



**ERKEK SIÇANLARDA BEYİN ÜZERİNDE DADA
YAYLARI'NIN İNCELENMESİ VE MATEMATİKSEL
MODELLENMESİ**

İremnur EYUPOĞULLARI

Yüksek Lisans Tezi

Matematik Ana Bilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Muhammed YİĞİDER

Eş Danışman: Prof. Dr. Mehmet Dumlu AYDIN

2024

Her hakkı saklıdır.



FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ERKEK SIÇANLARDA BEYİN ÜZERİNDE DADA YAYLARI'NIN
İNCELENMESİ VE MATEMATİKSEL MODELLENMESİ

İremnur EYUPOĞULLARI

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Muhammed YİĞİDER

Eş Danışman: Prof. Dr. Mehmet Dumlu AYDIN

Ana Bilim Dalı: Matematik

Erzurum

2024

Her hakkı saklıdır

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Erzurum Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki tüm bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

05 / 08 / 2024

İremnur EYUPOĞULLARI

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ERKEK SIÇANLARDA BEYİN ÜZERİNDE DADA YAYLARI'NIN İNCELENMESİ VE MATEMATİKSEL MODELLENMESİ

İremnur EYUPOĞULLARI

Erzurum Teknik Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Matematik Ana Bilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Muhammed YİĞİDER

Eş Danışman: Prof. Dr. Mehmet Dumlu AYDIN

Beş bölümden oluşan bu tez çalışmasında, erkek sıçanlarda beyin üzerinde Dada yaylarının incelenip matematiksel modellemesi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada hem beyin yapısı işlevleri hem de davranışsal ve motor süreçler hakkında gerekli tanımlamalara yapılmıştır. Öncelikle Dada yaylarının beyinde ilişkisi bulunan angular girus, korpus kallozum ve brakistokron eğrisinin kullanımına; ayrıca korpus kallozum yayı eğrisi ile brakistokron eğrisi arasındaki ilişki analizine ve literatür taramasına yer verilmiştir. Erkek sıçanlarda gıda bulma süreleri ile eğriler arasında kalan alan mukayese edilmiştir. Gıda bulma sürelerine ilişkin grupların günlük istatistiksel analizi ayrıca gıda bulma süreleri ile Deha alanı arasında istatistiksel analizi yapılmıştır. Matematiksel modellemede, diferansiyel denklemlerin çözümü Maple programlama dili kullanılarak çözülmüştür.

2024, 63 sayfa

Anahtar Kelimeler: Lateralite, Gıda bulma süresi, Beyin düşünme hızı, Korpus kallozum, Brakistokron eğrisi, Matematiksel modelleme

ABSTRACT

MS. Thesis

INVESTIGATION AND MATHEMATICAL MODELING OF DADA ARCS ON THE BRAIN IN MALE RATS

İremnur EYUPOĞULLARI

Erzurum Technical University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Maths

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Muhammed YİĞİDER

Co-Supervisor: Prof. Dr. Mehmet Dumlu AYDIN

In this thesis, consisting of five chapters, Dada arcs on the brain of male rats were examined and mathematical modeling was performed. In this study, necessary definitions were made about both brain structure functions and behavioral and motor processes. First of all, the use of the angular gyrus, corpus callosum and brachistochron curve, which are related to the Dada arcs in the brain, as well as the relationship analysis between the corpus callosum arc curve and the brachistochron curve and literature review were included. Food finding times and the area between the curves were compared in male rats. Daily statistical analysis of the groups regarding food finding times and statistical analysis between food finding times and genius area were performed. In mathematical modeling, differential equations were solved using Maple programming language.

2024, 63 Page

Keywords: Laterality, Food finding time, Brain thinking speed, Corpus callosum, Brachystochron curve, Mathematical modeling

TEŞEKKÜR

Hayatımda aldığım her kararda, attığım her adımda destek veren ve her zaman yanımda olan kıymetli aileme teşekkür ederim.

Yüksek lisans öğrenimim boyunca TÜBİTAK 2211 Yurt İçi Lisansüstü Burs Programı'nın verdikleri destekten dolayı Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na teşekkür ederim.

Yüksek lisans öğrenimim boyunca bana sağladığı danışmanlık ve desteği için danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Muhammed YİĞİDER'e teşekkür ederim.

Tez süresi boyunca verdikleri desteklerden dolayı Prof. Dr. Mehmet Dumlu AYDIN (Tez tasarımcısı ve planlayıcısı, kesit alma ve değerlendirme, Dada yaylarının tasarım ve ölçüm işlemleri), Prof. Dr. Ercan ÇELİK, Prof. Dr. Ahmet HACİMÜFTÜOĞLU, Doç. Dr. Osman Nuri KELEŞ ve Dr. Öğr. Üyesi Onur ÇAMLI hocalarıma (Histolojik ve istatistiksel analizlerde ki katkılarından dolayı), Burak ÇINAR ve Muhammed Emin BATUHAN hocalarıma katkılarından dolayı teşekkür ederim.

İremnur EYUPOĞULLARI
Ağustos 2024

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
1.1. Beyin Anatomisi	2
1.1.1. Beynin en büyük parçası	2
1.1.2. Beyin sapı.....	3
1.1.3. Beyincik	3
1.2. Sağlaklık ve Solaklık.....	3
1.3. Dada Yayları	4
1.3.1. Korpus kallozum	5
1.3.2. Angular girus.....	6
1.4. Matematiksel Gelişim	7
1.4.1. Euler Langrange denklemi	7
1.4.2. Brakistokron eğrisi	10
1.4.3. Hız	10
1.4.4. Diferansiyel yay uzunluğu	12
2. KAYNAK ÖZETLERİ	17
3. MATERYAL ve YÖNTEM	21
3.1. Materyal	21
3.1.1. Sıçan karakteristikleri.....	21
3.2. Yöntem	21
3.2.1. Silindir test	21
3.2.2. Hemotoksilen eozin boyama prosedürü	23
3.3. Matematiksel Modelleme.....	24
3.3.1. Sağ el tercihi olanlar.....	24
3.3.2. Sol el tercihi olanlar	26

3.3.3. Her iki elini kullananlar	28
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	31
4.1. Bulgular.....	31
4.2. Tartışma	36
4.2.1. İstatistiksel yöntem	36
4.2.2. Zamana ve Deha alanına bağlı istatistiksel analiz.....	43
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	48
5.1. Sonuçlar	48
5.2. Öneriler	50
KAYNAKLAR	51
EKLER.....	55
EK 1.....	55

SİMGELER VE KISALTMALAR

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
E_k	Kinetik enerji
E_p	Potansiyel enerji
g	Yerçekimi ivmesi
m	Kütle
v	Hız
y	Yükseklik

Kısaltmalar

AG	Angular girus
AS	Açısal sulkus
BSE	Brakistokron eğrisi
BYK	Beyin yarım küreleri
CC	Korpus Kallozum
CCE	Korpus Kallozum eğrisi
DADA	Beyin data belirleyici yay
DEHA	Beyin bata belirleyici harmonik yay
HS	Hemisferik özelleşme
WM	Beyaz madde

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Çıkarım grafiği	11
Şekil 1.2. Brakistokron eğrisinin yay uzunluğu.....	15
Şekil 3.1 Erkek sıçanın gıdaya ulaşması.....	22
Şekil 4.1. Bir rattan çıkarılan beyin görüntüsü	31
Şekil 4.2. Ratlarda beyin yarıkürleri	32
Şekil 4.3. Korpus kallozum histolojik yapısı.....	33
Şekil 4.4. Beyin yüzey kesit alanı.....	33
Şekil 4.5. Gıdalara en uzun sürede ulaşan deneklerin Deha alanı	34
Şekil 4.6. Gıdalarını ortalama sürede ulaşan deneklerin Deha alanı	35
Şekil 4.7. Gıdalarını en kısa sürede ulaşan deneklerde Deha alanı	35
Şekil 4.8. Birinci gün sonu grupların veri seti	37
Şekil 4.9. İkinci gün sonu grupların veri seti	38
Şekil 4.10. Üçüncü gün sonu grupların veri seti.....	39
Şekil 4.11. Dördüncü gün sonu grupların veri seti	40
Şekil 4.12. Beşinci gün sonu grupların veri seti	41
Şekil 4.13. Altıncı gün sonu grupların verileri	42
Şekil 4.14. Altı günlük verilerin ortalaması sonunda grupların veri seti	43
Şekil 4.15. Zaman ve Deha alanı arasındaki ilişki.....	45

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Sağ elini tercih edenlerin gıdaya ulaşma süresi.....	24
Çizelge 3.2. Gıda bulma sürelerinin kategorize edilmiş karakteristikleri.....	24
Çizelge 3.3. Geçiş frekans tablosu.....	25
Çizelge 3.4. Geçiş olasılık tablosu.....	25
Çizelge 3.5. Geçiş hızı matrisi tablosu	25
Çizelge 3.6. Sol elini tercih edenlerin gıdaya ulaşma süresi.....	26
Çizelge 3.7. Gıda bulma sürelerinin kategorize edilmiş karakteristikleri.....	26
Çizelge 3.8. Geçiş frekans tablosu.....	27
Çizelge 3.9. Geçiş olasılık tablosu.....	27
Çizelge 3.10. Geçiş hızı matris tablosu.....	27
Çizelge 3.11. Her elini tercih edenlerin gıdaya ulaşma süresi.....	28
Çizelge 3.12. Gıda bulma sürelerinin kategorize edilmiş karakteristikleri.....	28
Çizelge 3.13. Geçiş frekans tablosu.....	28
Çizelge 3.15. Geçiş hızı matris tablosu.....	29
Çizelge 4.1. Ortalama Deha alanları	34
Çizelge 4.2. Deney ve kontrol grupları veri seti	36
Çizelge 4.3. Birinci gün tek yönlü varyans analizi	37
Çizelge 4.4. İkinci gün tek yönlü analizi	38
Çizelge 4.5. Üçüncü gün tek yönlü varyans analizi.....	39
Çizelge 4.6. Dördüncü gün tek yönlü varyans analizi	40
Çizelge 4.7. Beşinci gün tek yönlü varyans analizi	41
Çizelge 4.8. Altıncı gün tek yönlü varyans analizi	42
Çizelge 4.9. Altı günlük veri ortalaması tek yönlü varyans analizi	43
Çizelge 4.10. Levene testi analizi	44
Çizelge 4.11. Tek yönlü varyans analizi.....	44
Çizelge 4.12. LSD çoklu karşılaştırma testi.....	44
Çizelge 4.13. Korelasyon analizi	45
Çizelge 4.14. Model özeti ^b	46
Çizelge 4.15. Regresyon için tek yönlü varyans analizi ^a	46
Çizelge 4.16. Katsayılar ^a	46
Çizelge 4.17. Atık istatistiği ^a	47

