebellar-transtentorial approach to the entire length of the mediobasal temporal region: an anatomical and clinical study. Laboratory investigation. *J Neurosurg*. 2012;116(4):773-91.

Türe U, Pamir MN. Small petrosal approach to the middle portion of the mediobasal temporal region: technical case report. *Surg Neurol*. 2004;61(1):60-7.

Türe U, Yasargil MG, Al-Mefty O, Yasargil MG. Topographic anatomy of the insular region. *J Neurosurg*. 1999;90(4):720-33.

Türe U, Yasargil MG, Friedman AH, Al-Mefty O. Fiber dissection technique: lateral aspect of the brain. *Neurosurgery*. 2000;47(2):417-26.

Türe U, Yasargil MG, Pait TG. Is there a superior occipitofrontal fasciculus? A microsurgical anatomic study. *Neurosurgery*. 1997;40(6):1226-32.

Tusa RJ, Ungerleider LG. The inferior longitudinal fasciculus: a reexamination in humans and monkeys. *Ann Neurol*. 1985;18(5):583-91.

Vajkoczy P, Krakow K, Stodieck S, Pohlmann-Eden B, Schmiedek P. Modified approach for the selective treatment of temporal lobe epilepsy: transsylvian-transcisternal mesial en bloc resection. *J Neurosurg*. 1998;88(5):855-62.

Vale FL, Reintjes S, Garcia HG. Complications after mesial temporal lobe surgery via inferiortemporal gyrus approach. *Neurosurg Focus*. 2013;34(6):E2.

Vergani F, Morris CM, Mitchell P, Duffau H. Raymond de Vieussens and his contribution to the study of white matter anatomy. *J Neurosurg*. 2012; 117(6):1070-5.

Vieussens DR. *Neurographia universalis*. Lion: Joannes Certe; 1684.

Wang F, Sun T, Li XG, Liu NJ. Diffusion tensor tractography of the temporal stem on the inferior limiting sulcus. *J Neurosurg*. 2008;108(4):775-81.

Wang H, Zhang R, Yu W, Zhong P, Tan D. The posterior subtemporal keyhole approach combined with the transchoroidal approach to the ambient cistern: microsurgical anatomy and image-guided quantitative analysis. *Acta Neurochir (Wien)*. 2010;152(11):1933-42.

Wen HT, Rhoton AL, Jr., de Oliveira E, Cardoso AC, Tedeschi H, Baccanelli M, Marino R, Jr. 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.

Wen HT, Rhoton AL, Jr., de Oliveira E, Castro LH, Figueiredo EG, Teixeira MJ. Microsurgical anatomy of the temporal lobe: part 2: sylvian fissure region and its clinical application. *Neurosurgery*. 2009;65(6 Suppl):1-35.

Wen HT, Rhoton AL, Jr., Marino R, Jr. Anatomical landmarks for hemispherotomy and their clinical application. *J Neurosurg*. 2004;101(5):747-55.

Wen HT, Rhoton AL, Jr., Marino R, Jr. Gray matter overlying anterior basal temporal sulci as an intraoperative landmark for locating the temporal horn in amygdalohippocampectomies. *Neurosurgery*. 2006;59(4 Suppl 2):ONS221-7.

Wheatley BM. Selective amygdalohippocampectomy: the trans-middle temporal gyrus approach. *Neurosurg Focus*. 2008;25(3):E4.

Wieser HG, Yasargil MG. Selective amygdalohippocampectomy as a surgical treatment of mesiobasal limbic epilepsy. *Surg Neurol*. 1982;17(6):445-57.

Willis T, Feindel W. *The anatomy of the brain and nerves*. Birmingham: Classics of Medicine Library; 1978.

Wu A, Chang SW, Deshmukh P, Spetzler RF, Preul MC. Through the choroidal fissure: a quantitative anatomic comparison of 2 incisions and trajectories (transsylvian transchoroidal and lateral transtemporal). *Neurosurgery*. 2010;66(6 Suppl Operative):221-8.

Wyler AR. Anterior temporal lobectomy. *Surg Neurol*. 2000;54(5):341-5.

Yagmurlu K, Rhoton AL, Jr., Tanriover N, Bennett JA. Three-dimensional microsurgical anatomy and the safe entry zones of the brainstem. *Neurosurgery*. 2014;10(Suppl 4):602-19.

Yasargil MG. *Microneurosurgery*. Stuttgart, Nova Iorque: Georg Thieme Verlag, Thieme Medical Publishers; 1987.

