



# İnsula Derin Bağlantı Yolları

## Deep Connection Tracts of the Insula

Yaser ÖZGÜNDÜZ

Aksaray Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, Merkez, Aksaray, Türkiye

**Yazışma adresi:** Yaser ÖZGÜNDÜZ ✉ yaserozgunduz@gmail.com

### ÖZ

İnsula serebral santral korun lateral bileşeni olup operküla tarafından saklanmıştır. Motor, duyu, konuşma, otonom regülasyon, bilinç ve duyu gibi birçok fonksiyona hizmet eder. İnsula korteksi rezeke edilince önce kısa asosiyasyon liflerinden oluşan ekstrem kapsül ortaya çıkar. Kısa asosiyasyon lifleri kaldırıldığında eksternal kapsül ve eksternal kapsül santralinde klastrum gri maddesi ortaya çıkar. Hem klastrum hem eksternal kapsül ventral ve dorsal olarak incelenir. Ventral eksternal kapsül inferiorda unsinat fasikül, superiorda ise inferior frontooksipital fasikülden oluşur. Dorsal eksternal kapsül ise klaustrokortikal lifleri oluşturur. Daha derinde santral korun diğer bileşenleri ortaya çıkar. Bu makalede insula derin bağlantı yolları kadavra diseksiyonlarımız eşliğinde ve güncel literatür bilgileri ışığında sunulmuştur.

**ANAHTAR SÖZCÜKLER:** Ak madde, Anatomi, İnsula

### ABSTRACT

The insula is the lateral component of the cerebral central core and hidden by the opercula. It serves many functions such as motor, sense, speech, autonomic regulation, consciousness and emotion. When the insula cortex is resected, the extreme capsule consisting of short association fibers first emerges. Subsequently, as the short association fibers removed, both the external capsule and the gray matter of the claustrum on the external capsule become exposed. Both the claustrum and the external capsule are examined ventrally, and dorsally. The ventral external capsule consists of the uncinata fascicle inferiorly and the inferior frontooccipital fascicle superiorly. The dorsal external capsule on the other hand forms the claustror cortical fibers. Deeper within, additional components of the central core become apparent. In this article, insula connections are presented through our cadaver dissections in the light of recent literature.

**KEYWORDS:** White matter, Anatomy, Insula

### ■ GİRİŞ

İnsula, frontoparyetal ve temporal operküla altında silvian fissür derininde yerleşen üçgenimsi sınırları mevcut bir tepe alanı ifade eder. Beyinsapı ile serebral hemisfer korteksi arasında bilateral yerleşen santral korun internal kapsül, talamus ve bazal ganglionlar haricinde kalan en lateral bileşenidir (16,17). Beyin haritalama tekniklerindeki ilerlemeyle beraber insulanın birçok fonksiyonu bildirilmiştir. İnsula santral sulku-su sınır olmak üzere anterior insula tat, koku, kardiak hız ve

ritm dahil viseromotor kontrol, somatomotor kontrol, konuşmanın üretimi, bilişsel kontrol, vücut farkındalığı, bireysel ve sosyal duygular gibi fonksiyonlarda; posterior insula ise odituar, vestibular, somatosensuar, ağrı, ısı ve viserosensuar fonksiyonlarda görevlidir (1,8,14,18,21-23). Dıştan mediale ekstrem kapsül, bileşenleriyle beraber eksternal kapsül insulanın esas ak maddesini oluşturur.

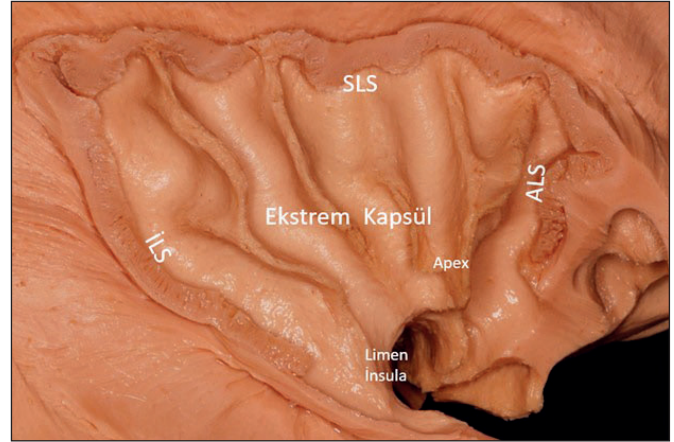
İnsula korteksi disektörle kaldırılınca; komşu insular girusları birbirine yatay, operkülaya da dikey kısa U lifleriyle bağlayan