1. GİRİŞ

İnsan beynindeki yapısal ve işlevsel sol-sağ farklılıklar yaklaşık 150 yıldır araştırılırken, kıyaslama içindeki hayvan çalışmaları üzerine son 50 yılda yoğunlaşma oldu. Bu çalışmalar, serebral asimetrisinin (veya lateralizasyonun) insana özgü bir özellik olmadığını, hayvanlar aleminde yaygınlık oranının yüksek olduğunu; dolayısıyla temel evrimsel katkılar sağlaması gerektiğini göstermektedir. Buna göre, artan sayıdaki son çalışmalar, lateralize nöronal işlemenin farklı işlevlerinin senkronize olarak gerçekleştirilmesine yardımcı olduğunu ve duyuşsal, motor veya bilişsel verimlilik açısından faydalar gösterdiğini bildirmektedir (Manns et al. 2021).

Günümüzde, serebral işlevlerin bir bölümü sol; diğer bir bölümü ise sağ hemisfer arasında bağlantı kurulmuş ve her iki hemisferin de belirli görevleri yerine getirmeye ve bilgiyi belirli yollarla işlemek üzere özelleştirdiği görüşü kabul görmektedir. Sol hemisfer, okuma ve yazma, anlama ve konuşma gibi temelde sözel ifade ile ilgili işlevlerde görevlendirilmiştir. Sağ hemisfer, görsel verilerin alınması ve depolanması; şekil ve formların görsel ve dokunsal olarak tanınması, şekillerin yönetim ve perspektifinin kavranmasında belirleyici bir rol oynamaktadır (Maciej Serda et al. 2007).

Matematiksel modelleme, gerçek bir sistem veya sürecin basitleştirilmiş bir temsildir. Bunu, sistemi matematik formülleri ile ifade ederek gerçekleştirebiliriz. Matematiksel modeller gerçek sistemi birebir temsil edemese de modelin uygulandığı sistemi anlamamızı sağlar. Ayrıca, matematik modeller gerçek sistem hakkında deneyler yapmamızı ve sistem ile karar verirken doğru adımları seçmemizi sağlar (Türk et al. 2020).

Bu tez çalışmasının amacı, erkek sıçanlarda beyin üzerinde Dada yaylarının analizini yapabilmek ve bu yayın oluşturduğu eğrilerin arasında kalan Deha alanını hesaplamak ve gıda bulma süreleri ile matematiksel modellemeler yardımıyla inceleyebilmektir.

1.1. Beyin Anatomisi

Beyin, omurgalı canlılarda var olan ve merkezi sinir sistemindeki işlevleri yerine getirir. Ayrıca anatomik olarak beynin en büyük parçası, beyin sapı ve beyincik olmak üzere üç alt grupta incelenir.

1.1.1. Beynin en büyük parçası

Beynin en üst kısmıdır ve beynin toplam ağırlığının yaklaşık %85'ini oluşturur. Sol ve sağ beyin yarıküreleri, nöronları ve miyelin kılıflarının (gri ve beyaz madde) oluşturduğu yoğun bir lif demeti (korpus kallozum) ile bağlanır (Jansson-Boyd and Bright 2024). Beyin, motor ve duyu bilgileri kontrol altında yönetirken aynı zamanda bilinçli ve bilinçsiz davranışları, duyguları, zekayı ve hafızayı kontrol eder. Sol yarıküre ise konuşmayı ve soyut düşünme kabiliyetini (mevcut olmayan şeyler hakkında düşünmeyi yeteneği) kontrol eder. Dört lobdan oluşur.

Frontal Lob: Motor fonksiyon, dil ve yürütücü fonksiyon; dikkat, hafıza, duygulanım, ruh hali, kişilik, kişisel farkındalık ve sosyal ve ahlaki muhakeme gibi bilişsel süreçlerden sorumludur.

Parietal Lob: Görme, işitme, motor, duyu ve hafıza işlevlerinin yorumlanmasından sorumludur.

Temporal Lob: İşitme, mekânsal ve görsel algının oluşmasında önemli bir yerdir. Sol temporal lobda bulunan Wernicke bölgesi konuşulan ve yazılan dilin anlaşılmasından sorumludur. Temporal lob aynı zamanda sosyal beyninde bir parçasıdır; anıları, dili ve duyu bilgisiyi kontrol etmekte görevlidir.

Oksipital Lob: Görme kortesinin bulunduğu yerdir ve bununla birlikte görsel bilgilerin yorumlanmasından sorumludur (Maldonado and Alsayouri 2019).

1.1.2. Beyin sapı

Beyin ve beyinciği omuriliğe bağlayan bir köprü rolü üstlenir. Nefes alma, sıcaklığın düzenlenmesi, solunum, kalp atışı hızı, uyanıklık-uyku döngüleri, öksürme, hapşırma, sindirim, kusma ve yutma gibi otonomik fonksiyonel görevleri yerine getiren ana merkezleri içinde bulundurur ve bu işlevlerinin yanı sıra, beyin sapı hem beyaz hem de gri maddeyi içerir (Jansson-Boyd and Bright 2024). Evrimsel açıdan bakıldığında, ilkel bir yapıdır ancak vücut ile beynin tüm üst düzey bölgeleri arasında bilgi aktarımını sağlayan kanalı oluşturur (Maldonado and Alsayouri 2019).

1.1.3. Beyincik

Beyin sapının arkasında yer alır. Hareket ve dengenin kontrolünü üstlenmesi ile beraber, motor beceri öğrenimindeki rolü de uzun zamandır bilinmektedir. 1980'lerden bu yana bazı dil ve dikkat eksikliklerini beyincik bütünlüğünün bozulması ile ilişkilendirilen önemli kanıtlar ortaya çıkarmıştır ve bu yapının, üst düzey koordinasyon ve modülasyonunda temel rolü olduğu görülmüştür (Jansson-Boyd and Bright 2024). İstemli hareketlerin organizasyon ve düzenini kontrol eder; buna eş zamanlı olarak, motor aktivitelerinin belirleyiciliğini ve doğruluğunu hassas bir şekilde ayarlamak için beyinden ve omurilikten duyuşal bilgiler yer alır. Beyincik ayrıca dikkat, dil, zevk tepkisi ve korku hafızası gibi çeşitli bilişsel işlevlere de destek olur (Maldonado and Alsayouri 2019).

1.2. Sağlaklık ve Solaklık

Yanallık, omurgalılarda fonksiyonel organizasyonunun genelleştirilmiş bir temel prensibidir. Homo sapiens, primat soyları içerisinde yanallığı ayrıcalıklı bir türde geliştirmiştir. Sağ elin popülasyon düzeyinde tercih edilmesi en azından modern Homo sapiens öncüsü olan Homo Habilis'in iki milyon yıl önceki günlerinden beri söz konusu olmuştur. Son tahminlere göre, sağ elin tercih edilmesi son yedi milyon içerisinde ortaya çıkmıştır (Papadatou-Pastou et al. 2020). El tercihi, insan motor davranışlarında yoğun şekilde incelenen asimetlerinden biridir (Marcori and Okazaki 2020).

1. GİRİŞ

Nüfus düzeyindeki oranlara göre sağ el tercihinin iyi bir şekilde belirlenmiş olmasına rağmen sağlaklık ve solaklık yüzdelerinin kesin büyüklüğü net olmamakla beraber bu karmaşık yapı hala aydınlatılmayı beklemektedir. El kullanımının yaygınlığını çözmek, el tercihleri ile ilgili bu zamana kadar yayınlanmış çok sayıda çalışma nedeniyle kolay iş olmadığı bilinmektedir (Papadatou-Pastou et al. 2020). El tercihindeki karmaşık olguyu aydınlatmak ve gerekli analizler için genetik, davranışsal ve çevresel teoriler önerilmiştir; ancak literatür içerisinde bu yaklaşımlardan hangisinin el kullanımı açıklamak için en optimal olduğu konusunda güncel bir fikir birliği yoktur (Marcori and Okazaki 2020).

Hemisferik özelleşme (HS) insan beynine özgü bir özellik olmamasına rağmen sağ el kullanımının fazlasıyla yüksek oranda görülmesi insanlara özgü olduğu bilinmektedir. Dilin ve kullanılan elin (insanların %90'ından fazlası için sağ) kontrolünün olması sol hemisferde birleşmesi el ve dil lateralizasyonu arasında bir ilişki olduğu hipotezine dayanan HS'nin kökenine ilişkin çeşitli teoriler mevcuttur (Tzourio-Mazoyer et al. 2020).

Serebral üstünlük bazı nörolojik fonksiyonların performansını ve kontrolünde beyin hemisferlerinden birinin diğerine göre baskınlığını ifade eder. Serebral lateralizasyon, beynin iki hemisferi arasındaki anatomik veya fonksiyonel ayrımları ifade eder. Hemisferlerin karşılaştırılması sonucunda birinin diğerine göre daha baskın olması, anatomik bir serebral lateralizasyon olmakla birlikte el tercihi işlevsel bir serebral lateralizasyon olarak kabul görmektedir. El dominansı ile hemisfer dominansı arasında birebir bir ilişki bulunmaktadır. Böylelikle baskın olarak kullanılan beyin bölgesi belirlenmektedir. El hakimiyeti sağ el dominansı, sol el dominansı ve sağ el lehine az olmakla birlikte her iki elin birden kullanılabilmesi ambidekstralite durumu olarak bilinmektedir. Sağ elimiz sol beyin tarafından ve sol elimiz sağ beyin tarafından yönetilmektedir (Tolunay 2019).

