



İnsulanın Yüzeysel Nöroanatomisi ve Vasküler Yapılar ile İlişkisi

Superficial Neuroanatomy of the Insula and Its Relationship with Vascular Structures

Levent AYDIN¹, Şevki Serhat BAYDIN²

¹Muş Devlet Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, Muş, Türkiye

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, Samsun, Türkiye

Yazışma adresi: Levent AYDIN ✉ mdleventaydin@gmail.com

ÖZ

İnsula, uzun bir süre beynin en zorlu alanlarından biri olarak kabul edilmiştir. Bunun esas nedeni olarak fronto-parietal ve temporal operkulumun derinindeki konumudur. Sylvian diseksiyon sonrası bu bölgeye açılan açıklığa limen insula denir. Tepesi aşağı ve öne doğru yönlendirilmiş üçgen ada şeklindedir. Bu sebepten ötürü Alman anatomist Johann Christian Reil tarafından insular lob olarak tanımlanmıştır. İnsular bölgeye yaklaşımda insula ile operkulum arasında yer alan ve orta serebral arter'in (OSA) insular (M2) ve operkular (M3) segmentlerinin ana trunkusları ve kortikal dalları, cerrahi yaklaşımdaki temel güçlüklerden biridir. İnsula, özellikle baskın hemisferde konuşma için önemli işlevsel rollere sahip ak madde yollar ve kortikal yapı ile çevrilidir. Bu makale, insulanın yüzeysel nöroanatomisi, komşulukları ve vasküler yapılar ile ilişkisini gözden geçirecektir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: İnsula, Operkulum, Orta serebral arter

ABSTRACT

The insula has been considered one of the most challenging areas of the brain. The main reason for this is, its deep location in the fronto-parietal and temporal operculum. The opening to this area after sylvian dissection is called the limen insula. It is in the form of a triangular island with its apex directed downwards and forwards. For this reason, it was defined as the insular lobe by the German anatomist Johann Christian Reil. The main trunks and cortical branches of the insular (M2) and opercular (M3) segments of the middle cerebral artery (MCA), located between the insula and the operculum in the approach to the insular region, are one of the main difficulties in the surgical approach. The insula is surrounded by white matter tracts and cortical structure, which have important functional roles for speech, especially in the dominant hemisphere. This article will review the superficial neuroanatomy of the insula, its neighborhoods, and its relationship with vascular structures.

KEYWORDS: Insula, Operculum, Middle cerebral artery

■ GİRİŞ

İnsula, uzun bir süre beynin en zorlu alanlarından biri olarak kabul edilmiştir. Bunun esas nedeni olarak fronto-parietal ve temporal operkulumun derinindeki konumudur. Dolayısıyla, yalnızca frontal ve temporal lobların retraksiyonu ile gör-

selleştirilebilen kompleks bir yapıdır. Sylvian diseksiyon sonrası bu bölgeye açılan açıklığa limen insula denir. Tepesi aşağı ve öne doğru yönlendirilmiş üçgen ada şeklindedir. Bu sebepten ötürü Alman anatomist Johann Christian Reil tarafından insular lob olarak tanımlanmıştır (2).

İnsulanın yüzeyi, yelpaze görünümü oluşturan dört ila altı girus ile kaplıdır. İnsular bölgeye yaklaşımda diğer bir zorluk, insula ile operkulum arasında yer alan ve OSA'nın insular (M2) ve operkular (M3) segmentlerinin ana trunkusları ve kortikal dallarını içeren bir yapı olmasından kaynaklanır (3,17). Son olarak, insula, özellikle baskın hemisferde konuşma için önemli işlevsel rollere sahip ak madde yolları ve kortikal yapı ile çevrilidir (3,13). Bu bölüm, insulanın yüzeyel nöroanatomi, komşulukları ve vasküler yapılar ile ilişkisini gözden geçirecektir.