ekstrem kapsül ortaya çıkar (11). Dekortike edilen kısa giruslar korteks morfolojisiyle uyumlu olarak insular apekte birleşir ancak uzun giruslar apekse katılmaz (Şekil 1). Ekstrem kapsülün eksternal kapsülden bağımsız olup olmadığı tartışma konusu olmasının yanında konuşmanın semantik (anlam) bileşeni ve sentaks (söz dizimi) süreciyle ilişkilendirilmiştir (2)

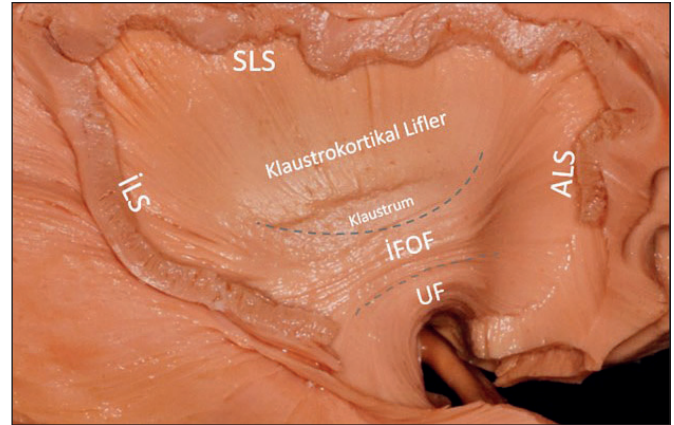
Ekstrem kapsülü oluşturan kısa asosiyasyon lifleri kaldırılınca sırasıyla klastrum ve eksternal kapsül karşımıza çıkar (Şekil 2). Klastrum dorsal ve ventral olarak ikiye ayrılan, eksternal kapsül üzerinde ortada yerleşik ince bir gri madde adacığdır. Ventral klastrum, ventral eksternal kapsüde dağılarak amigdalaya uzanan daha ince ve küçük gri madde adalarından oluşurken, dorsal klastrum görece daha kalın ve sınırları belirgindir (17,26). Yaşargil ve arkadaşları klastrumun cerrahide ayırt edilebildiğini ve ilerlemiş malign gliomalar haricinde, medialindeki putamenle beraber korunduğunu gözlemlemişlerdir (27). Öte yandan Duffau ve arkadaşları ise insular gliomlarda tutulumun çoğu kez bu bölgelere ulaştığını ancak unilateral klastrum rezeksiyonunun tolere edildiğini savunmuşlardır (3,6)

Eksternal kapsül de klastrum gibi dorsal ve ventral olarak ikiye ayrılır (10,11). Dorsal eksternal kapsülü oluşturan klastrorokortikal lifler, klastrumdan başlayarak superior limitan sulkusa doğru uzanarak suplemeter motor alanla paryetal lobun posteriorunu birbirine bağlayan bir parabol çizerler (10,24,26). Klastrorokortikal lifler görsel, somatosensöryel ve motor bilginin entegrasyonundan sorumlu tutulmuştur (20). Ventral eksternal kapsül ise frontalden temporale uzanım gösteren; üstte inferior oksipitofrontal fasikül (İFOF) ve altında unsinat fasikülden (UF) oluşur (11). En aşağıdaki UF, limen insulada daralarak orbitofrontal bölge, septal bölge ile temporal pol arasında kanca şeklinde uzanır. UF, ventral limbik yolaktaki fonksiyonuyla davranış rahatsızlıkları ile ilişkilendirilirken semantik fonksiyona olan dolaylı katkısının tolere edilebildiği iddia edilmiştir (5,10,15). Frontalden temporale uzanım gösteren intraaksiyel tümörler çoğunlukla bu asosiyasyon lifini kullanarak yayılım yapmayı tercih ederler (24). UF'nin derin lifleri, dorsal klastrum medial ve aşağı kısmı, bu yapıların medialinde seyreden ve hasarı önemli morbidite nedenlerinden olan lentikülostriat arterler için sınırdır (11).

