



Inferior Fronto-Oksipital Fasikül (IFOF)

Inferior Fronto-Occipital Fascicule (IFOF)

Baran BOZKURT, Ali YAYLA

Acıbadem Üniversitesi Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

Yazışma adresi: Baran BOZKURT ✉ drbaranbozkurt@gmail.com

ÖZ

Inferior fronto-oksipital fasikül (IFOF), anlamsal dil işleme ve hedefe yönelik davranışla ilişkili işlevsel bağlantıya sahip, insan beyninin geniş bir ak madde yolu. Inferior fronto-oksipital fasikülün (IFOF) anlamsal işlemedeki rolünü destekleyen beyaz madde yollarına ilişkin elektrostimülasyon çalışmalarına rağmen, bu fasikülün kesin anatomik seyri, özellikle de kesin kortikal sonlanmaları hakkında çok az şey bilinmektedir. Özellikle temporal lob ve insular lezyon cerrahilerinde IFOF anatomisinin iyi bilinmesi, dominant hemisferde konuşmanın bütünlüğünün ve anlam yönünün korunması açısından son derece önemlidir. Ancak her bir IFOF alt bileşeninin anlamsal işleme tam katılımını açıklığa kavuşturmak için daha fazla kombine anatomik (diseksiyon ve Difüzyon Tensör Görüntüleme) ve fonksiyonel (intraoperatif subkortikal stimülasyon) çalışmalara ihtiyaç vardır.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Inferior fronto-oksipital fasikül, Ak madde, Semantik parafazi

ABSTRACT

The inferior fronto-occipital fasciculus (IFOF) is a large white matter tract of the human brain with functional connectivity associated with semantic language processing and goal-directed behavior. Despite electrostimulation studies of white matter tracts supporting the role of the inferior fronto-occipital fasciculus (IFOF) in semantic processing, little is known about the precise anatomical course of this fascicle, especially its precise cortical terminations. A good knowledge of IFOF anatomy, especially in temporal lobe and insular lesion surgeries, is extremely important in terms of preserving the integrity and meaning of speech in the dominant hemisphere. However, further combined anatomical (dissection and Diffusion Tensor Imaging) and functional (intraoperative subcortical stimulation) studies are needed to clarify the full involvement of each IFOF subcomponent in semantic processing.

KEYWORDS: Inferior fronto-occipital fascicule, White matter, Semantic paraphasia

■ GİRİŞ

Inferior fronto-oksipital fasikül (IFOF), eksternal kapsülün subinsular beyaz cevherinin ventral üçte birinden geçerek oksipital korteksi, temporo-bazal alanları, superior parietal lobu ve precuneusu frontal loba bağlar. 1809'da J. Reil tarafından inferior longitudinal fasikül (ILF) varlığının tanımlanmasının ardından Alman nöroanatomist K.F. Burdach, ILF'yi unsinat fasikülden açıkça ayırdı ve fronto-oksipital bağlantının anatomik karakterizasyonunu 1822'de ilk olarak tanımladı (2,18).

1909'da Edward Curran; frontal, oksipital, parietal ve temporal loblardaki sonlanma bölgeleri ve bazal ganglionlar (lentiform çekirdek) ile ilişkileri de dahil olmak üzere IFOF'un nihai mimarisini tanımladı (4,18). Dahası "gövde" kavramını kullanarak liflerin yönünün ve kompaktlığının açıkça belirgin olduğu ve çevredeki anatomik yapılardan ayırt edilebildiği belirtti (4).

Inferior fronto-oksipital fasikül (IFOF) üzerindeki anatomik incelemeye olan ilgi, traktografi ve beyin haritalama tekniklerinin geliştirilmesiyle son yıllarda arttı (7,11,17,18).

Hayvanlardaki deneysel çalışmalar, insanlardaki post-mortem çalışmalar ve teknolojik gelişmelerden faydalanılarak inferior fronto-oksipital fasikülün yapısal ve fonksiyonel özellikleri ortaya konuldu. Uyanık koşullarda elektrostimülasyonla sistematik ve tekrarlanabilir teknikler intraoperatif fonksiyonel tepkilerle ilgili anatomik substratı daha da karakterize etti. Uyanık cerrahiler ile semantik merkezin IFOF ile ilişkisi tam olarak ortaya konuldu (17,21).