1.3. Dada Yayları

Klinik çalışmalarda insanlara ait beyin manyetik rezonanslı görüntülerde (MRI); laboratuvar çalışmalarda beyinlerin cerrahi diseksiyonları esnasında ve mikroskop altında

ratlara ait beyin resimleri çekerken beyin yapılarında izlenen ve sikloid-brakistokron eğrilere benzer beyin kıvrımları dikkate değer bulundu. Brakistokron eğrilerinin geometrik ve fiziksel özellikleri dikkate alınarak, insan örneklerinde basit zekâ testleri ile beyinde özellikle paryetal alan, angular girus alanları ve özellikle korpus kallozumun yay eğriliği ile brakistokron yay eğrilik dereceleri kıyaslandı.

1.3.1. Korpus kallozum

İnsan korpus kallozumu, iki yarıküreyi birbirine bağlayan 200 milyondan fazla komissural lif içerir ve insan beynindeki açık ara en büyük beyaz madde (WM) lif demetinden oluştuğu bilinmektedir. Korpus kallozumun duysal, motor ve üst düzey bilişsel işlevlerin hemisferler arası transferinde etkin olarak tamamlayıcı bir rol dominansının bulunduğu iyi bilinmektedir (P. Wang et al. 2021). Korpus kallozum (CC), memeli beyninin ana aksonal yoludur ve hemisferler arasındaki bilgi transferinin merkezi yoludur. Bilginin çok boyutlu temsili, ilişkilendirme ve yürütme gibi görevler, duysal-motor tepkilerinin organizasyonu, entelektüel işleme, sosyal ve duygusal uyarının yönetimi gibi serebral korteksin üst düzey görevlerini kolaylaştırır (De León et al. 2020).

El kullanımı ile ilgili olarak en çok analiz edilen beyin yapısı korpus kallozumdur. Yarıküresel uzmanlaşma, insan beyni koordinasyonunun merkezi bir özelliğidir ve bireyler, çeşitli bilişsel işlevlerin yarıküreler arasında dağıtılma şekli açısından farklılık gösterir. Lateralize beyin organizasyonundaki bu çeşitliliğin en bilinen örneği el kullanımı olduğu bilinmektedir. Sağ el tercihi (becerikli manuel eylemlerin kontrolü için sol yarıküre hakimiyet) yaklaşık olarak %90'ında yaygınken toplumun %10'u sol eli tercih ediyor veya tercih ettiği baskın bir eli olmadığını göstermektedir. Hemisferler arasında temel bağlantılı olarak yarıküre laterizasyonu oluşturulmasında merkezi bir role sahip olduğu düşünülmektedir (Raaf and Westerhausen 2023).

Korpus kallozum farklılıklarından dolayı karar verme sürecinde olumsuz etkilerinin olduğu bilinmektedir. Korpus kallozum agenezeleri, karar verme yetisinden ödün verilmesine yol açmakla beraber potansiyel olarak olumsuz sonuçlar doğurduğu görülmektedir. Korpus kallozum agenezisi normal aralıkta zekaya sahip olabilir ancak karar verme ve karmaşık problemleri çözme konusunda eksiklikleri vardır. Düşünme ve

karar verme süreçleri içerisinde beyin ana bölümleri olan korpus kallozum yayları mekanizmaları ve beyin iki yarıküresini birbirine bağlayan korpus kallozum (CC), aynı zamanda sikloid eğrisi olarak tanımlanmaktadır (Aydın et al. 2023).

Beyin damar tıkanıklıklarında korpus kallozumun yönettiği ilişkiler bozulur ve kişilerde davranış bozuklukları, el ve göz koordinasyonunu sağlamakta zorluklar oluşmaktadır (Po C 2012). Anne ve bebekte oluşan beslenme bozuklukları korpus kallozum ve ilgili olduğu beyin alanlarında yapısal ve fonksiyonel arızalara nedenlerden birisidir (Olivares R 2012). Beynin damarsal hastalıkları beyin yarıküreleri ve korpus kallozumun donanım ve yazılım hastalıklarına yol açar (Allred RP 2010).

Korpus kallozumda hacim ve lif sayısındaki azlık ya da azalma ciddi derecede mental yıkıma neden olur (Threlkeld SW 2007). Kan kimyasının bozulması korpus kallozumda yapısal ve dolayısıyla fonksiyonel bozuklukları tetikler (Ellison JA 1995). Troid hastalıklarında beyin ve korpus kallozumun yapı ve işlevi bozulur (Berbel P 1993). Korpus kallozum kesileri beyin kabuğunda yıkıma neden olur (Rosen GD 1989). Doğum sonrası ratlarda göz ve kulakların deneysel olarak hasarlanması korpus kallozumun gelişimini olumsuz yönde etkiler (Abel PL 1996).

1.3.2. Angular girus

Dünyadaki nesneler, insanlar ve olaylar hakkındaki anlamsal bilgi nesne kullanma ve tanımanın yanı sıra dili kavrama gibi temel insan bilişsel yetenekleri içinde önemlidir. Angular girus (AG) anlama için ayrıca bir beyin olarak kabul ediliyor (Kuhnke et al. 2023). Angular girus, üst düzey bilişsel işlevlerin çeşitliliği konusunda da bir bağlantıya sahip olduğu bilinmektedir (Rockland 2023).

AG genellikle açısız sulkusu (as) kapsamı içerisine alan girus olarak ifade edilmektedir. Bu sulkus sadece beyinler arasında değil aynı zamanda yarıküreler arasında da değişkenliği kabul görmektedir. Sağ yarıkürelerinin %84'ünde sol yarıkürelerin %92'sinde superior temporal sulkusun (sts) posterior sonlanması sonucunda oluşmaktadır. Sıklıkla karşılaşılmayan durumlarda (sol yarıkürenin %4'ünde) açısız sulkus, serbest bir sulkus olarak tanımlanmıştır. AG, morfolojide bireyler arası

maksimum varyasyona sahip beyin bölgelerinden biri olarak tanımlanmıştır. Yüksek düzeyde bilişsel görevlerin tamamlayıcısı olarak bilinen ve bilişsel işlemlerde yer alan temsili bir beyin bölgesi olan angular girus, insan beyninin son gelişen bölgelerinden biridir (Niu and Palomero-Gallagher 2023).

Matematiksel, fiziksel ve kimyasal ilkelerin, görsel uzaysal ağda (esas olarak orta frontol girus ve alt parietal lobülde) benzer nöral aktivasyon seviyesi ve nöral aktivasyon modelini ortaya çıkardı. Bu üç ilke aynı zamanda aritmetik hesaplamaların ortaya çıkardığının aksine semantik ağda (esas olarak orta temporal girus, açısall girus, alt frontol girus ve dorsomedial prefrontal kortekste) benzer nöral aktivasyon seviyesini ve nöral aktivasyon modelini ortaya çıkardı (L. Wang et al. 2022).

1.4. Matematiksel Gelişim

1.4.1. Euler Langrange Denklemi

Leonhard Euler (1707-1783) ünlü bilim insanlarından biridir. Tüm zamanların matematikçisi-fizikçisi, temel matematiğin yanı sıra mekanik, optik, akışkanlar dinamiği ve müzikoloji de dahil olmak üzere çok sayıda disiplinde katkıları mevcuttur. Langrange denklemi, tıpkı Newton'un ikinci yasasında olduğu gibi bir hareket denklemidir ancak her bir fiziksel koordinat yerine q serbestlik derecesi şeklinde tanımlanır (Deshmukh et al. 2017).

Brakistokron problemini çözümünü değerlendirebilmek için, bu problemin temelini oluşturan varyasyonel prensibi inceleyelim.

$$\varphi_{\gamma}(\delta) = \varphi_{\gamma=0}(\delta) + \gamma X(\delta) \quad (1.1)$$

Denklemde δ 'ya oldukça bağımlılığı olan δ 'nın başka bir ϑ_{γ} fonksiyonunu ele alalım. Terimleri üç bağımlılığın kombinasyonu olarak ifade edersek

- i. ϑ_{γ} 'nın basit fonksiyon olarak δ 'ya doğrudan bağımlılığı

1. GİRİŞ

- ii. ϑ_γ 'nın, $\varphi_\gamma(\delta)$ 'ya bağımlılığı bu da elbette γ parametreleri tarafından belirlenen δ 'ya bağlıdır.
- iii. ϑ_γ 'nın, $\frac{d}{d\delta}\varphi_\gamma(\delta)$ 'ya bağımlılığı

Üç argümanın kombinasyonu olarak ifade edilebilir.

$$\vartheta_\gamma = \vartheta_\gamma \left(\varphi_\gamma(\delta), \frac{d}{d\delta}\varphi_\gamma(\delta), \delta \right) \quad (1.2)$$

ϑ_γ 'nın üçüncü argümanı normalde δ 'nın basit bir fonksiyonu olarak ifade edilebilen ϑ_γ 'nın δ 'ya açık bağımlılığını gösterir. ϑ_γ 'nın, δ 'ya böyle açık bağımlılığına ek olarak üstteki denklemde ilk iki argüman $\varphi_\gamma(\delta)$ ve $\frac{d}{d\delta}\varphi_\gamma(\delta)$ 'ya bağımlılığı yoluyla ϑ_γ 'nın, δ 'ya bağımlılığını ifade eder. δ bağımsız değişkeni üzerinde $\vartheta_\gamma(\delta)$ 'nin belirli integralini alalım.

$$I_\gamma = \int_{\delta_1}^{\delta_2} \vartheta_\gamma \left(\varphi_\gamma(\delta), \frac{d}{d\delta}\varphi_\gamma(\delta), \delta \right) d\delta \quad (1.3)$$

Euler denklemi, I_γ integralinin farklı bir γ değerindeki eğişimler açısından bir ekstremum olması için karşılanması gereken bir koşuldur. γ Parametresi $\varphi_\gamma(\delta)$ 'nın, δ 'ya nasıl bağlı olduğunu etkiler. Ekstremum bir maksimum veya minimum hatta bir eyer noktası olabilir. Analizde özellikle vurgulanan ekstremumun durağan özelliğidir. I_γ 'nın ekstremum değerinin $\gamma = 0$ da meydana geldiğini varsayalım. γ 'da herhangi bir değişiklik ekstremumun minimum (veya maksimum) ise I_γ 'nın değerinin artmasına (veya azalmasına) neden olur.