İFOF, UF hemen yukarısında, orta ve inferior frontal girus ile paryetal lobun arka kısmı ve oksipital lob arasında uzanır. İFOF frontalden paryetooksipitale uzanırken; superior limitan sulkus ön üçte biri ile anterior limitan sulkusun yukarı yarısından geçerek limen insula yukarısında daralır, daha sonra inferior limitan sulkusun orta üçte birinden geçerek bir papyon şekli oluşturur (26). İnsula subkorteksinde önemli bir alan işgal eden bu asosiyasyon lifinin gördüğünü tanımlama, multimodal sensöryel girdilerin ve motor planlamanın entegrasyonu, okuma, yazma ve kişinin anlamlı bir konuşmayı kavraması, üretmesinin yanında dilin semantik süreçlerinde görevleri vardır ve dominant hemisferde korunması zorunludur (4,7,13,19,26). İnsula cerrahisi sırasında İFOF'un sınır kabul edilmesi semantik parafaziye (hedef kelime yerine anlamla ilişkili ama yanlış bir kelime söylemek; limon yerine portakal gibi) önlemesinin yanı sıra posteriora üzerini örttüğü optik radyasyonun da (internal kapsül bileşeni) korunmasını sağlar (4,24)



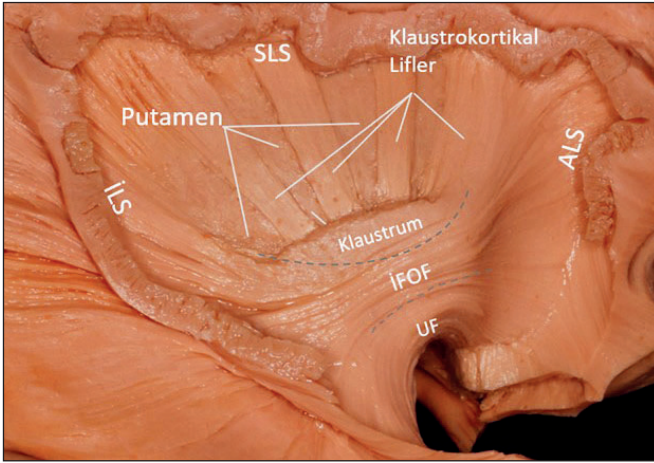
Şekil 1: Klingler Tekniği'ne uygun kadavra diseksiyonu; sağ insula dekontikasyonu sonrası ekstrem kapsül, lateralden bakış. **ALS:** Anterior limitan sulkus. **İLS:** Inferior limitan sulkus. **SLS:** Superior limitan sulkus.



Şekil 2: Önceki diseksiyonun devamı: Ekstrem kapsül kaldırıldıktan sonra klastrum ve eksternal kapsül bileşenleri, sağ insula lateralden bakış. **ALS:** Anterior limitan sulkus, **İFOF:** İnferior fronto-okspital fasikül, **İLS:** Inferior limitan sulkus, **SLS:** Superior limitan sulkus, **UF:** Unsinat fasikül.

Dorsal klastrum, medialindeki dorsal eksternal kapsül ile kaldırılınca lentiform nükleusun lateral bileşeni putamen karşımıza çıkar (Şekil 3). Putamen aspiratör ve disektörle kaldırılınca, medialinde lentiform nükleusun medial bileşeni daha sert kıvamı ve soluk rengiyle ayırt edilen globus pallidus belirir (Şekil 4). Globus pallidusun hemen altında ise primitif bir komissüral lif olan anterior komissür (posterior bacağı), Gratiolet Kanalı içinde uzanarak saat yönünün tersinde girdap şeklinde açılacak-ventral eksternal kapsül derininde seyrederek- superior lifleri temporale inferior lifleri oksipitale uzanacaktır (17,26). Anterior komissür görme fonksiyonunu desteklemesine rağmen diskonneksiyonuyla defisit bildirilmemiştir (10).