Silvian Fissür- Operkulum ile ilişkisi

Silvian fissür nöroşirurji pratiğinde oldukça önemli yer edinen, anterior perforan substans ve supramarginal girus arasında uzun bir hat boyunca seyreden, fronto-parietal ve temporal loblar arasındaki anatomik yapıdır (16). Silvian fissür 3 ana segmente ayrılır. Ön segmenti dikey ve yatay dallara ayrılırken; orta segment, temporal lobun ana eksenine paraleldir ve inferior frontal ve fronto-parietal operkulumu superior temporal girus operkulumundan ayırır. Arka segment, inferior parietal lobülün (supramarginal girus) ön kısmı içinde postero-dorsal olarak yükselir (17). Operkulum (Latince: küçük kapak) frontal ve parietal lobların alt sınırından ve temporal lobun üst sınırından oluşan bir yapı olup, lateral fissürde derin bir şekilde yerleşmiş olan insulayı örter ve saklar (15). Dolayısıyla insulanın çatısının görülebilmesi için inferior frontal girusun operkulumu, inferior parietal lobül ve superior temporal girus arasından silvian fissürün diseke edilerek ayrıştırılması gerekmektedir (Şekil 1A) (15,18).

Fronto-parietal operkulum, anteriorda silvian fissürün yatay ramusu ile sınırlıdır. Önden arkaya sırasıyla; inferior frontal girusun triangüler, operküler kısımları ve subcentral girus tarafından oluşmuştur. Inferior frontal girus, lateralde silvian fissür, posteriorda inferior presantral ve subsantral sulkus ve medialde inferior frontal sulkus ile sınırlıdır. Inferior frontal girus, silvian fissürün ön segmentlerinin her iki kolu tarafından alt bölümlere ayrılır: trianguler kısmı aralarında yer alırken, operküler kısım dikey ramusun arkasındadır ve orbital kısım yatay ramusun antero-ventralindedir (9,11).

Subsantral girus, pre ve post santral girusu birbirine bağlar. Santral sulkusun ventral ucu etrafında kıvrılır ve genellikle alt ucunu lateral fissürden ayırır. Subsantral girus, bu nedenle, lateral fissürden çıkan küçük bir çentik olan anterior subsantral sulkus ile sınırlanmış inferior frontal girusun hemen arkasında yer alır. Benzer şekilde, subcentral girus, posterior subcentral sulkus tarafından supramarginal girustan posterior olarak sınırlıdır. Superior temporal girus, temporal operkulumu oluşturur. Dorsalde silvian fissür ve ventralde superior temporal sulkus ile sınırlanmıştır. Superior temporal sulkusun bu posterior dalları, inferior parietal lobülün arka kısmı olan angular girus ile çevrilidir (9).

Operküllerin her birinin 3 yüzeyi mevcuttur. Lateral kısım beynin yüzey incelemesinden görülebilen kısımdır. Dorsal kısım temporal operkulum için tanımlanırken, ventral kısım fronto-parietal operkulum için tanımlanabilir. Medial kısım ise insulaya bakan yüzeyidir.

Sulkus-Girus Yapıları

İnsulanın çevresi sirküler sulkus ile çevrelenmiştir ve sınırlarını anterior, superior ve inferior limitan sulkuslar oluşturmaktadır. Anterior limitan sulkus, insulanın ön kısmını inferior frontal girustan ayırır. Superior limitan sulkus, sulkuslar içerisinde en uzun olan olup insulanın üst kısmını superior operkulumdan ayırır. Inferior limitan sulkus ise insulayı silvian fissürün posterioru ve superior temporal girustan ayırır (Şekil 1C) (5,9,14).

İnsula, santral sulkus aracılığı ile iki ana lobüle ayrılır; anterior ve posterior. İnsulanın anterior lobülü apekte ortak bir orijine sahip üç kısa girustan oluşur. Konumlarına göre bu giruslar anterior, orta ve posterior olarak ayrılırlar (20). Anterior kısa girus, anterior limitan sulkus boyunca uzanır. Bu girusun ön sınırının anterior ve süperior limitan sulkuslarla birleştiği nokta "anterior insular nokta" olarak adlandırılmıştır (3,8). Orta kısa girus, üçünün en küçüğüdür. Apekten başlayarak inferior frontal girusun operkulum kısmına doğru kabaca dikey bir yol izler. Anterior insular girustan çok derin olmayan kısa insular sulkus ile ve posterior girustan insulanın precentral sulkus ile ayrılır (4). Anterior insulanın anterioinferior kısmında bunlara ek olarak aksesuar girus ve transvers giruslarda eşlik edebilir (Şekil 1C) (17-19).

