

Derleme Makalesi–Review Paper

**KORBİNİAN BRODMANN’NIN NÖROBİLİME KATKILARI VE SEREBRAL
KORTEKS LOKALİZASYON ÇALIŞMALARI**

**KORBİNİAN BRODMANN'S CONTRIBUTIONS TO NEUROSCIENCE AND
STUDIES ON CEREBRAL CORTEX LOCALIZATION**

Beyza Aşlı BİLSEL¹, Ebru DURUSOY²

Özet

Korbinian Brodmann 1868–1918 yılları arasında yaşamış nöroloji, psikiyatri, fizyoloji, zooloji ve antropoloji ile ilgili çok sayıda alanda çalışması bulunan Alman bilim insanıdır. Brodmann'ın beyin gri maddesinde yaptığı gözlemlerle hücre katmanlarının sayısı, hücre morfoloji, dendritik bağlantıların dağılımı ve nöronal tiplerin sunumunu göz önünde bulundurarak kortikal alanları sayılara bölünmüştür. Serebral korteksin numaralandırılarak haritalanmasını sağladığı ve günümüzde hala kullanılmakta olan Brodman atlası ile nörobilime damga vurmuştur. Bu çalışmanın amacı Korbinian Brodmann'nın Nörobilime Katkıları ve Serebral Korteks Lokalizasyon çalışmalarını literatür taraması ile ortaya koymaktır.

Anahtar Sözcükler: Brodmann Alanları, Kortikal Harita, Nörobilim, Sitoarkitektonik

Abstract

Korbinian Brodmann was a German scientist who lived between 1868-1918 and had many studies in fields related to psychiatry, physiology, zoology and anthropology. With Brodmann's observations in the gray matter of the brain, cortical areas divided into numbers by consideration of number of cell layers, cellular morphology, distribution of dendritic connections, and presentation of neuronal types. He left his mark on neuroscience with Brodman's atlas, which is used to mapping the cerebral cortex by enumerate and still in use today. The aim of this study is to present Korbinian Brodmann's Contributions to Neuroscience and Cerebral Cortex Localization studies with a literature review.

Keywords: Brodmann Areas, Cortical Map, Neuroscience, Cytoarchitectonics

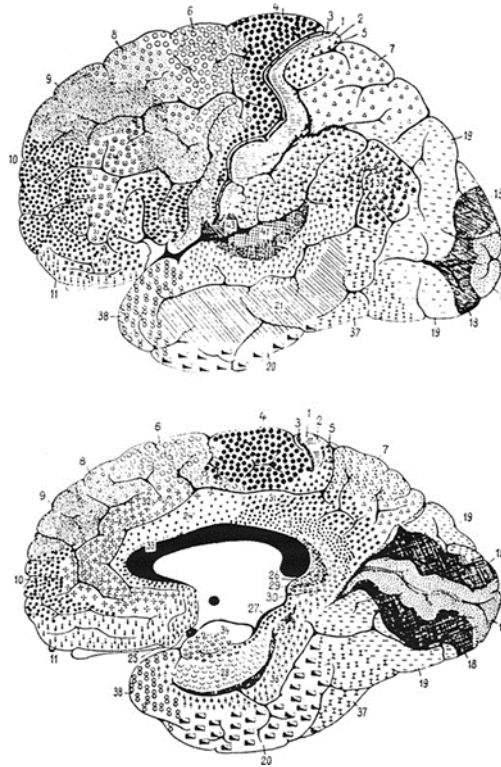
Geliş Tarihi (Received Date): 27.5.2022, Kabul Tarihi (Accepted Date): 07.01.2023, Basım Tarihi (Published Date): 26.05.2023 ¹İstanbul Gelişim Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Ergoterapi Bölümü, İstanbul, Türkiye. ²İstanbul Gelişim Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, İstanbul, Türkiye. **E-mail:** babilisel@gelisim.edu.tr, **ORCID ID's:** B.A.B.; <https://orcid.org/0000-0002-0611-4872>, E.D.; <https://orcid.org/0000-0002-5239-4318>.