Anterior komissür (posterior bacağı) önünde ve lateralinde, putamenin üstüne oturduğu substantia innominata yerleşir (Şekil 4). Substantia innominatanın izdüşümü anterior perforan maddeye denk gelir. Lentiform nükleusun medialinde, internal kapsül projeksiyonu serebral pedinkülden itibaren yelpaze gibi



**Şekil 3:** Putamen ve ekstrem kapsül bileşenleri ilişkisi, sağ insula lateralden bakış. Klaustrokortikal lifler ızgara şeklinde kısmen kaldırılarak medialdeki putamen ortaya konulmuş. **ALS:** Anterior limitan sulkus, **İFOF:** İnferior frontooksipital fasikül, **İLS:** İnferior limitan sulkus, **SLS:** Superior limitan sulkus, **UF:** Umsinat fasikül.

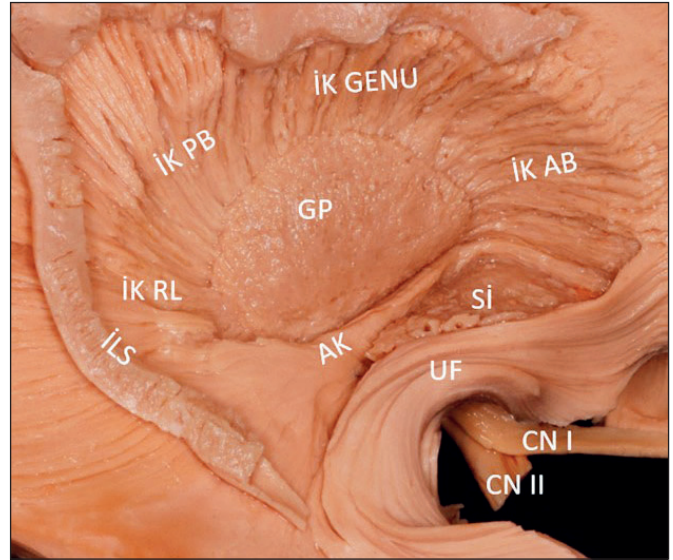
açılarak; anterior bacak, posterior bacak, bunların arasında en medialde olup foramen monroya komşu genu, arkaya uzanan retro- ve temporale uzanan sublentiküler kısımlarını oluşturur (Şekil 5) (12).

İnsula lateral yüzeyi putamene göre daha geniş olduğundan, internal kapsül projeksiyonu periinsular sulkuslarda kortekse yakınlaşır. Anterior insular nokta ve posterior insular nokta en yakın yerlerdir (9,25). Özellikle posterior insular köşe ve inferior limitan sulkus derinindeki internal kapsül projeksiyonu kortikospinal lifler, superior talamik radyasyon, optik radyasyonları içerdiğinden mutlak öneme haizdir (17).

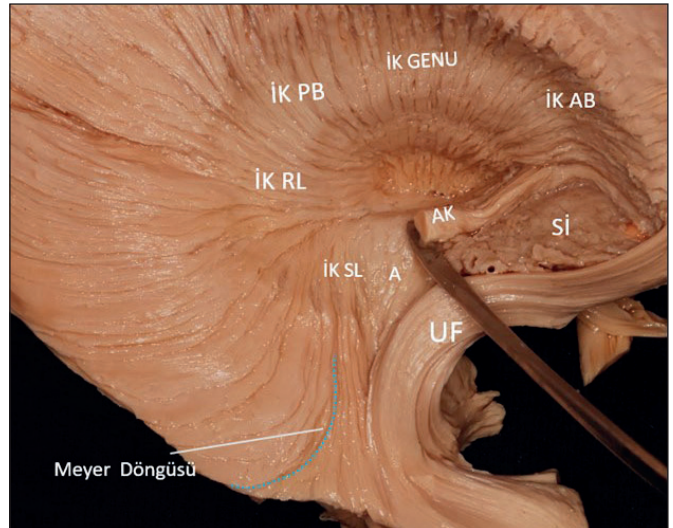
Eksternal kapsül ve internal kapsül projeksiyonlarının; lenti-form nükleus superiorunda (frontoparyetalde) birleşimi corona radiata olarak adlandırılırken, posteriora (okspitale) doğru birleşerek oluşturdukları lifler sagittal stratum olarak adlandırılır (anterior komissür projeksiyonu da sagittal stratum içinde kabul edilebilir) (12,24).