γ 'yı değiştiren I_γ integralinin değişme hızı şu şekilde verilir:

$$\frac{\partial I_\gamma}{\partial \gamma} = \frac{\partial}{\partial \gamma} \int_{\delta_1}^{\delta_2} \vartheta_\gamma \left(\varphi_\gamma(\delta), \frac{d}{d\delta}\varphi_\gamma(\delta), \delta \right) d\delta \quad (1.4.a)$$

1. GİRİŞ

$$\frac{\partial I_\gamma}{\partial \gamma} = \int_{\delta_1}^{\delta_2} \left[\frac{\partial}{\partial \gamma} \vartheta_\gamma \left(\varphi_\gamma(\delta), \frac{d}{d\delta} \varphi_\gamma(\delta), \delta \right) \right] d\delta \quad (1.4.b)$$

$$\frac{\partial I_\gamma}{\partial \gamma} = \int_{\delta_1}^{\delta_2} \left[\frac{\partial \vartheta_\gamma}{\partial \varphi_\gamma} \frac{\partial \varphi_\gamma}{\partial \gamma} + \frac{\partial \vartheta_\gamma}{\partial \varphi'_\gamma} \frac{\partial \varphi'_\gamma}{\partial \gamma} \right] d\delta \quad (1.4.c)$$

$$\varphi'_\gamma = \frac{\partial \varphi_\gamma}{\partial \delta} \quad (1.4.d)$$

$$\frac{\partial \varphi_\gamma}{\partial \delta} = \gamma \frac{\partial X}{\partial \delta} \text{ yani } \varphi'_\gamma = \gamma X' \quad (1.5.a)$$

denklemden şunu elde ederiz:

$$\frac{\partial \varphi_\gamma}{\partial \gamma} = X(\delta) \text{ ve } \frac{\partial}{\partial \gamma} \varphi'_\gamma(\delta) = X'(\delta) \quad (1.5.b)$$

O halde

$$\frac{\partial I_\gamma}{\partial \gamma} = \int_{\delta_1}^{\delta_2} \left[\frac{\partial \vartheta_\gamma}{\partial \varphi_\gamma} X(\delta) + \frac{\partial \vartheta_\gamma}{\partial \varphi'_\gamma} X'(\delta) \right] d\delta \quad (1.6)$$

olur. Yukarıdaki belirli integrali ayrı ayrı integraller olarak ayırırsak

$$\frac{\partial I_\gamma}{\partial \gamma} = \int_{\delta_1}^{\delta_2} \left[\frac{\partial \vartheta_\gamma}{\partial \varphi_\gamma} X(\delta) + \left[\frac{\partial \vartheta_\gamma}{\partial \varphi'_\gamma} X(\delta) \right] - \int_{\delta_1}^{\delta_2} \frac{d}{d\delta} \left(\frac{\partial \vartheta_\gamma}{\partial \varphi'_\gamma} \right) X(\delta) \right] d\delta \quad (1.7)$$

olarak yazılır. $X(\delta_2) = 0 = X(\delta_1)$, δ_1 ve δ_2 belirli integral aralığının uç noktalarıdır ve dolayısıyla üstteki denklemin ortasındaki terim sıfırdır.

$$\frac{\partial I_\gamma}{\partial \gamma} = \int_{\delta_1}^{\delta_2} \left[\frac{\partial \vartheta_\gamma}{\partial \varphi_\gamma} - \frac{d}{d\delta} \left(\frac{\partial \vartheta_\gamma}{\partial \varphi'_\gamma} \right) \right] X(\delta) d\delta \quad (1.8)$$

I_γ Keyfi $X(\delta)$ için bir ekstremum olduğunda $\frac{\partial I_\gamma}{\partial \gamma} = 0$ elde etmek için gerekli koşul şu olacaktır:

$$\left[\frac{\partial \vartheta_\gamma}{\partial \varphi_\gamma} - \frac{d}{d\delta} \left(\frac{\partial \vartheta_\gamma}{\partial \varphi'_\gamma} \right) \right] = 0 \quad (1.9)$$

Bu, I_γ integralinin durağan bir değere sahip olması için gerekli bir koşuldur ve Euler denklemi olarak bilinir.

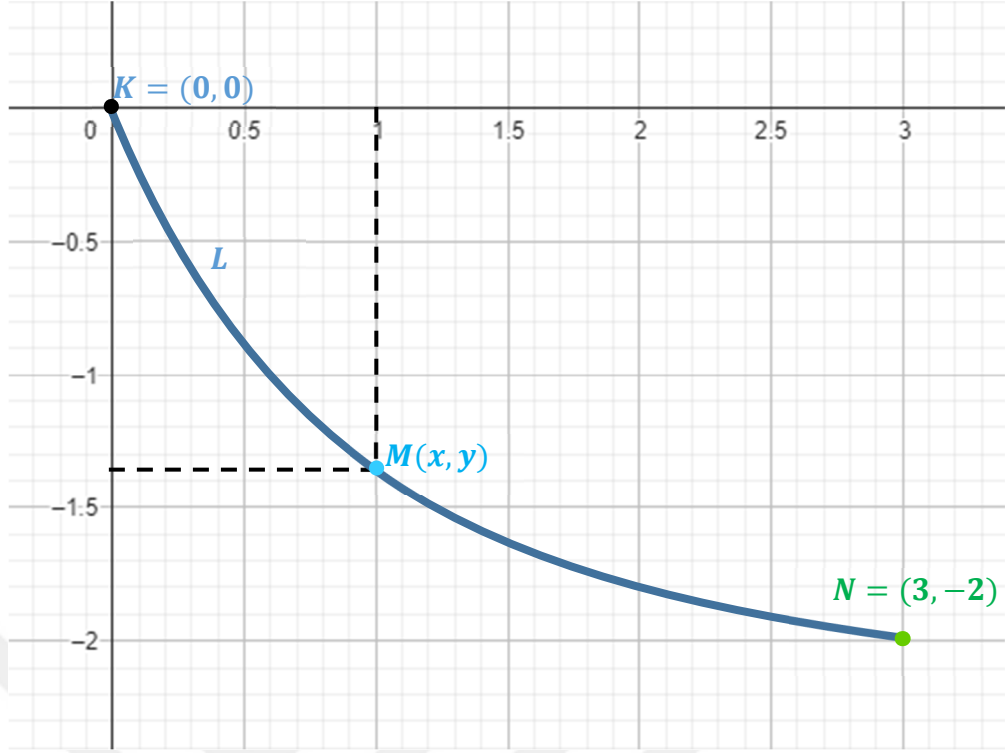
1.4.2. Brakistokron eğrisi

Brakistokron eğrisi, iki noktayı en kısa zaman diliminde birbirine bağlayan en kısa yoldur (Sun et al. 2022). Klasik brakistokron, sınırlandırılmış koşullar göz önüne alındığında en az zaman alan eğri olarak bilinmektedir (Morrison 2023). Kuantum mekaniği, modern bilim ve teknolojide etkili rol üstlenmektedir. Kuantum, brakistokron denklemlerinin çözümü için yeni bir yöntemin geliştirilmesinde faydalar sağlamaktadır (Aydın et al. 2023).

Brakistokron problemi, hesaplama tarihindeki en eski problemlerden biridir. Bu problemin çözümü 1696'da ilk olarak Bernoulli tarafından verilen klasik matematiksel problem olduğu bilinmektedir. Bernoulli, brakistokron eğrisinin herhangi bir noktasında, teğetin oluşturduğu açının sinüsü ile yüksekliğin dikey ve karekökü arasındaki oranın sabit olduğunu tanımlamıştır. John Bernoulli'nin brakistokron eğrisine öncülük etmesiyle birlikte yaptığı çalışma karşısında Galileo, bir tel bükülmesi sonucunda bir nesnenin daha hızlı nasıl düşeceğini tanımlayan sikloid eğrisini buldu. Christian Huygens, bir sikloidin farklı konumlarına yerleştirilen iki nesnenin eş zamanlı geleceğini ve tautokron eğrisine köken veren tek eğrinin sikloid olduğunu tanımlamaktadır (Velasco et al. 2019).

1.4.3. Hız

Bir nesnenin kayması için en hızlı eğri nedir sorusunun cevabı hıza dayanmaktadır. Potansiyel enerji ve kinetik enerji ile ilişkisi M , K ile N 'yi birleştiren yayın uzunluğu olarak tanımlanmaktadır. Grafikte x değişkeni M noktasının yüksekliğini temsil ederken y değişkeni yatay yer değiştirmeyi simgelemektedir. Parçacığın $M(x,y)$ içindeki hızı $v = \frac{ds}{dt}$ ise $dt = \frac{ds}{v}$ şeklinde tanımlanmaktadır.