1. GİRİŞ

Beynin anatomik haritalanmasının kurucusu Korbinian Brodmann (1868–1918) yaptığı çalışmalarla, günümüz tıp eğitimi ve sinirbilim araştırmalarının ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir (Junior ve ark., 2021, ss. 1-6). Nöroloji, psikiyatri, fizyoloji, zooloji ve antropoloji ile ilgili birçok çalışma yapmıştır (Loukas ve ark., 2011, ss. 6-11). Alzheimer, Vogt, Edinger, Nissl ve Weigert gibi bilim insanlarından etkilenmiştir. Alois Alzheimer ile tanışması Brodmann'ın nörolojiye ve psikiyatrinin nöroanatomik temellerine ilgi duymasına neden olmuştur (Cole, 1921, ss. 148-150). Hüresel boyama teknikleriyle tanınan Karl Weigert, Franz Nissl ve okulomotor parasempatik çekirdeği tanımlayan Ludwig Edinger gibi önemli isimlerden de etkilenmiştir (Loukas ve ark., 2011, ss. 6-11). Korbinian Brodmann gelecekteki beyin araştırmaları için topografik bir temel oluşturacak olan serebral korteksin bir “haritasını” hazırlamıştır. Brodmann, bir harita oluşturmanın ötesinde, hastalıkların, davranışların ve insan beyninin normal işleyişinin anlaşılmasının yolunu açmıştır (Damiani ve ark.,2020, ss. 261-270). Serebral korteks için önerilen çeşitli sınıflandırmaların arasından Brodmann'ın atlası, gelişmiş ve bugün hem klinik tıpta hem de temel sinirbilimde yaygın olarak kullanılmaktadır (Fan, 2021, ss. 100073).

2. SİTOARKİTEKTONİK

Brodmann'ın 1909 tarihli monografisi, onun sitoarkitektonik kavramının bir özetidir. Brodmann'ın altı katmanlı konsepti, modern çalışmalarda ve ders kitaplarında evrensel olarak kabul edilmektedir (Zilles, 2018, ss. 3262). Brodmann, 1903 ve 1908 yılları arasında, karşılaştırmalı memeli (64'ten fazla farklı tür) sitoarkitektonik üzerine bir dizi 7 bildiri yayınlamıştır (Pearca, 2005, ss. 259-259). Bunların altıncı ve en iyi bilineni 1908'de yayınlanıp, insan korteksinin benzersiz histolojik bölgelerini düzenlediği ünlü haritayı içermektedir (Brodmann, 1908, ss. 287-363). Bu eserler, 1909 tarihli *Vergleichende Lokalisationslehre der Grosshirnrinde in ihren Prinzipien dargestellt auf Grund des Zellenbaues* (The Principles of Comparative Localization in the Cerebral Cortex Based on Cytoarchitectonics) adlı monografisinin yayınlanmasının temelini oluşturmuştur (Loukas ve ark., 2011, ss. 6-11). Brodmann'ın yetişkin insan serebral korteksinin sitoarkitektonik haritası, kortikal lokalizasyonun ortak dili olmaya devam etmekte (Loukas ve ark.,2011, ss. 6-11) ve günümüzde tanımladığı “alanlar” hala kortikal fonksiyonel bölgeler için yaygın olarak kullanılmaktadır (Elston ve Garey, 2013, ss. 3-32). Altı katmandan oluşan korteksin, farklı kortikal alanlarını numaralandırarak isimlendirmeyi geliştiren Brodmann'ın sayıları hala kortikal alanların yerini ve işlevini belirtmek için kullanılmaktadır (Lieberman, 2018, ss. 135-138). Memeli korteksinin genel hücre tipleri ve laminer organizasyonu ile ilgili diğer birçok bulgu ve gözlemlerle birlikte, 1909'da insanlarda, maymunlarda ve diğer türlerde kortikal alanlara ilişkin yayınlanan haritalarındaki Brodmann alanları, çeşitli kortikal işlevlerle yakından ilişkilidir (Zilles, 2018, ss. 3262). Bu alanların bazıları tamamen bağımsız ve tekil görevlere sahipken, bazıları birbirleriyle oldukça koordineli bir şekilde çalışmaktadır (Pearca, 2005, ss. 259-259). İlişkili kortikal alanların üst düzey işlevleri de nörofizyolojik, fonksiyonel görüntüleme ve diğer yöntemlerle tutarlı bir şekilde aynı Brodmann alanlarına yerleşim göstermektedir (Loukas ve ark., 2011, ss. 6-11).