Yapısal Anatomi

IFOF; fronto-oksipital assosiasyon lifi olup; middle ve inferior frontal girusları parietal ve oksipital lobların posterior kısmına bağlar (Şekil 1). Frontal lobda dorsolateral prefrontal kortekse (middle frontal girusun orta kısmı), pars orbitalis ve pars triangularis'e projeksiyon yapar (7,21). Frontal lob içerisinde yüzeysel ve derin olmak üzere iki katman tanımlanmıştır. Yüzeysel lifler, insulanın süperior limitan sulkusu seviyesinde antero-süperior ve medio-lateral olarak yay çizer ve inferior frontal girusun pars triangularis (pTr) ve pars opercularis (pOp) kortekslerine ulaşır. Derin lifler ise inferior frontal sulkusun altından geçerek arkadan öne doğru orta frontal girus, dorso-lateral prefrontal kortekse ve fronto-bazal kortekslerle ulaşır (11). IFOF, korona radiata liflerinin lateralinde (yüzeysel) ve frontal lobdaki SLF II ve arkuat fasikül (AF) segmentlerinin medialinde (derin) bulunur (Şekil 2). Limen insula seviyesinde unsinat fasikülün (UF) hemen üzerinde daralır (Şekil 1,2), inferior limitan sulkusun orta üçte birlik kısmına kadar derinden geçer ve oksipital loba ulaşmak için süperior ve middle temporal giruslar içinde posteriora doğru devam eder (15). IFOF'un parieto-oksipital kortekste ki kortikal dağılımının üst sınırı, limen insulanın orta noktası ile parieto-oksipital sulkusun üst ucunu birleştiren bir çizginin altında bulunur. Bu çizgi aynı zamanda klostrokortikal liflerin arka kenarında da konumlandırılmıştır (21). IFOF aynı zamanda parietal lobun arka kısmına da projeksiyon yapar (6).

Yapılan difüzyon ağırlıklı görüntüleme (DWI) çalışmaları ile IFOF liflerinin çok katmanlı dağılımı doğrulandı (1,3,5,9,14,15,19,20). 20 sağlıklı yetişkin denek üzerinde yapılan traktografi analizine dayanan yeni bir çalışma, IFOF kortikal sonlanmalarının; infe-

rior frontal korteks, prefrontal korteks, orbito-frontal korteks, frontal pol, oksipital (cuneus, lateral oksipital girus ve lingual girus) ve temporal (inferior temporal girus, orta temporal girus ve fusiform girus) bölgelerinde sonlandığını gösterdi. İlginç bir şekilde, IFOF projeksiyonlarında hemisferler arası asimetri de bulundu (14).