Şekil 1.1. Çıkarım grafiği

Parçacığın hareketsiz kaldığını varsayalım. Koşullar sürtünme olmadığını gösterdiğinde, enerji ilkesi karşılanmış olur. Bu parçacık yüksek bir noktadan alçak bir noktaya doğru hareket ettiğinde potansiyel enerjinin kinetik enerjiye dönüşeceği anlamına gelmektedir. Parçacığın y yüksekliğinde bir noktadaki potansiyel enerjisi $E_p = mgy$. Burada m parçacığın kütlesini ve g yerçekimi ivmesini temsil etmektedir. Diğer yandan, $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ parçacığın kinetik enerjisidir. Başlangıç noktasındaki K kinetik enerji sıfırdır. M ve K noktaları arasındaki mesafe, potansiyel enerjinin değişimine eşittir.

$$E_p = E_k$$

$$mgy = \frac{1}{2}mv^2$$

$$v = \sqrt{2gy}$$

(1.10)

(Velasco et al. 2019)

1.4.4. Diferansiyel yay uzunluğu

$$\delta(t) = \frac{\delta s}{v} = \frac{\sqrt{\delta x^2 + \delta y^2}}{v} = \frac{\delta x \sqrt{1 + \left(\frac{\delta y}{\delta x}\right)^2}}{\sqrt{2gy}} \quad (1.11)$$

Yukarıdaki denklemden, parçacığın yerçekimi altında en kısa zamanda yol alabileceği eğrinin şeklinin t zaman parametresi yerine y yükseklik fonksiyonu cinsinden tekrardan parametrelendirilebileceğini görüyoruz. x -koordinatının bulunduğu B noktasına ulaşması için geçen süre x_B 'dir.

$$\tau = \int_0^{x_B} \left(\frac{\sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2}}{\sqrt{2gy}} \right) dx = \int_0^{x_B} \left(\frac{\sqrt{1 + y'^2}}{\sqrt{2gy}} \right) dx \quad (1.12)$$

Böylelikle 1.13. denklemi elde edilir.

$$\sqrt{2} \tau = \int_0^{x_B} \left(\frac{\sqrt{1 + y'^2}}{\sqrt{gy}} \right) dx = \int_0^{x_B} \mu(y, y') dx \quad (1.13)$$

O halde

$$\mu(y, y') = \frac{\sqrt{1 + y'^2}}{\sqrt{gy}} \quad (1.14)$$

Euler denkleminde, τ zamanın bir ekstremum olması durumu elde edilir. Buradan

$$0 = \left[\frac{\partial \mu}{\partial y} - \frac{d}{dx} \frac{\partial \mu}{\partial y'} \right] y' = \left[\frac{\partial \mu}{\partial y} y' - y' \frac{d}{dx} \frac{\partial \mu}{\partial y'} \right] \quad (1.15)$$

olur. Böylece 1.16 denklemi elde edilir.

1. GİRİŞ

$$\frac{d}{dx}[\mu(y, y')] = \frac{\partial \mu}{\partial y} \frac{dy}{dx} + \frac{\partial \mu}{\partial y'} \frac{dy'}{dx} = \frac{\partial \mu}{\partial y} y' + \frac{\partial \mu}{\partial y'} y'' \quad (1.16)$$

Yani

$$\frac{\partial \mu}{\partial y} y' = \frac{d\mu}{dx} - \frac{\partial \mu}{\partial y'} y'' \quad (1.17)$$

dir. Böylece

$$0 = \frac{d\mu}{dx} - \frac{\partial \mu}{\partial y'} y'' - y' \frac{d}{dx} \frac{\partial \mu}{\partial y'} \quad (1.18)$$

ve

$$0 = \frac{d}{dx} \left[\mu - y' \frac{\partial \mu}{\partial y'} \right] \quad (1.19)$$

olur. Yani

$$\left[\mu - y' \frac{\partial \mu}{\partial y'} \right] = k, (k \text{ bir sabit}) \quad (1.20)$$

dır.

Yukarıdaki denklem y koordinatı ile y türevi arasında bir ilişki olduğunu açıklamaktadır. Bu ilişki parçacığın yerçekimi altında K noktasından N noktasına ulaşması için en hızlı yolun yörünge denklemini verecektir. Şimdi bu yörünge denkleminin sağlandığını gösterelim. Bu takdirde

$$\frac{\partial \mu}{\partial y'} = \frac{\partial}{\partial y'} \frac{\sqrt{1+y'^2}}{\sqrt{gy}} = \frac{y'}{\sqrt{gy(1+y'^2)}} \quad (1.21.a)$$

olup buradan 1.21.b elde edilir.

$$\left[\mu - \frac{y'^2}{\sqrt{gy(1+y'^2)}} \right] = \frac{c}{\sqrt{g}}, \text{ bir sabit} \quad (1.21.b)$$

$\sqrt{g}$, faktörünü ayırırsak (1.21. b) denkleminde sonraki bağlantıları kolay şekilde takip ederiz. Buradan

$$\frac{1}{\sqrt{y(1+y'^2)}} = C \text{ veya } C^2 y (1 + y'^2) = \frac{1}{C^2} = a \quad (1.21.c)$$

olup

$$y \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 = a - y \quad (1.21.d)$$

elde edilir.

Böylece, x ve y arasında aşağıda verilmiş olan bağlantıyı elde ederiz. Sonuç olarak m kütlelerinin yerçekimi altında K noktasından N 'ye gitmesi için geçen sürenin minimum olacağı eğrinin şeklini verir. Ayrıca

$$\sqrt{\frac{y}{(a-y)}} (\delta_y) = (\delta_x) \quad (1.22.a)$$

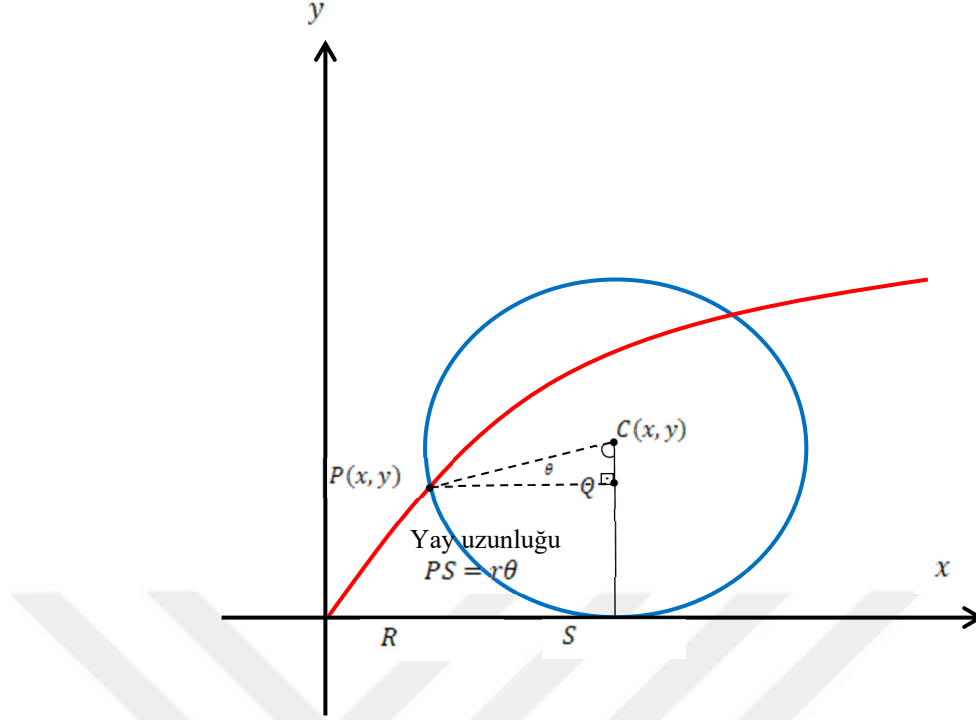
$$x = \int \sqrt{\frac{y}{(a-y)}} dy \quad (1.22.b)$$

$$y = \frac{a}{2} (1 - \cos \theta) = a \sin^2 \frac{\theta}{2} \quad (1.23)$$

dir.

Aşağıda Şekil 1.2.'de verilen koordinat sistemi kullanılarak yapılan temel değişiklik aralarındaki ilişkiyi bilinen bir formda ortaya koymaktadır.

$$x = a \int \sin^2 \frac{\theta}{2} d\theta = \frac{a}{2} (\theta - \sin \theta) + \beta \quad (1.24)$$



Şekil 1.2. Brakistokron eğrisinin yay uzunluğu

Tanımlanan β integrasyon sabiti olduğu bilinmekte ve $y = 0$ olduğunda $\theta = 0$ koşulunun sağlanmasından dolayı $\beta = 0$ elde edilir. Kesin olarak tanımlanması gereken diğer sabit a 'dır.

$$x_B = \frac{a}{2}(\theta_b - \sin \theta_b) \text{ ve } y_B = \frac{a}{2}(1 - \cos \theta_b) \quad (1.25)$$

Bu iki denklem arasındaki ilişkiden a sabiti belirlenebilir. Bu nedenle brakistokron eğrisinin yoluna ilişkin denklem (yani alınan sürenin en az olduğu yol) şu şekilde verilir:

$$x = \frac{a}{2}(\theta - \sin \theta); y = \frac{a}{2}(1 - \cos \theta) \quad (1.26.a)$$

Burada $\frac{a}{2}$ ile verilen çember yarıçapına sahip bir sikloiddir (Şekil 1.2.). Bir sikloid, çemberin merkezi düz bir çizgi boyunca ilerlerken, bisiklet tekerleği gibi bir çemberin kenarı üzerindeki noktanın konumu olarak tanımlanabilir. P orijindeyken $\theta = 0$ olduğunu görüyoruz (Şekil 1.2.). Çember x eksenine boyunca yatay bir OS mesafesi

boyunca aşağı yuvarlanır ve bu mesafe tam olarak $PS = r\theta$ yay uzunluğuna eşittir çünkü çemberin yarıçapı r 'dir. C çemberinin merkezinin kartezyen koordinatları (x, y) , θ parametresi cinsinden elde edilebilir. $x_c = OS$ Yay uzunluğuna eşittir. $PS = r\theta$ ve $y_c = CS$ çemberin yarıçapına (r 'ye) eşittir. P noktasının kartezyen koordinatları şu şekilde verilir (Deshmukh et al. 2017).

$$\begin{aligned}x_c &= OS - PQ = r\theta - r \sin \theta = r(\theta - \sin \theta), \\y_c &= CS - CQ = r - r \cos \theta = r(1 - \cos \theta)\end{aligned}\tag{1.26.b}$$

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Bu bölümde Dada yaylarının incelenmesinde yardımcı olan alt kategorilerinin daha önce literatürde yer almış deneyimleri ile ilgili bilgi verilmektedir.

M. Christene de Lacoste et al. (1985) tarafından yapılan çalışmada, insan korpus kallozumdan geçen liflerin topografik düzenini belirlemek için bu çalışmayı yaptılar ve korpus kallozumdaki Wallerian dejenerasyon dağılımını belirli kortikal lezyonların anatomik bölgeleriyle ilişkilendirerek insan korpus kallozumundaki liflerin topografik düzeninin, al yanaklı maymunda (*Macaca melez*) bulunan ile benzerlik oranının yüksek olduğu görülmüştür (De Lacoste et al. 1985).