Posterior girus da insular apekten doğar. İnsula'nın merkezi sulkusu boyunca yukarıya ve arkaya doğru uzanır. Yukarıda belirtilen üç ana girustan bağımsız olarak, bir veya iki aksesuar girus da sıklıkla mevcuttur. Değişkendirler ve genellikle çok kısırdırlar ve apeksin önünde ve insulanın ön girusunun önünde derin yerleşimlidirler. İnsulanın ön lobunu inferior frontal girusun ön kısımlarına bağlarlar (9). İnsula'nın arka lobülü ön lobdan daha küçüktür. Önde santral insular sulkus ve arkada inferior sınırlayıcı sulkus ile sınırlandırılmıştır. İki uzun girustan oluşur. "Posterior insular nokta" terimi, superior ve inferior limitan sulkusların birleştiği posterior insular lobülün posterior-superior sınırını tanımlamak için kullanılmıştır (3,6,8,10).

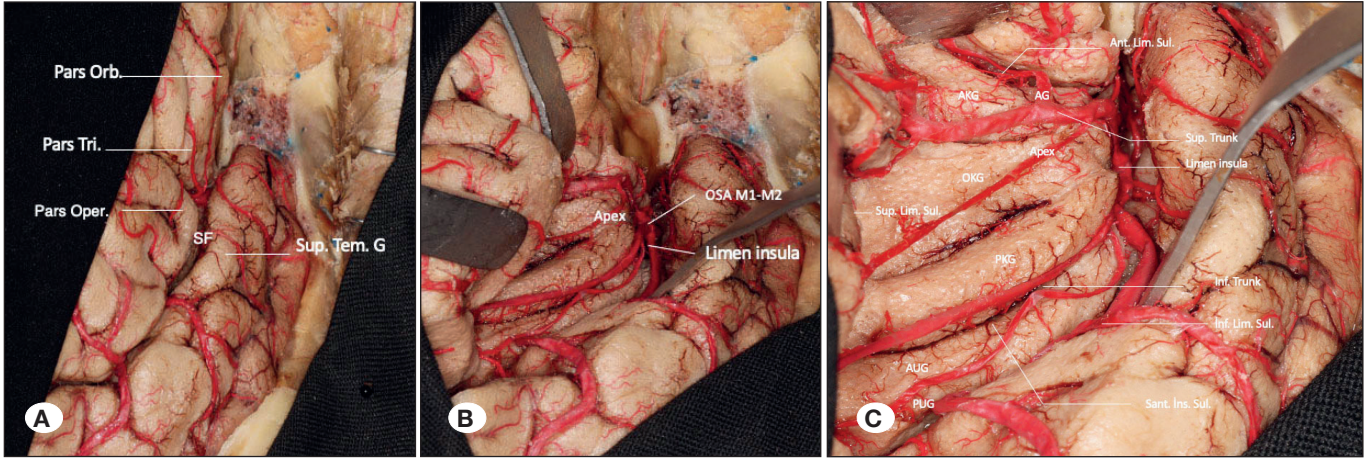
Vasküler yapılar ile ilişkisi

İnsulanın vasküler ilişkisini temelde OSA üzerinden ele almak gerekmektedir (7,12). OSA'nın M1 segmenti, sfenoidal sırtın yanal, paralel ve posteriorunda uzanır. Silvian fissürün bazalinde bulunur ve limen insulaya ulaşır. Bifurkasyon (%88 hemisfer) veya trifurkasyon (%12 hemisfer) gösterir (16). Bu gövdelerin ilgili boyutu değişkendir (16,17,19). M1 segmenti, OSA'nın orjininden başlar, silvian fissürün derininde seyrine devam eder, anterior perforan substansın altından geçer ve 90°'lik bir açı ile limen insula seviyesinde genuda sonlanır (Şekil 1B) (17). Orijin yerine bağlı olarak lateral, medial ve bazen ara gruplara ayrılırlar. Lateral ve ara grup, iç kapsülün kaudat ve üst kısmının baş ve gövdesini vaskülarize etmek için putamenden geçer. Medial grup globus pallidus'un bir kısmını, internal kapsülün ön uzuvunu ve kaudatın başını besler.