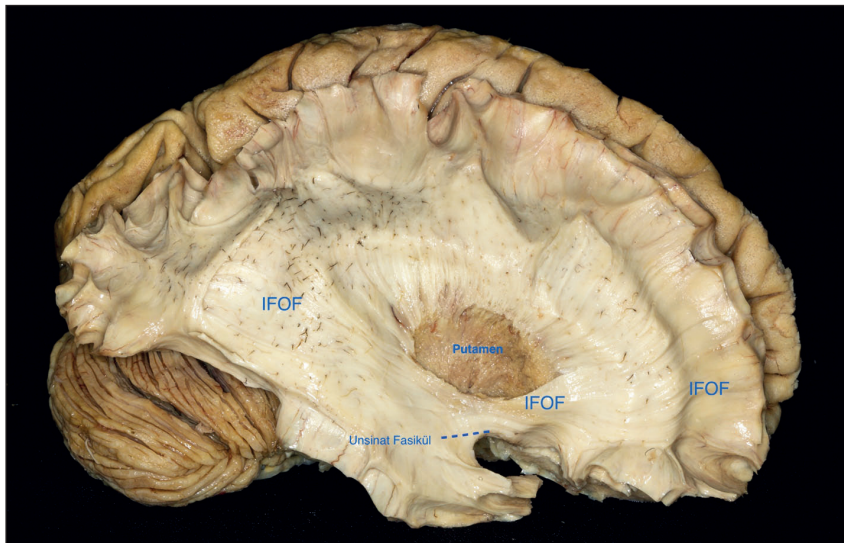
Fonksiyonel Anatomi

IFOF'un yüzeysel bileşeni Wernicke ve diğer posterior bağlantılardan gelen lifleri inferior frontal girustaki pars triangülaris (pTr) ve pars operkularise (pOp) bağlar. Bu bölgeler dil ağında önemli bir yere sahiptir. IFOF'un; arka bölgelerden gelen görsel bilgileri ön bölgede meydana gelen anlam işlemeyle bütünleştirerek dilin semantik işlevine aracılık ettiği gösterilmiştir. IFOF, ventral semantik yolun ana bölümünü oluşturur (7,17). IFOF'un, dominant olsun veya olmasın, her iki hemisferdeki semantik ventral dil akışındaki rolü uyanık cerrahi sırasında subkortikal stimülasyon ile doğrulanmıştır (6,7,10,13). Tüm IFOF'un intraoperatif elektrostimülasyonunun semantik para-faziye (hedef kelimenin anlamında hata) neden olduğu kaydedilmiştir. IFOF aynı zamanda sol temporal lobektominin ameliyat sonrası konuşma komplikasyonlarını önlemek için medial sınırı olarak da önerilmiştir (7,8).

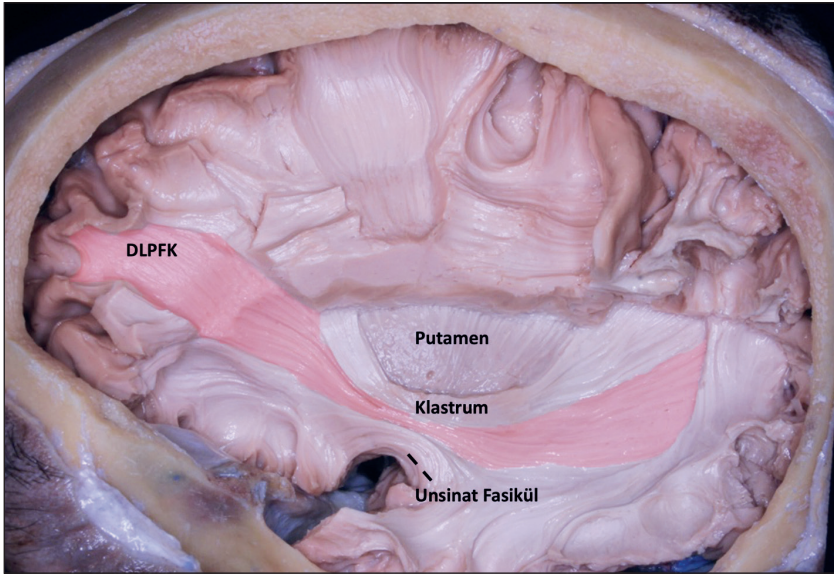
Bunun yanısıra IFOF'un kapsamlı fronto-parieto-oksipital bağlantısı ile karmaşık hareketlerin planlaması, algılama, ekstremiteletin duyu-motor ve konumunun entegrasyonu, görsel konsantrasyon, okuma, duygusal yüz ifadelerini yansıtmaya ve görsel hareketlerin planlanmasında da rol aldığı görülmüştür (1,16).

Ek olarak; disleksi, antisosyal kişilik bozukluğu ve obsesif kompulsif bozukluğu olan hastalarda IFOF dejenerasyonu arasındaki korelasyon, IFOF'un nöropsikolojik davranıştaki rolünü gösterdi (12,16,19).

Nöroşirurji pratiğinde IFOF; beynin tüm lobları boyunca uzun bir yol izlemesi ve yüksek riskli bir bölgede yer alan nispeten küçük bir gövdedeki yüksek konsantrasyon lifler içermesi nedeniyle oldukça kritik bir yapıdır.



Şekil 1: Sağ hemisfer lateralden görünüm. IFOF liflerinin dağılımı.



Şekil 2: Sol frontotemporal kraniyotomi ve sol lateralinden mediale disseksiyon görüntüsü. IFOF liflerinin DLPFK'ya projeksiyonu.
DLPFK: Dorsolateral preforntal korteks.