## KAYNAKLAR

1. Bamiou DE, Musiek FE, Luxon LM: The insula (Island of Reil) and its role in auditory processing: Literature review. *Brain Res Rev* 42(2):143-154, 2003
2. Dick AS, Bernal B, Tremblay P: The language connectome: New pathways, new concepts. *Neuroscientist* 20(5):453-467, 2014
3. Duffau H, Capelle L, Lopes M, Faillot T, Sichez JP, Fohanno D: The insular lobe: Physiopathological and surgical considerations. *Neurosurgery* 47(4):801-811, 2000
4. 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* 128(Pt 4):797-810, 2005



**Şekil 4:** Globus pallidus ve medialinde internal kapsül; sağ hemisfer lateralden bakış. **AK:** Anterior komissür, **ALS:** Anterior limitan sulkus, **GP:** Globus pallidus, **İK AB:** İnernal kapsül anterior bacağı, **İK GENU:** İnernal kapsül genu kısmı, **İK PB:** İnernal kapsül posterior bacağı, **İK RL:** İnernal kapsül retrolentiküler kısmı, **İLS:** İnferior limitan sulkus, **Si:** Substantia innominata, **UF:** Umsinat fasikül.



**Şekil 5:** İnternal kapsül; sağ hemisfer lateralden bakış. Globus pallidus kaldırılmış, anterior komissür güdük bırakılarak, distal disketörle kaldırılmış. UF posterosuperiorunda ve medialde amigdala gözüktüyor. İnternal kapsül anterior bacağı, genu ve posterior bacağı corona radiataya katılırken; retrolentiküler internal kapsül hafif bir kavisle parietooksipitale uzanıyor. Sublentiküler internal kapsülün ön kısmı ise doğrusal olarak temporal pole uzanırken, hemen arkasında lateral genikulat cisimden çıkacak olan optik radyasyon liflerinin temporale uzandıktan sonra oksipitale dönüş yaptığı (Meyer Döngüsü) gözlenir. **A:** Amigdala, **AK:** Anterior komissür, **İK AB:** İnternal kapsül anterior bacağı, **İK GENU:** İnternal kapsül genu kısmı, **İK PB:** İnternal kapsül posterior bacağı, **İK RL:** İnternal kapsül retrolentiküler kısmı, **İK SL:** İnternal kapsül sublentiküler kısmı, **Si:** Substantia innominata, **UF:** Umsinat fasikül.