Şekil-1: Brodmann'ın 1909, Vergleichende Lokalisationslehre der Grosshirnrinde in ihren Prinzipien dargestellt auf Grund des Zellenbaues kitabında bulunan insanın cerebral hemisferler “alanları”nın görüntüsü (Loukas ve ark., 2011, ss. 6-11).

3. SEREBRAL KORTEKS LOKALİZASYONU: BERLİN'DE OSKAR VOGT VE CÉCILE VOGT İLE İLGİLİ YILLAR

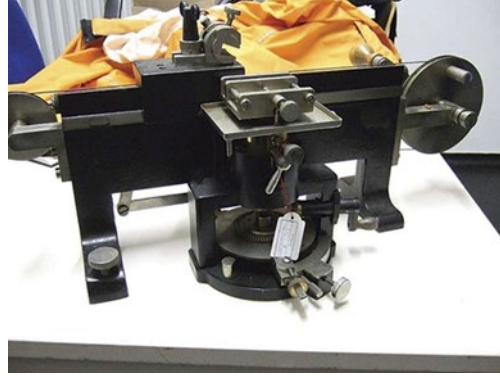
Oskar Vogt ve Cécile Vogt, sinir liflerinin parsellenmesine ve katmanlanmasına odaklanan bir alan olan miyeloarşitektonik alanında araştırma yapmış ve yaptıkları bu çalışmalar, Brodmann'ın çalışmalarını tamamlamıştır. Brodmann, Oskar Vogt ile birlikte büyük ölçekli beyin dilimlerinin seri üretimi için teknik gereksinimleri tasarlamıştır (Zilles, 2018, ss. 3262). Otomatik kesme ayarlı çift kızaklı mikrotom kullanılarak formol içinde sertleştirilerek ve ardından parafine gömmek için çok ince, büyük ölçekli malzeme kesitleri üretmek mümkün olmuştur. Korunmuş organ dilimlerini boyamak için Brodmann, Franz Nissl'e uygun tionin ve kresil menekşe gibi farklı metodolojiler veya Paul Ehrlich'in (1854–1915) yenilikçi katkılarına uygun olarak metilen mavisi kullanmıştır. Daha sonra bu yapılar, bir mikrograf kullanılarak fotoğraflanmıştır (Mueller ve Kanis Seyfried, 2019, ss. 307-318). Brodmann, Nissl boyası isimli özel bir boya kullanarak, 1909 yılında kendi hastalarının ve diğer maymun türlerinin beyinlerini kullanarak korteksin farklı işlevlerini gören bölgeleri tespit etmiştir. İnsanların olduğu kadar memelilerin de serebral korteksinin altı katmandan oluştuğuna dair önemli histolojik bulgular elde etmiştir (Zilles, 2018, ss. 3262; Junior ve ark., 2021, ss. 12). Brodmann'ın notları, bu nedenle, memelilerin beyinleri üzerine çok çeşitli araştırmaları



içermektedir (Mueller ve Kanis Seyfried 2019, ss. 307-318). Beyin korteksini topografik olarak düzenlemek için Weigert (1845–1904) ve Nissl (1860–1919) tarafından geliştirilen yeni histolojik boyama tekniklerini kullanan Brodmann Nörobilim Enstitüsü'nde yararlı olduğunu kanıtlamıştır (Loukas ve ark., 2011, ss. 6-11). Brodmann, önemli bir ekipman olan ışık mikroskobu ile karakteristik hücre desenlerine ve farklı beyin bölgelerinde farklı yoğunluklara ve yapılara sahip olan sinir dokusu ve hücrelerini kaydetmiştir (Zilles, 2018, ss. 3262). Bu histolojik farklılaşmanın kortikal bölgeler arasında belirgin fonksiyonel farklılaşmaya işaret ettiği sonucuna varmıştır (Guimaraes ve ark., 2016, ss. 617-620). Kitaplardaki klinik resimleri hastaların beyinlerindeki gerçek yaralanmalarla karşılaştırmış ve böylece her alanın işlevini ortaya koymuştur. Ancak, sadece dış serebral korteksi incelemiştir (Mueller ve Kanis Seyfried, 2019, ss. 307-318).