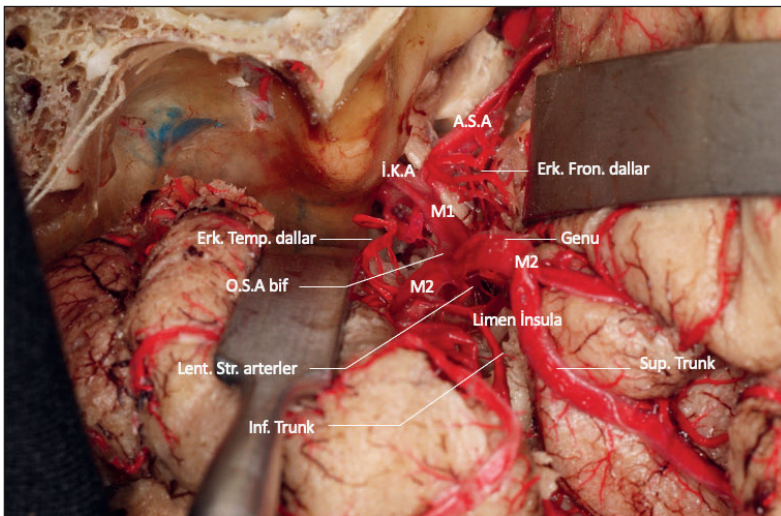
Limen insula seviyesinde, OSA postero-dorsal olarak döner. Bu keskin açı, MCA'nın M1-sfenoidal ve M2-insular segmentleri arasındaki sınırdır (Şekil 2) (1,16,17). MCA'nın gövdeleri burada insulanın yüzeyinde yelpaze gibi uzanan arterler halinde ayrılır. M2 segment, insulada seyrettiği ve süperior ve inferior limitan sulkuslara doğru seyrederken ortalama 8 dal (5-11 arası) verir (17).

İnsulayı vaskülarize eden arterlerin çoğu M2 segmentinden köken alır. İnsulanın kısa insular, aksesuar ve transvers girus, anterior sirküler sulkus ve apeksi esas olarak OSA'nın süperior trunkı ve dalları tarafından vaskülarize edilirken, arka uzun insular girus ve limen insula OSA'nın inferior trunk ve dalları tarafından beslenir (Şekil 2). İnsulanın merkezi kısmı (insula'nın merkezi sulkusu ve ön uzun insular girus) her iki gövdeden çift vaskülarizasyon alır (17). Son olarak, bifurkasyondan önce M1'den çıkan erken dallar, insulanın merkezi oluşu hariç her bölümünü besleyebilir (17).

İnsulanın sirküler sulkus seviyesinde, OSA dalları, operkülün medial yönüne ulaşmak için eğilerek seyrine devam eder. Bu eğrilik anjiyogramlarda görülür ve M2-insular ve M3-operkül segmentler arasındaki sınırı belirler. Opercula'nın medial ve yatay kısmının birleşim noktasına vardığında (temporal olan için superior ve fronto-parietal olan için inferior), M3 tekrar yönünü değiştirir ve silvian fissürün lateraline doğru seyrederek (17,19). M3-operkül ve M4-kortikal segmentler arasındaki sınırı belirleyen alan bu hizaya denk gelir. Bu noktadan itibaren, M4