5. Duffau H, Gatignol P, Moritz-Gasser S, Mandonnet E: Is the left uncinate fasciculus essential for language? : AA cerebral stimulation study. *J Neurol* 256(3):382-389, 2009
6. Duffau H, Mandonnet E, Gatignol P, Capelle L: Functional compensation of the claustrum: Lessons from low-grade glioma surgery. *J Neurooncol* 81(3):327-329, 2007
7. Duffau H, Thiebaut De Schotten M, Mandonnet E: White matter functional connectivity as an additional landmark for dominant temporal lobectomy. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 79(5):492-495, 2008
8. Dziedzic TA, Bala A, Marchel A: Anatomical aspects of the insula, opercula and peri-insular white matter for a transcortical approach to insular glioma resection. *Neurosurg Rev* 45(1):793-806, 2022
9. Ebeling U, Eisner W, Gutbrod K: Intraoperative speech mapping during resection of tumors in the posterior dominant temporal lobe. *J Neurol* 369:104, 1992
10. Fernández-Miranda JC, Rhoton AL, Álvarez-Linera J, Kakizawa Y, Choi C, de Oliveira EP: Three-dimensional microsurgical and tractographic anatomy of the white matter of the human brain. *Neurosurgery* 62(6 Suppl 3):989-1028, 2008
11. Fernández-Miranda JC, Rhoton AL, Kakizawa Y, Choi C, Álvarez-Linera J: The claustrum and its projection system in the human brain: A microsurgical and tractographic anatomical study - Laboratory investigation. *J Neurosurg* 108(4):764-774, 2008
12. Goga C, Brinzaniuc K, Florian IS, Rodriguez MR: The three-dimensional architecture of the internal capsule of the human brain demonstrated by fiber dissection technique. *ARS Medica Tomitana* 20(3):115-122, 2015
13. Motomura K, Fujii M, Maesawa S, Kuramitsu S, Natsume A, Wakabayashi T: Association of dorsal inferior frontooccipital fasciculus fibers in the deep parietal lobe with both reading and writing processes: A brain mapping study. *J Neurosurg* 121(1):142-148, 2014
14. Nieuwenhuys R: The insular cortex: A review. *Prog Brain Res* 195:123-163, 2012
15. Nieuwenhuys R, Voogd J, Van Huijzen C: The Human Central Nervous System: A Synopsis and Atlas. 4. baskı. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2008:1-967
16. Rhoton AL Jr: Rhoton Cranial Anatomy and Surgical Approaches. Oxford University Press, 2019
17. Ribas GC: Applied Cranial-Cerebral Anatomy: Brain Architecture and Anatomically Oriented Microneurosurgery. Cambridge: Cambridge University Press, 2018:1-132
18. Ronchi R, Bello-Ruiz J, Lukowska M, Herbelin B, Cabrilo I, Schaller K, Blanke O: Right insular damage decreases heartbeat awareness and alters cardio-visual effects on bodily self-consciousness. *Neuropsychologia* 70:11-20, 2015
19. 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* 218(1):21-37, 2013
20. Saur D, Kreher BW, Schnell S, Kümmerer D, Kellmeyer P, Vry MS, Umarova R, Musso M, Glauche V, Abel S, Huber W, Rijntjes M, Hennig J, Weiller C: Ventral and dorsal pathways for language. *Proc Natl Acad Sci U S A* 105(46):18035-18040, 2008
21. Schaller K, Iannotti GR, Orepic P, Betka S, Haemmerli J, Boex C, Alcoba-Banqueri S, Garin DFA, Herbelin B, Park HD, Michel CM, Blanke O: The perspectives of mapping and monitoring of the sense of self in neurosurgical patients. *Acta Neurochir (Wien)* 163(5):1213-1226, 2021
22. Seeley WW: The salience network: A neural system for perceiving and responding to homeostatic demands. *J Neurosci* 39(50):9878-9882, 2019
23. Stephani C, Fernandez-Baca Vaca G, Maclunas R, Koubeissi M, Lüders HO: Functional neuroanatomy of the insular lobe. *Brain Struct Funct* 216(2):137-149, 2011
24. Tanrıöver N, Küçükyürük B, Yağmurlu K, Baydın S: Supratentorial bölge'nin mikrocerrahi anatomisi. İçinde: Özyurt E, (ed), Düşük Dereceli Gliomalar ve Tedavileri. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri, 2015:1-47.
25. Türe U, Yaşargil DCH, Al-Mefty O, Yaşargil MG: Topographic anatomy of the insular region. *J Neurosurg* 90(4):720-733, 1999
26. Yağmurlu K, Vlasak AL, Rhoton AL Jr: Three-dimensional topographic fiber tract anatomy of the cerebrum. *Neurosurgery* 11 Suppl 2:274-305, 2015
27. Yaşargil MG, von Ammon K, Cavazos E, Doczi T, Reeves JD, Roth P: Tumours of the limbic and paralimbic systems. *Acta Neurochir (Wien)* 118(1-2):40-52, 1992