Sandra F. Witelson (1985) tarafından yapılan çalışmada, korpus kallozumun el tercihine göre değişiklik gösterdiğini solaklar ve her iki elini kullananlarda, sağ elini tercih edenlere göre korpus kallozumun boyutunun daha büyük olduğu ve bu farklılığın beyin işlevlerinde bireysel farklılıklar olduğu görülmüştür (Witelson 1985).

Francisco Aboitiz et al. (1992) tarafından yapılan çalışmada, yirmi insan (on kadın, on erkek) beyninin korpus kallozumunun on bölgesinde farklı boyutlarda lif yoğunlukları ölçülmüş olmakla birlikte ışık mikroskopik incelemede lif tiplerinin bölgesel farklılaşma modelini ortaya koydu. Büyük çaplı lifler, ince liflerinkine tamamlayıcı model gösterildi. Denekler arasında, kallozal alanla anlamlı bir korelasyonu yoktu ve artan kallozal alan içinden geçen toplam lif sayısının arttığını gördü. Korpus kallozumun alanı arasında anlamlı bir ilişki bulunmadığı görülmüştür (Aboitiz et al. 1992).

PW Woodruff et al. (1995) tarafından yapılan çalışmada, MR ile yapılan çalışmalarda, şizofreni hastaları ve kontrolleri arasında korpus kallozum boyutunda farklılık olduğu görülmüştür. Şizofrenide korpus kallozum morfolojisine ilişkin yayınlanmış 11 çalışmanın meta-analizi, şizofreni hastaları ile normal kontroller arasında korpus kallozum boyutunda anlamlı bir farklılığının olmadığını tespit etmek için yapıldı. Bu çalışmaların birleşimi 313 hasta ve 281 kontrol içermektedir. Meta analizde beyin alanı ölçümleri oranı kullanıldı. Kontrollerle karşılaştırıldığında şizofreni hastalarında

korpus kallozum alanında istatistiksel olarak anlamlı bir azalma görüldü ($P < 0.02$). Hastalar ve kontrollerde beyin alanı ve korpus kallozum uzunluğu ölçümlerindeki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür (Woodruff et al. 1995).

Silke Göbel et al. (2001) tarafından yapılan çalışmada, açısız girus üzerinde tekrarlayan TMS, görsel-uzaysal arama görevinin performansı bozduğunu ve aynı bölgedeki rTMS varsayılan sayısal çizgisinin düzenini bozduğunu bazı durumlarda açısız girus rTMS'nin neden olduğu bozulma modeli bu alanın normalde sayının uzaysal temsiline aracılık ettiğini ileri sürdü. Açısız girustaki rTMS'nin, sol veya sağ yarıkürede başka bir parietal bölge olan supramarjinal girus üzerinde hiçbir yıkıcı etki olmadığı görülmüştür (Göbel et al. 2001).

Chloé Farrer et al. (2008) tarafından yapılan çalışmada, kişinin kendi eylemlerine ilişkin bilinçli deneyimlerindeki farklılıklar dikkate alınarak, özellikle amaçlanan bir eylemin hareketin sonuçlarıyla tutarlı olduğunun farkındalığını ve eylemin yazarının farkındalığıdır. Sağ alt parietal alanın eylem farkındalığı araştırılarak, deneyimlerin alt parietal kortekste, özellikle sağ açısız girusta (Ag) uygulanan süreçlerle ilişkili olduğu varsayıldı. Doğru Ag'nin hem amaçlanan sonuçlar ile hareketin sonuçları arasındaki tutarsızlığın farkındalığı ve eylem yazarının farkındalığı ile ilişkili olduğu görülmüştür (Farrer et al. 2008).

Mohamed L. Seghier (2013) tarafından yapılan çalışmada, geniş fonksiyonel nöro görüntüleme literatürü, algıdan tanıma ve eyleme arayüz oluştururken AG'nin, algılardan ziyade kavramları işlemede önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Bu çalışma, AG'nin rolünün tek başına anlaşılabilir bir şekilde tanımlanmayacağını ancak diğer bölgelerin etkisiyle paralel olarak anlaşılması gerektiği görülmüştür (Seghier 2013).

Nancy Velesco et al. (2019) tarafından yapılan çalışmada, sikloidin brakistokron özelliği test edilmiş olup matematiksel olarak bir nesnenin kendi ağırlığıyla en yüksek noktadan en alçak noktasına doğru düştüğünde kat edebileceği en hızlı eğrinin, ilkiyle aynı dikey çizgide olmayan bir sikloid olduğu tekrar görülmüştür ve her ne kadar en hızlı eğrinin iki nokta arasındaki düz bir çizgi olduğu düşünülse de yapılan deneyde brakistokronun özelliğinden dolayı cismin sikloid içindeki hareketi daha az zaman alır.

Bu eğri yalnızca sürtünmenin etkili olmadığı yer çekimi kuvvetine tabidir. Bir sikloid, yer çekimi ve destek reaksiyonlarından başka kuvvetler varsa optimal yörüngenin bir tahmini olduğu görülmüştür (Velasco et al. 2019).

David Agmon and Yizhaq (2020) tarafında yapılan çalışmada, ayırık brakistokronun özelliklerindeki sonuçlardan, herhangi keyfi bir noktada, kayan boncuğun hem sürekli hem de ayırık yollarda aynı hizaya sahip olduğunu ve her iki yolun eğrilik yarıçapının karşılık gelen noktalarda aynı olduğu kanıtlanmış olup, kanıtlar sonucunda bir sikloidin eğrisinin yuvarlanan bir tekerleğin çevresine bağlı bir nokta tarafından oluşturduğu şeklindeki iyi bilinen gerçeğe dayanmaktadır. Ayrıca boncuğun, sikloid boyunca toplam ivme büyüklüğünün sabit ve g 'ye eşit olduğu, ivme vektörünün ise tekerleğin merkezine doğru yönlendirildiğini ve sabit bir açısal hızla döndüğü gösterilmiştir (Agmon and Yizhaq 2020).

Zhang et al. (2021) tarafında yapılan çalışmada Lipopolisakkarit (LPS), mikroglia hücreleri için bir uyarıcı etken olduğu görülmektedir ve LPS'nin mikroglia hücrelerinin evrimliliğini ürettiği ve sıçan korpus kallozumunda (CC) belirlenebilecek işlevsel anormallikleri uyandırdığını gösterildi. Düşük doz LPS ile uyarılan mikroglia etkenini ve korpus kallozumdaki beyaz cevherlerin anormalliklerini hayvan modellemesinde doğruladıkları gösterilmiştir (Zhang et al. 2021).

Ali AlArjani et al. (2022) tarafında yapılan çalışmada, hastalık bulaşma dinamiklerini tahminler içeren her bir modelin özelliklerini anlamak için toplam dokuz matematiksel model kapsamlı bir şekilde analizi edilmiş ve ortaya koyulmaktadır. Bu dokuz modelin COVID-19 bulaşma dinamiklerini tahmin etmedeki uygulaması, bu modellerin detaylı karşılaştırmalarıyla birlikte bir vaka çalışmasıyla gösterilmiştir (AlArjani et al. 2022).

Dardo Tomasi and Volkow (2024) tarafında yapılan çalışmada, 9-10 yaş grubundaki Ergen Beyin Bilişsel Gelişimi (ABCD) çalışmasından el yatkınlığı ile beyin bağlantısının asimetresi arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Sağ elini kullananlara göre, sol elini kullananların sol el motor alanlarında küresel işlevsel bağlantı yoğunluğu artmış ve sağ el motor alanında azaldığı görülmüştür. Bağlantıya bağlı el yatkınlığı endeksi, sağ ve

2. KAYNAK ÖZETLERİ

sol elini kullananlar arasında daha keskin bir farklılaşma olduğu gösterilmiştir (Tomasi and Volkow 2024).