Şekil 1: Sağ taraf. **A)** Geniş frontotemporal kraniyotomi sonrası silvian fissür ortaya konuldu. Silvian fissürün sınırlarını süperiorda frontal lob ve parietal lob, inferiorda ise temporal lob oluşturmaktadır. Frontal lobun silvian fissüre bakan yüzeyinde üç ayrı kısmı -önden arkaya sırasıyla- pars orbitalis, pars triangularis ve pars operkulum kısımları ortaya konuldu. Temporal lobun süperior temporal girusu silvian fissürün inferiorda sınırını oluşturmaktadır. Her üç lobun oluşturduğu operkulumlar silvian fissürün uzanımını göstermektedir. **B)** Araknoid silvian diseksiyon sonrası frontoparietal operkulum superiora, temporal operkulumun inferiora ekartasyonu sonrası OSA dalları ve limen insula görüldü. **C)** İnsulanın apeksi ve limeni ortaya konulduktan sonra diseksiyonu derinleştirerek insular bölgenin sınırlarını oluşturan limitan sulkuslar ortaya konuldu. Anterior limitan sulkus, insulanın ön kısmını inferior frontal girustan ayırır. Superior limitan sulkus, insulanın üst kısmını frontoparietal operkulumdan ayırır. Inferior limitan sulkus ise insulayı silvian fissürün posterio-ru ve superior temporal girustan ayırır. İnsula, santral sulkus aracılığı ile anterior ve posterior lobüllere ayrılır. Anterior lobül, apekte ortak bir orijine sahip üç kısa girustan oluşur. Konumlarına göre bu giruslar anterior, orta ve posterior olarak ayrılırlar. Posterior girus da insular apekten doğar ve boyutu anterior giruslara göre daha uzundur. Anterior ve posterior giruslar olmak üzere ayrılır. **Orb:** Orbitalis, **Tri:** Triangularis, **Oper:** Operkularis, **SF:** Silvian fissür, **Sup:** Superior, **Tem:** Temporal, **G:** Girus, **OSA:** Orta serebral arter, **Ant:** Anterior, **Lim:** Limitan, **Sul:** Sulkus; **AKG:** Anterior kısa girus, **OKG:** Orta kısa girus, **PKG:** Posterior kısa girus, **AG:** Aksesuar girus, **AUG:** Anterior uzun girus, **PUG:** Posterior uzun girus, **İnf:** Inferior, **Sant:** santral, **İns:** İnsular.



Şekil 2: Sol taraf. İnsulanın vasküler beslenmesinde OSA temel rol oynar. OSA'nın bifurkasyon yaptığı hizada M1 segment dalları yaklaşık 90°'lik bir açı ile limen insula seviyesinde genuda sonlandı. Bu kısım, M1 (sfenoidal) segmentin sonlanıp, M2 (insular) segmentin başlangıç yeri olarak kabul edildi. M2 segmentin süperior trunkı anterior, orta ve posterior kısa giruslar, anterior limitan sulkus ve insular apexi besler. Inferior trunk ise posterior uzun girus, inferior limitan sulkus ve limen insulayı besler. **İ.K.A.:** İnternal karotid arter, **A.S.A.:** Anterior serebral arter, **Erk:** Erken, **Fron:** Frontal, **Temp:** Temporal, **O.S.A.:** Orta serebral arter, **Lent:** Lentiküler, **Str:** Striat, **Sup:** Superior, **İnf:** inferior.

segmentinin dalları lateral fissürden çıkar ve son varış yerlerine ulaşmak için korteksin yüzeyine yayılır. OSA'nın sulama alanını, 12 farklı bölgeyi etkilemektedir: orbitofrontal, prefrontal, precentral, santral, anterior parietal, posterior parietal, angular, temporoookspital, posterior temporal, orta temporal, anterior temporal ve temporopolar arterler (18,19).

Yüzeysel silvian ven (YSV), silvianın posterior ramusu boyunca uzanan en büyük ve insulayı drene eden en dominant vendir (17). Yüzeysel silvian ven, frontosilvian ve temporosilvian venlerden drenaj alıp sfenoparietal sinüse drene olur. Frontosilvian venler, inferior frontal girusu drene eder ve YSV'ye katılmak için silvian fissürün anterior horizontal ve anterior çıkan dalları boyunca ilerler. Temporosilvian venler, superior temporal girus boyunca uzanır. Temporosilvian venlerin posterior kısımları, Labbe venine drene olur (17). Limen insula, inferior limitan sulkus, uzun giruslar ve santral insular sulkus, derin orta serebral venler tarafından drene edilir. Yüzeysel silvian ven, kısa girus ve apeksi diğer insular alanlardan daha sık drene eder. Transizyonel bölge, genellikle hem yüzeysel hem de derin venöz sistemler tarafından drene edilir, ön ve arka kısa girusları ve anterior limitan sulkusu içerir (17,18).