Brodmann'nın Alman Psikiyatri Derneği'nde gerçekleştirdiği sunumuyla “anatomi biliminin öncülüğü olmadan fonksiyonel lokalizasyonun hemen hemen imkânsız olduğunu” belirtmiştir (Campbell, 1905, ss. 651-662). Ayrıca “Localization Theory” adlı monografında, “Bilhassa bir şeyin vurgulanması gerektiğini gelecekte, insanlarda ve hayvanlarda anatominin rehberliği olmadan serebral korteksin işlevsel bir lokalizasyonu kesinlikle imkansızdır” şeklinde açıklamıştır (Mueller ve Kanis Seyfried, 2019, ss. 307-318). Brodmann'ın bu yayını, zamanın nörobilimsel düşüncesine önemli bir pencere açmıştır (Loukas ve ark., 2011, ss. 6-11). Vogt ve Auguste Forel tarafından yayınlanan dergiye Fransız ve Alman meslektaşlarının katkıları hakkında derlemeler yazmıştır. Brodmann'nın yayınları nöropatolojinin yanı sıra, uyku araştırması, “histeri” gibi psikiyatrik konuları veya telkin terapisi gibi psikoterapötik konuları, hatta Sigmund Freud'un (1856–1939) gibi psikanalitik konuları da içermektedir. Yayınlarının kapsamlı bir derlemesi, örneğin, hipnoz üzerine bir düzineden fazla yayını mevcuttur (Zilles, 2018, ss. 3262).

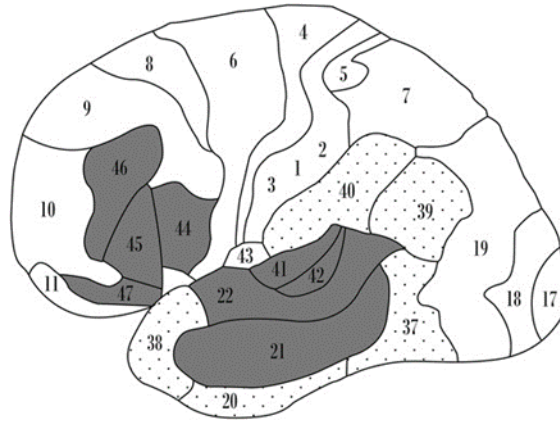
Brodmann, Vogt'larla çalışırken, Emil Kraepelin'in önerisiyle Berlin'deki tıp fakültesine prosimian korteksin sitoarkitektonik bölümü ile ilgili bir “Habilitasyon” sunmuştur. Sitoarkitektoniğin başka araştırmacıları olmasına rağmen (Kemper ve Galaburda, 1984, ss. 35-57; Smith, 1992, ss. 201-218), Brodmann'ın haritaları ve özellikle sitoarşitektoniğe bağlı sayısal sistemi geniş çapta kabul görmüştür. Brodmann'ın amacı, korteks yapısının ve tüm kısımlarındaki lokal modifikasyonlarının tam bir resmini elde etmek için korteks yüzeyinin klinik tarafından da kullanılabilir topografik-lokalize yapısına ulaşmak olmuştur (Mueller ve Kanis Seyfried, 2019, ss. 307-318). Brodmann, sitoarkitektonik'i "bireysel histolojik öğelerin lokalizasyonu, bunların katmanlanması ve yetişkin beyninde parsellenmesi" olarak tanımlamıştır. Girusların farklı sitoarkitektonik yapısını tanımlamış ve insan korteksinin anatomik olarak insanda ve diğer memelilerde aynı şekilde organize olduğunu göstermiştir (Pearca, 2005, ss. 259-259). Brodmann alanları nöronların sitoarkitektonik organizasyonuna dayalı olarak tanımlanmış ve numaralandırılmıştır (Başar ve Düzgün, 2016, ss. 185-198).