3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

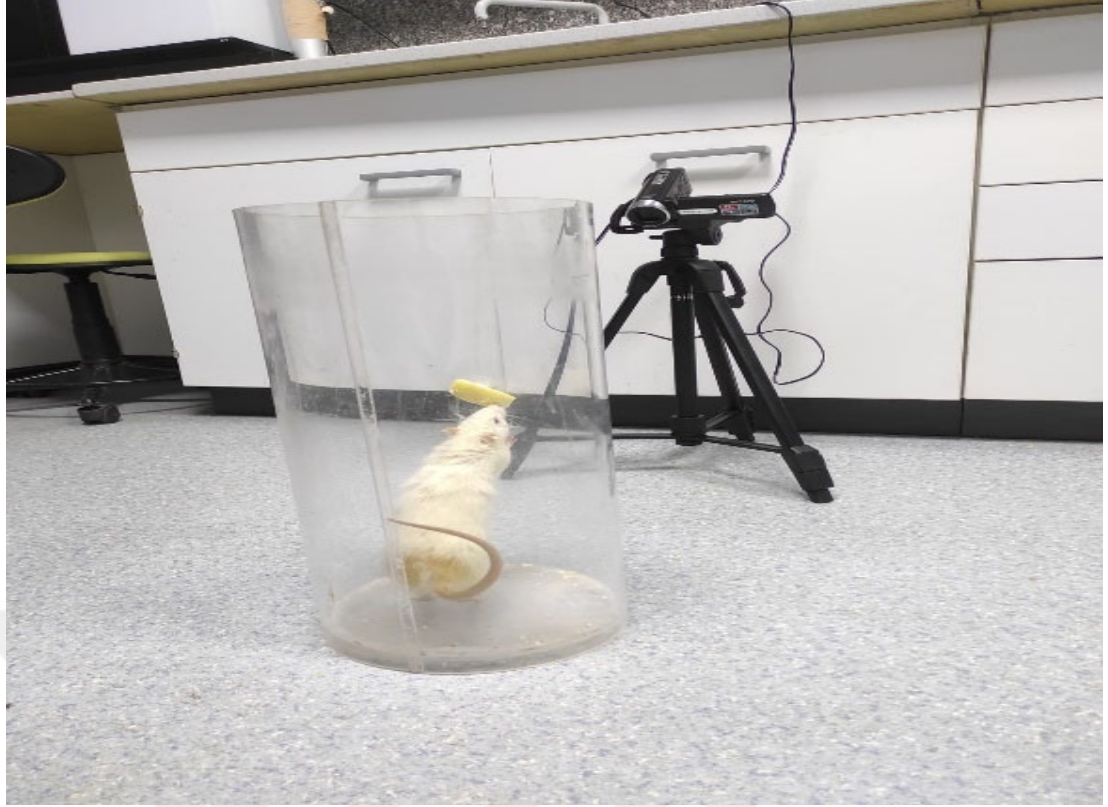
3.1.1. Sıçan karakteristikleri

Bu çalışma, Atatürk Üniversitesi Tıbbi Deneysel Uygulama ve Araştırma Merkezi (ATADEM)'de gerçekleştirilmiştir ve deney süresi toplam 14 gün sürdü. Deney süresinden bir hafta önce Spraque -Dawley cinsi, 6-8 haftalık yaş aralığındaki, 250 ve 300 gramlık 25 erkek sıçan ayrılarak bir hafta habituasyon sürecinden sonra deneye başlanılıp dört gün silindir testi platformuna alıştırıldıktan sonra bu erkek sıçanlar 5 sağlıklı, 5 solak ve 5 tane de hem sağlıklı hem de solak erkek sıçanlar el tercihi göre kategorize edilmiş gruplara ayrıldı. Çalışmaya 15 erkek sıçan ile devam edildi. 10 gün boyunca erkek sıçanların hem sağlamlık-solaklık durumu gözlenmiş hem de yiyeceğe ulaşma süreleri kamerayla video formatında kaydedilerek ölçülüp istatistiksel analizlerde kullanılmak üzere not edildi.

3.2. Yöntem

3.2.1. Silindir test

Silindir testinde, ön el kullanım tercihi, sıçanın 20 cm çapında ve 50 cm yüksekliğinde video kaydı alınıp, sonucunda yiyeceğe ulaşma süresi ile el tercih kullanımının analizi yapıldığını göstermektedir. Silindir testi, yapılabilecek diğer testlere göre kolaylık, bağımsızlık, hassasiyet ve netlik kazanmamış kronik eksikliklere karşı yüksek avantaj içermektedir. Bu çalışmada, kullanılan Sprague-Dawley sıçanlarının silindir içindeki yiyeceğe ulaşma sürelerini ve sağlamlık ve solaklık durumlarını gözlemlemek amacıyla kullanılan silindirin 30 cm yüksekliğine yiyecek yerleştirilmiştir (Yu et al. 2019).



Şekil 3.1 Erkek sıçanın gıdaya ulaşması

Bu 20 cm çapında ve 50 cm yüksekliğindeki şeffaf pleksiglas silindir düzeneği, sarkidiyen ritime bağlı farklılıkları önlemek amacıyla deneyler her gün aynı saatte (17:00) yapıp kayıt alınarak ölçüm sonuçları not edildi. 10. gün sonunda sıçanlar genel anestezi altında doku fiksasyonunu desteklemek amacıyla intrakardiyak formalin solüsyonu enjeksiyonundan sonra dekapite edildi. Sıçanların kafatası, uygun cerrahi enstumanlar kullanılarak açılmasının ardından beyin dokuları hasar verilmeden çıkarıldı. Kanın uzaklaştırılması amacıyla %10'luk formalinle yıkanarak daha sonra aynı şekilde %10'luk formalin solüsyonuna atılıp 2 gün fiksasyon işlemi yapıldı.

Veriler Windows SPSS 20.0 paket programı kullanılarak analiz edildi. Tüm deneklere ait zaman ve Deha alanları parametreleri, ortalama ve standart sapma hesaplanarak sunuldu. Sağlak, solak ve her iki kullanan hayvanlara ait zaman ve Deha alanları tek yönlü varyans analizi testi ve çoklu karşılaştırma testi olan parametrik LSD testine göre değerlendirildi. Varyansların homojene testi levene testine göre kıyaslanarak parametrik test kullanılmasına karar verildi. Pearson korelasyon katsayısı Deha alan ve zaman parametreleri arasındaki ilişkiyi analiz etmek için kullanıldı. Doğrusal regresyon analizi (enter modeli) Deha alan ve zaman parametreleri arasındaki ilişkiyi analiz etmek

için kullanıldı. P değerinin 0.05'den küçük olduğu durumlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

3.2.2. Hemotoksilen eozin boyama prosedürü

Bu prosedür kapsamında kullanılmış olan malzemeler Etüv, Ksilen I, II ve III serileri, %100 alkol, %96 alkol, %80 alkol, Eozin ve Distile sudan oluşmaktadır. İki gün boyunca %10'luk formalin ile fikse edilen beyin dokuları parafin bloklarda bekletildi. Sonraki aşamada bu parafin bloklar içerisinde Mikrotom ile μm kesitler alındı ve su banyosundan kesitler lam üzerine alınarak aşağıdaki aşamalar uygulanmıştır.

1. Deparafinasyon: Bu aşamada ilk olarak kesitler, önceden ısıtılmış etüvde 30 dakika süreyle bekletildi ve ardından kesitler sırasıyla Ksilen I, Ksilen II ve Ksilen III serilerinin her birinde 10 defa daldırılıp çıkarma işlemi uygulanarak parafin tamamıyla uzaklaştırıldı.

2. Rehidrasyon: Kesitler, %100 alkole 10 defa batırılıp çıkarıldı. Ardından %96 alkole batırılıp çıkarıldı ve son adım olarak %80 alkole 10 defa batırılıp çıkarılarak rehidrasyon aşaması tamamlandı.

3. Yıkama: Yıkama aşamasında rehidrasyon sonra kesitler distile su ile 10 defa yıkanarak alkolden arınması sağlandı.

4. Hemotoksilen Boyama: Kesitler, hemotoksilen solüsyonuna 10 defa daldırılıp çıkarılarak boyama işlemi gerçekleşti ve hemotoksilen boyama sonrası kesitler distile su ile 10 defa yıkanarak fazla boyanın uzaklaşması sağlandı.

5. Maviye Dönüşme (Bluing): Boyanmış kesitler, bluing reagent ile 5 defa daldırılıp çıkarılarak hemotoksilenin mavi renk alması gerçekleşti. Daha sonra, kesitler tekrar distile su ile 10 defa yıkanarak bluing reagent'ından arındırıldı.

6. Eozin Boyama: Kesitler, eozin solüsyonuna 10 defa daldırılıp çıkarılarak boyandı.

7. Dehidrasyon: Üç adımdan oluşan bu aşamada öncelikle kesitler eozin boyamasının ardından kesitler %96 alkole 10 defa batırılıp çıkarılarak dehidrate edildi daha sonra %100 alkole 10 defa daldırılıp çıkarıldı ve son olarak kesitler tekrardan %80 alkole 10 defa daldırılıp çıkarılarak dehidrasyon aşaması tamamlandı.

8. Temizleme ve Montaj: Ksilen I, Ksilen II ve Ksilen III serilerinin her birinde 10 defa batırılıp çıkarılarak temizleme işlemi gerçekleştirildi ve ardından kesitler monte edilerek incelemeye hazır hale getirildi.

3.3. Matematiksel Modelleme

Bu bölümde zamana bağlı olan gıda bulma süreleri, belirlenmiş eşik değerlere göre kategorize edilmiş ve el tercihlerine göre gruplandırılmış erkek sıçanların altı günlük zaman içerisinde durumlar arası geçiş olasılıklarını inceleyen bir modelleme oluşturulmaktadır. Her bir grup için zaman dilimleri kısa süre (S), orta süre (M) ve uzun süre (L) olarak tanımlanmaktadır. D/D durumlar arası geçişi temsil etmektedir.

Kısa Süre (S) <30 saniye

Orta Süre (M): 30-100 saniye

Uzun Süre (L) >100 saniye

3.3.1. Sağ el tercihi olanlar

Çizelge 3.1. Sağ elini tercih edenlerin gıdaya ulaşma süresi

Grup	G1	G2	G3	G4	G5	G6
SAG	39,48	9,80	120,34	18,15	53,42	5,83
SAG	89,68	163,73	195,13	20,2	20,84	8,44
SAG	40,22	20,77	19,6	134,23	29,28	18,1
SAG	16,57	25,77	219,9	109,47	23,93	7,92
SAG	9,81	55,01	19,92	9,43	4,19	10,74

Çizelge 3.2. Gıda bulma sürelerinin kategorize edilmiş karakteristikleri

Grup	G1	G2	G3	G4	G5	G6
SAG	M	S	L	S	M	S
SAG	M	L	L	S	S	S
SAG	M	S	S	L	S	S
SAG	S	S	L	L	S	S
SAG	S	M	S	S	S	S

Çizelge 3.3. Geçiş frekans tablosu

D/D	S	M	L
S	9	2	3
M	4	0	1
L	4	0	2

Geçiş frekans tablosu her ratın günlük olarak ayrı ayrı değerlendirmelerine bağlı olarak ardışık günler arasında aynı grup kategorisindeki verilerin toplanması ile hesaplanmıştır.