■ KAYNAKLAR

1. Akamatsu Y, Kashimura H, Fujiwara S, Kubo Y, Ogasawara K: Feasibility and safety of partial resection of the anterior insular cortex for microsurgical treatment of middle cerebral artery aneurysms located in the limen recess: Patient series. *J Neurosurgery Case Lessons* 1(23):CASE21158, 2021
2. Bahşi İ, Adanir SS, Karatepe Ş: Johann Christian Reil (1759–1813) who first described the insula. *Child's Nerv Syst* 38(7):1237-1239, 2022
3. Baydın S, Gungor A, Holanda VM, Tanriover N, Danish SF: Microneuroanatomy of the anterior frontal laser trajectory to the insula. *World Neurosurg* 132:e909-921, 2019
4. Benet A, Hervey-Jumper SL, González Sánchez JJ, Lawton MT, Berger MS: Surgical assessment of the insula. Part 1: Surgical anatomy and morphometric analysis of the transsilvian and transcortical approaches to the insula. *J Neurosurg* 124(2):469-481, 2016
5. Campero A, Tróccoli G, Martins C, Fernandez-Miranda JC, Yasuda A, Rhoton AL: Microsurgical approaches to the medial temporal region: An anatomical study. *Neurosurgery* 59(4 Suppl 2):279-308, 2006
6. Fernández-Miranda JC, De Oliveira E, Rubino PA, Wen HT, Rhoton AL: Microvascular anatomy of the medial temporal region: Part 1: Its application to arteriovenous malformation surgery. *Neurosurgery* 67(Suppl 1):237-276, 2010
7. Gibo H, Carver CC, Rhoton AL, Lenkey C, Mitchell RJ: Microsurgical anatomy of the middle cerebral artery. *J Neurosurg* 54(2):151-169, 1981
8. Hung TW, Rhoton AL, Marino R: Anatomical landmarks for hemispherotomy and their clinical application. *J Neurosurg* 101(5):747-755, 2004
9. Kaneko N, Boling WW, Shonai T, Ohmori K, Shiokawa Y, Kurita H, Fukushima T: Delineation of the safe zone in surgery of sylvian insular triangle: Morphometric analysis and magnetic resonance imaging study. *Neurosurgery* 70(2):290-299, 2012
10. Kawashima M, Rhoton AL, Matsushima T: Comparison of posterior approaches to the posterior incisural space: Microsurgical anatomy and proposal of a new method, the occipital bi-transtentorial/falcine approach. *Neurosurgery* 62(6 Suppl):1208-1221, 2008
11. Lang FF, Olsan NE, Demonte F, Gokaslan ZL, Holland EC, Kalhorn C, Sawaya R: Surgical resection of intrinsic insular tumors: Complication avoidance. *J Neurosurg* 95(4):638-650, 2001
12. Pai SB, Varma RG, Kulkarni RN: Microsurgical anatomy of the middle cerebral artery. *Neurol India* 53(2):186-190, 2005
13. Pastor-Escartín F, García-Catalán G, Holanda VM, Muftah Lahirish IA, Quintero RB, Neto MR, Quilis-Quesada V, Ibaoc KB, González Darder JM, de Oliveira E: Microsurgical anatomy of the insular region and operculoinsular association fibers and its neurosurgical application. *World Neurosurg* 129:407-420, 2019
14. Ribas EC, Yagmurlu K, Wen HT, Rhoton Jr AL: Microsurgical anatomy of the inferior limiting insular sulcus and the temporal stem. *J Neurosurg* 122(6):1263-1273, 2015
15. Shimizu H, Maehara T: Modification of peri-insular hemispherotomy and surgical results. *Neurosurgery* 47(2):367-373, 2000
16. Tanriover N, Kawashima M, Rhoton AL, Ulm AJ, Mericle RA: Microsurgical anatomy of the early branches of the middle cerebral artery: Morphometric analysis and classification with angiographic correlation. *J Neurosurg* 98(6):1277-1290, 2003
17. Tanriover N, Rhoton AL, Kawashima M, Ulm AJ, Yasuda A: Microsurgical anatomy of the insula and the sylvian fissure. *J Neurosurg* 100(5):891-922, 2004
18. Türe U, Yaşargil DCH, Al-Mefty O, Yaşargil MG: Topographic anatomy of the insular region. *J Neurosurg* 90(4):720-733, 1999
19. Türe U, Yaşargil MG, Al-Mefty O, Yaşargil DC: Arteries of the insula. *J Neurosurg* 92:676-687, 2000
20. Varnavas GG, Grand W: The insular cortex: Morphological and vascular anatomic characteristics. *Neurosurgery* 44(1):127-138, 1999