Yasargil MG. Experiences and reflections about selective amygdalohippocampectomy. *Epileptologie*. 2005;22:74-80.

Yasargil MG, Adamson TE. *CNS tumors: surgical anatomy, neuropathology, neuroradiology, neurophysiology, clinical considerations, operability, treatment options*. Stuttgart, Nova Iorque: Georg Thieme Verlag, Thieme Medical Publishers; 1994.

Yasargil MG, Krayenbuhl N, Roth P, Hsu SP, Yasargil DC. The selective amygdalohippocampectomy for intractable temporal limbic seizures. *J Neurosurg*. 2010;112(1):168-85.

Yasargil MG, Teddy PJ, Roth P. Selective amygdalo-hippocampectomy. Operative anatomy and surgical technique. *Adv Tech Stand Neurosurg*. 1985;12:93-123.

Yasargil MG, Teddy PJ, Valavanis A, Duvernoy HM. *AVM of the brain*. Stuttgart; Nova Iorque: Thieme; 1987.

Yasargil MG, Ture U, Yasargil DC. Impact of temporal lobe surgery. *J Neurosurg*. 2004;101(5):725-38.

Yeni SN, Tanriover N, Uyanik O, Ulu MO, Ozkara C, Karaagac N, Ozyurt E, Uzan M. Visual field defects in selective amygdalohippocampectomy for hippocampal sclerosis: the fate of Meyer's loop during the transsylvian approach to the temporal horn. *Neurosurgery*. 2008;63(3):507-13.

Yordanova YN, 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.

Zhang Y, Zhang J, Oishi K, Faria AV, Jiang H, Li X, Akhter K, Rosa-Neto P, Pike GB, Evans A, Toga AW, Woods R, Mazziotta JC, Miller MI, van Zijl PC, Mori S. Atlas-guided tract reconstruction for automated and comprehensive examination of the white matter anatomy. *Neuroimage*. 2010;52(4):1289-301.

Zolal A, Vachata P, Hejcl A, Bartos R, Malucelli A, Novakova M, Derner M, Sames M. Anatomy of the supraventricular portion of the pyramidal tract. *Acta Neurosurg*. 2012;154(6):1097-104.

APÊNDICE

Apêndice A - Artigo publicado em revista

Microsurgical anatomy of the inferior limiting insular sulcus and the temporal stem. - Pub Med - NCBI
04/08/17 23:27

PubMed

Format: Abstract
Full text links

J Neurosurg. 2015 Jun;122(6):1263-73. doi: 10.3171/2014.10.JNS141194. Epub 2015 Apr 10.

Microsurgical anatomy of the inferior limiting insular sulcus and the temporal stem.

Ribas EC^{1,2}, Yagmurlu K¹, Wen HT², Rhoton AL Jr¹.

Author information

Abstract

OBJECT: The purpose of this study was to describe the location of each white matter pathway in the area between the **inferior limiting** insular sulcus (ILS) and temporal horn that may be crossed in approaches through the temporal stem to the medial temporal lobe.

METHODS: The fiber tracts in 14 adult cadaveric cerebral hemispheres were examined using the Klingler technique. The fiber dissections were completed in a stepwise manner, identifying each white matter pathway in different planes and describing its position in relation to the anterior end of the ILS.

RESULTS: The short-association fibers from the extreme capsule, which continue toward the operculae, are the most superficial subcortical layer deep to the ILS. The external capsule fibers are found deeper at an intermediate layer and are formed by the uncinate fasciculus, **inferior** frontooccipital fasciculus, and claustrorhinal fibers in a sequential anteroposterior disposition. The anterior commissure forms the next deeper layer, and the optic radiations in the sublentiform part of the internal capsule represent the deepest layer. The uncinate fasciculus is found deep to the anterior third of the ILS, whereas the **inferior** frontooccipital fasciculus and optic radiations are found superficial and deep, respectively, at the posterior two-thirds of this length.

CONCLUSIONS: The authors' findings suggest that in the transsylvian approach, a 6-mm incision beginning just posterior to the limen insula through the ILS will cross the uncinate fasciculus but not the **inferior** frontooccipital fasciculus or optic radiations, but that longer incisions carry a risk to language and visual functions.

KEYWORDS: DTI = diffusion tensor imaging; ILS = **inferior limiting** insular sulcus; LGB = lateral geniculate body; TLP = temporal limen point; cerebrum; **inferior limiting** insular sulcus; microsurgical anatomy; temporal stem; transsylvian approach; white matter fibers

PMID: 25859806 DOI: 10.3171/2014.10.JNS141194

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25859806>

Página 1 de 2