Şekil-2: Brodmann tarafından hayvanların ve insanların serebral kortekslerinden kesitler yapmak için kullanılan mikrotom (Loukas ve ark., 2011, ss. 6-11).

4. WERNİCKE VE BROCA ALANLARI

Carl Wernicke'in dilin anlaşılmasına katkıda bulunan bulguları, Brodmann'ın araştırmasıyla son derece ilgiliydi (Eling, 2018, ss. 1-33). Fransız Paul Broca (1824-1880), beyinde açıkça lokalize bir lezyonu bulunan ve konuşma bozukluğu olan bir adamın otopsi sonucunda kişinin, beyinin hasarlı bölümünün konuşma fonksiyonunun oluşumunda rol oynadığı sonucuna vardı. Böylece, belirli işlevlerin beyindeki belirli alanlara atfedildiği sonucuna varılmıştır (Mueller ve Kanis Seyfried, 2019, ss. 307-318). Konuşmayı sağlayan birincil beyin bölgeleri, beyin en dış kabuğunda bulunan Broca Alanı ve Wernicke Alanıdır (Lieberman, 2007, ss. 39-66). Broca alanının esas olarak lisanın üretimi için gerekli hareketlerin planlanmasıyla ilgili olduğunu, Wernicke'nin dili anlamadan sorumlu olduğunu ve her ikisinin de kendilerine isimlerini veren bilim insanları tarafından sınırlandırıldığını ve tanımlandığını biliyoruz (Anhuaman, 2021, ss. 7-9). Broca Alanı ses biçimlerini kontrol ederken, Wernicke Alanı kelime dizimi ve cümle bazında anlamlı sesler çıkarılmasını sağlamaktadır. Broca alanı hasarında konuşma imkânsız hale gelir. Broca alanının sağlam olan, Wernicke alanı hasarlı kişi, kendisi konuşulanı anlamadığı için anlamsız bir şekilde konuşur fakat bu durumu bilinçli olarak fark edemez (Lieberman, 2007, ss. 39-66).



Şekil-3: Beynin Dil Alanları: Frontal dil alanı (Broca kompleksi: dil üretimi ve dilbilgisi: BA44, BA45, BA46, BA47) ayrıca kısmen BA6'yı içerir ve subkortikal olarak bazal ganglionlara uzanır. Posterior dil alanı (dil alımı ve anlama: sözlüksel-anlamsal sistem) Wernicke alanı (BA21, BA22, BA41 ve BA42) ve ayrıca BA20, BA37, BA38, BA39 ve BA40'ı da içeren bir “genişletilmiş Wernicke alanı” içerir (Ardila, ve ark., 2016, ss. 112-122).

5. SONUÇ

1900'lerin başında, Alman anatomist Korbinian Brodmann tarafından numaralanan 52 alan olarak belirlenen serebral korteksin Brodmann alanları histolojik yapı ve hücre organizasyona göre oluşturulmuştur. Brodmann'ın haritası bu alandaki öncü bir çalışma teşkil etmektedir. Sinirbilimsel ve klinik beyin araştırmaları üzerinde hâlâ büyük etkisi devam etmektedir. İşlev veya işlev bozukluğu ile kortikal yapı arasındaki ilişkinin devam eden analizinin temelini oluşturması bakımından benzersizdir. Brodmann haritalamasının sıklıkla Talairach ve Tournoux atlasına dayanan değiştirilmiş versiyonları, aktivasyonların lokalizasyonunu 'Brodmann alanları' (BA'lar) olarak tanımlamak için nörogörüntüleme literatüründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Nörogörüntüleme gelişmeleri ve nörogörüntüleme için geliştirilen yeni uygulamalarla birlikte, Brodmann'ın haritasındaki sınırlamalar, daha fazla sitoarkitektonik araştırma yapılmasına ihtiyaç vardır.