■ KAYNAKLAR

- Altieri R, Melcarne A, Junemann C, Zeppa P, Zenga F, Garbossa D, Certo F, Barbagallo G: Inferior fronto-occipital fascicle anatomy in brain tumor surgeries: From anatomy lab to surgical theater. *J Clin Neurosci* 68:290-294, 2019
- Burdach KF: Vom Baue und Leben des Gehirns. Leipzig: Dyk, 1822
- Conner AK, Briggs RG, Sali G, Rahimi M, Baker CM, Burks JD, Glenn CA, Battiste JD, Sughrue ME: A connectomic atlas of the human cerebrum-chapter 13: Tractographic description of the inferior fronto-occipital fasciculus. *Oper Neurosurg (Hagerstown)* 15 Suppl 1:S436-S443, 2018
- Curran EJ: A new association fiber tract in the cerebrum with remarks on the fiber tract dissection method of studying the brain. *J Comp Neurol Psychol* 19:645-656, 1909
- de Benedictis A, Marras CE, Petit L, Sarubbo S: The inferior fronto-occipital fascicle: A century of controversies from anatomy theaters to operative neurosurgery. *J Neurosurg Sci* 65(6):605-615, 2021
- Duffau H: Stimulation mapping of white matter tracts to study brain functional connectivity. *Nat Rev Neurol* 11:255-265, 2015
- Duffau H, Gatignol P, Mandonnet E, Peruzzi P, Tzourio-Mazoyer N, Capelle L: New insights into the anatomofunctional connectivity of the semantic system: A study using cortico-subcortical electrostimulations. *Brain* 128:797-810, 2005
- Duffau H, Thiebaut de Schotten M, Mandonnet E: White matter functional connectivity as an additional landmark for dominant temporal lobectomy. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 79:492-495, 2008
- Forkel SJ, Thiebaut de Schotten M, Kawadler JM, Dell'Acqua F, Danek A, Catani M: The anatomy of fronto-occipital connections from early blunt dissections to contemporary tractography. *Cortex* 56:73-84, 2014
- Herbet G, Moritz-Gasser S, Duffau H: Direct evidence for the contributive role of the right inferior fronto-occipital fasciculus in non-verbal semantic cognition. *Brain Struct Funct* 222:1597-1610, 2017
- 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* 46(5):691-699, 2010
- Mazoyer B, Mellet E, Perchey G, Zago L, Crivello F, Jobard G, Delcroix N, Vigneau M, Leroux G, Petit L, Joliot M, N Tzourio-Mazoyer N: BIL&GIN: A neuroimaging, cognitive, behavioral, and genetic database for the study of human brain lateralization. *Neuroimage* 124:1225-1231, 2016
- Moritz-Gasser S, Herbet G, Duffau H: Mapping the connectivity underlying multimodal (verbal and non-verbal) semantic processing: A brain electrostimulation study. *Neuropsychologia* 51:1814-1822, 2013
- 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* 121:142-148, 2014
- Panesar SS, Yeh FC, Deibert CP, Fernandes-Cabral D, Rowthu V, Celticki P, Hula WD, Pathak S, Fernández-Miranda JC: A diffusion spectrum imaging-based tractographic study into the anatomical subdivision and cortical connectivity of the ventral external capsule: Uncinate and inferior fronto-occipital fascicles. *Neuroradiology* 59:971-987, 2017
- Rollins NK, Vachha B, Srinivasan P, Chia J, Pickering J, Hughes CW, Gimi B: Simple developmental dyslexia in children: Alterations in diffusion-tensor metrics of white matter tracts at 3 T. *Radiology* 251:882-891, 2009
- Sarubbo S, Tate M, De Benedictis A, Merler S, Moritz-Gasser S, Herbet G, Duffau H: Mapping critical cortical hubs and white matter pathways by direct electrical stimulation: An original functional atlas of the human brain. *Neuroimage* 205:116237, 2020

18. Schmahmann JD, Pandya DN: The complex history of the fronto-occipital fasciculus. *J Hist Neurosci* 16(4):362-377, 2007
19. Waller R, Dotterer HL, Murray L, Maxwell AM, Hyde LW: White-matter tract abnormalities and antisocial behavior: A systematic review of diffusion tensor imaging studies across development. *NeuroImage* 14:201-215, 2017
20. Vassal F, Pommier B, Sontheimer A, Lemaire JJ: Inter-individual variations and hemispheric asymmetries in structural connectivity patterns of the inferior fronto-occipital fascicle: A diffusion tensor imaging tractography study. *Surg Radiol Anat* 40:129-137, 2018
21. Yagmurlu K, Vlasak AL, Rhoton AL Jr: Three-dimensional topographic fiber tract anatomy of the cerebrum. *Neurosurgery* 11(2):274-305, 2015