6. KAYNAKLAR

Anhuaman, L. A. L. (2021). Alfredo Ardila. Beyond Broca and Wernicke. *Acta Colombiana de Psicología*, 24(2), 7-9.

Ardila, A., Bernal, B., & Rosselli, M. (2016). How localized are language brain areas? A review of Brodmann areas involvement in oral language. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 31(1), 112-122.

Başar, E., & Düzgün, A. (2016). The CLAIR model: Extension of Brodmann areas based on brain oscillations and connectivity. *International Journal of Psychophysiology*, 103, 185-198.



- Brodmann, K. (1908). Beiträge zur histologischen Lokalisation der Grosshirnrinde. VII. Mitteilung: Die cytoarchitektonisch Cortexgliederung der Halbaffen (Lemuriden). *J Psychol Neurol*, 10, 287-363.
- Campbell, A. W. (1905). Further histological studies on the localisation of cerebral function. The brains of felis, canis, and sus compared with that of homo. *Proceedings of the Royal Society of London*, 74(497), 390-392.
- Cole, S. J. (1921). Korbinian Brodmann. *Journal of Mental Science*, 67(276), 148-150.
- Damiani, D., Nascimento, A. M., & Pereira, L. K. (2020). Cortical Brain Functions–The Brodmann Legacy in the 21st Century. *Arquivos Brasileiros de Neurocirurgia: Brazilian Neurosurgery*, 39(04), 261-270.
- Eling, P. A. T. M. (2018). History of neuropsychology in Germany. Barr, WB; Bielauskas, LA (ed.), *The Oxford handbook of history of clinical neuropsychology*, 1-33.
- Elston, G. N., & Garey, L. J. (2013). The cytoarchitectonic map of Korbinian Brodmann: arealisation and circuit specialisation. In *Microstructural parcellation of the human cerebral cortex*. Springer, Berlin, Heidelberg, 3-32.
- Fan, L. (2021). Mapping the human brain: what is the next frontier?. *The Innovation*, 2(1), 100073.
- Guimaraes, J. S., Santos, J. R., & Freire, M. A. M. (2016). Brodmann and cortical maps Korbinian Brodmann: cortical maps and the cytoarchitecture of the brain. *Academic Journal of Suriname*, 7, 617-620.
- Junior LS, Lemos NB, de Lima LFG, et al. (2021). The anatomy of the brain - learned over the centuries. *Surgical Neurology International*, 12(319).
- Kemper, T. L., & Galaburda, A. M. (1984). Principles of cytoarchitectonics. *Cerebral Cortex*, 1, 35-57.
- Lieberman, P. (2018). Friederici, Angela D., foreword by Noam Chomsky. 2017. *Language in Our Brain: The Origins of a Uniquely Human Capacity*. Cambridge, MA: The MIT Press. xii, 284 pages, 61 color illustrations. *Evolutionary Studies in Imaginative Culture*, 2(2), 135-138.
- Lieberman, P. (2007). The evolution of human speech: Its anatomical and neural bases. *Current Anthropology*, 48(1), 39-66.
- Loukas, M., Pennell, C., Groat, C., Tubbs, R. S., & Cohen-Gadol, A. A. (2011). Korbinian Brodmann (1868–1918) and his contributions to mapping the cerebral cortex. *Neurosurgery*, 68(1), 6-11.
- Mueller, T., & Kanis-Seyfried, U. (2019). On the life and work of Korbinian Brodmann (1868–1918). *Journal of the History of the Neurosciences*, 28(3), 307-318.



Korbinian Brodmann'nun nörobilime katkıları ve serebral korteks lokalizasyon

çalışmaları

Bilsel ve Durusoy

Pearce, J. M. S. (2005). Brodmann's cortical maps. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 76(2), 259-259.

Smith, C. U. M. (1992). A century of cortical architectonics. *Journal of the History of the Neurosciences*, 1(3), 201-218.

Zilles, K. (2018). Brodmann: a pioneer of human brain mapping—his impact on concepts of cortical organization. *Brain*, 141(11), 3262.