Çizelge 3.4. Geçiş olasılık tablosu

D/D	S	M	L
S	$\frac{9}{14}$	$\frac{2}{14}$	$\frac{3}{14}$
M	$\frac{4}{5}$	0	$\frac{1}{5}$
L	$\frac{4}{6}$	0	$\frac{2}{6}$

Geçiş hızı matrisi belirlenirken geçiş olasılık matrisinden birim matrisin çıkarılmasıyla elde edilmektedir ve I birim matrisi tanımlamaktadır.

$$Q_{SAG} = P_{SAG} - I$$

Çizelge 3.5. Geçiş hızı matrisi tablosu

D/D	S	M	L
S	$-\frac{5}{14}$	$\frac{2}{14}$	$\frac{3}{14}$
M	$\frac{4}{5}$	-1	$\frac{1}{5}$
L	$\frac{4}{6}$	0	$-\frac{4}{6}$

Geçiş hızı matrisinin sonucunda mevcut diferansiyel denklemler aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$\begin{aligned}
\frac{dx_s}{dt} &= -\frac{5}{14}x_s + \frac{2}{14}x_M + \frac{3}{14}x_L \\
\frac{dx_M}{dt} &= \frac{4}{5}x_s - x_M + \frac{1}{5}x_L \\
\frac{dx_L}{dt} &= \frac{4}{6}x_s - \frac{4}{6}x_L
\end{aligned} \tag{3.1}$$

Yukarıdaki gibi tanımlanan diferansiyel denklemlerin genel çözümü şu şekildedir:

$$\begin{aligned}
x_s &= \frac{\sqrt{3385}}{280} (c_2 e^{\frac{(-425+\sqrt{3385})t}{420}} - c_3 e^{\frac{-(425+\sqrt{3385})t}{420}}) - \frac{29}{56} (c_2 e^{\frac{(-425+\sqrt{3385})t}{420}} \\
&+ c_3 e^{\frac{-(425+\sqrt{3385})t}{420}}) + c_1 \\
x_M &= \frac{\sqrt{3385}}{40} (-c_2 e^{\frac{(-425+\sqrt{3385})t}{420}} + e^{\frac{-(425+\sqrt{3385})t}{420}}) + \frac{43}{40} (c_2 e^{\frac{(-425+\sqrt{3385})t}{420}} \\
&+ c_3 e^{\frac{-(425+\sqrt{3385})t}{420}}) + c_1 \\
x_L &= c_1 + c_2 e^{\frac{(-425+\sqrt{3385})t}{420}} - c_3 e^{\frac{-(425+\sqrt{3385})t}{420}}
\end{aligned} \tag{3.2}$$

3.3.2. Sol el tercihi olanlar

Çizelge 3.6. Sol elini tercih edenlerin gıdaya ulaşma süresi

Grup	G1	G2	G3	G4	G5	G6
SOL	37,13	240	189,43	58,78	41,65	9,05
SOL	11,98	8,89	8,84	5,7	4,22	3,66
SOL	0,13	7,46	10,93	8,71	4,54	0,83
SOL	19,48	37,78	14,07	10,41	11,4	33,77
SOL	30,68	11,48	51,29	44,76	39,89	14,73

Çizelge 3.7. Gıda bulma sürelerinin kategorize edilmiş karakteristikleri

Grup	G1	G2	G3	G4	G5	G6
SOL	M	L	L	M	M	S
SOL	S	S	S	S	S	S
SOL	S	S	S	S	S	S
SOL	S	M	S	S	S	M
SOL	M	S	M	M	M	S

Çizelge 3.8. Geçiş frekans tablosu

D/D	S	M	L
S	13	3	0
M	3	3	1
L	0	1	1

Çizelge 3.9. Geçiş olasılık tablosu

D/D	S	M	L
S	$\frac{13}{16}$	$\frac{3}{16}$	0
M	$\frac{3}{7}$	$\frac{3}{7}$	$\frac{1}{7}$
L	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$

Geçiş hızı matrisi belirlenirken geçiş olasılık matrisinden birim matrisin çıkarılmasıyla elde edilmektedir ve I birim matrisi tanımlamaktadır.

$$Q_{SOL} = P_{SOL} - I$$

Çizelge 3.10. Geçiş hızı matris tablosu

D/D	S	M	L
S	$-\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	0
M	$\frac{3}{7}$	$-\frac{4}{7}$	$\frac{1}{7}$
L	0	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$

Geçiş hızı matrisinin sonucunda mevcut diferansiyel denklemler aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$\begin{aligned} \frac{dx_S}{dt} &= -\frac{3}{16}x_S + \frac{3}{16}x_M \\ \frac{dx_M}{dt} &= \frac{3}{7}x_S - \frac{4}{7}x_M + \frac{1}{7}x_L \\ \frac{dx_L}{dt} &= \frac{1}{2}x_M - \frac{1}{2}x_L \end{aligned} \quad (3.3)$$

Yukarıdaki gibi tanımlanan diferansiyel denklemlerin genel çözümü şu şekildedir:

$$\begin{aligned}
x_S(t) &= \frac{\sqrt{3081}}{160} (-c_2 e^{\frac{(-141+\sqrt{3081})t}{224}} + c_3 e^{\frac{-(141+\sqrt{3081})t}{224}}) - \frac{99}{160} (-c_2 e^{\frac{(-141+\sqrt{3081})t}{224}} \\
&+ c_3 e^{\frac{-(141+\sqrt{3081})t}{224}}) + c_1 \\
x_M(t) &= c_1 + c_2 e^{\frac{(-141+\sqrt{3081})t}{224}} + c_3 e^{\frac{-(141+\sqrt{3081})t}{224}} \\
x_L(t) &= \frac{\sqrt{3081}}{20} (c_2 e^{\frac{(-141+\sqrt{3081})t}{224}} - c_3 e^{\frac{-(141+\sqrt{3081})t}{224}}) + \frac{29}{20} (c_2 e^{\frac{(-141+\sqrt{3081})t}{224}} \\
&+ c_3 e^{\frac{-(141+\sqrt{3081})t}{224}}) + c_1
\end{aligned} \tag{3.4}$$

3.3.3. Her iki elini kullananlar

Çizelge 3.11. Her elini tercih edenlerin gıdaya ulaşma süresi

Grup	G1	G2	G3	G4	G5	G6
SAG-SOL	14,76	24,93	34,13	16,74	8,19	6,4
SAG-SOL	15,33	17,16	20,34	29,75	4,31	14,18
SAG-SOL	13,11	3,98	5,43	5,82	3,94	2,95
SAG-SOL	240	25,44	0,06	16,09	7,16	4,99
SAG-SOL	125,13	23,07	0,05	4,4	11,79	3,41

Çizelge 3.12. Gıda bulma sürelerinin kategorize edilmiş karakteristikleri

Grup	G1	G2	G3	G4	G5	G6
SAG-SOL	S	S	M	S	S	S
SAG-SOL	S	S	S	S	S	S
SAG-SOL	S	S	S	S	S	S
SAG-SOL	L	S	S	S	S	S
SAG-SOL	L	S	S	S	S	S

Çizelge 3.13. Geçiş frekans tablosu

D/D	S	M	L
S	21	1	0
M	1	0	0
L	2	0	0

Çizelge 3.14. Geçiş olasılık tablosu

D/D	S	M	L
S	$\frac{21}{22}$	$\frac{1}{22}$	0
M	1	0	0
L	1	0	0

Geçiş hızı matrisi belirlenirken geçiş olasılık matrisinden birim matrisin çıkarılmasıyla elde edilmektedir ve I birim matrisi tanımlamaktadır.

$$Q_{SAGSOL} = P_{SAGSOL} - I$$

Çizelge 3.15. Geçiş hızı matris tablosu

D/D	S	M	L
S	$-\frac{1}{22}$	$\frac{1}{22}$	0
M	1	-1	0
L	1	$\frac{1}{2}$	$-\frac{3}{2}$

Geçiş hızı matrisinin sonucunda mevcut diferansiyel denklemler aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$\begin{aligned}
 \frac{dx_S}{dt} &= -\frac{1}{22}x_S + \frac{1}{22}x_M \\
 \frac{dx_M}{dt} &= x_S - x_M \\
 \frac{dx_L}{dt} &= x_S + \frac{1}{2}x_M - \frac{3}{2}x_L
 \end{aligned} \tag{3.5}$$

Yukarıdaki gibi tanımlanan diferansiyel denklemlerin genel çözümü şu şekildedir:

$$\begin{aligned}X_S(t) &= c_2 - \frac{c_3 e^{\frac{-23t}{22}}}{22} \\X_M(t) &= c_2 + c_3 e^{\frac{-23t}{22}} \\X_L(t) &= c_2 + c_3 e^{\frac{-23t}{22}} + e^{\frac{-3t}{2}}\end{aligned}\tag{3.6}$$

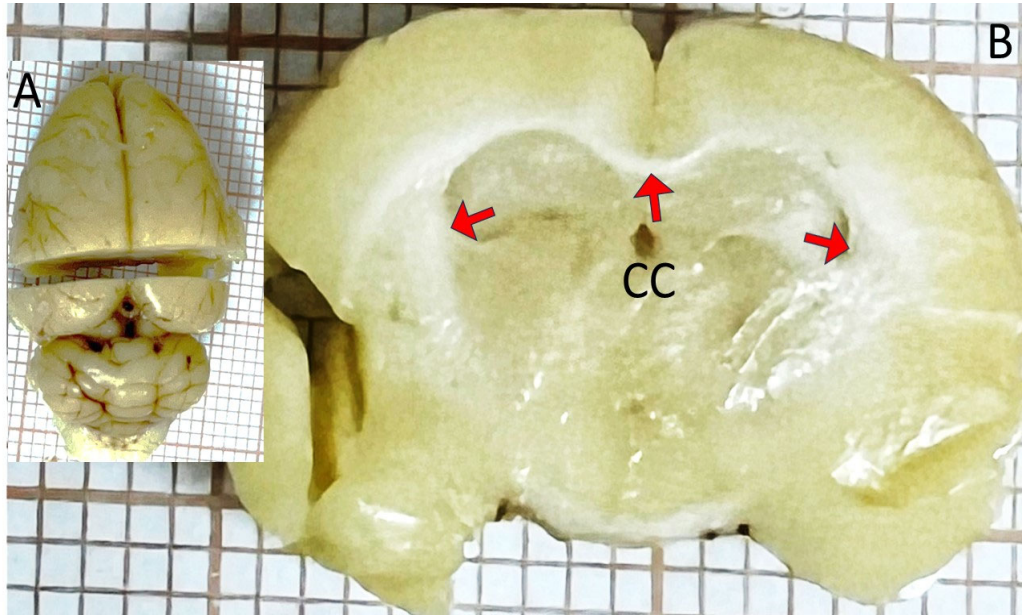


4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Bulgular

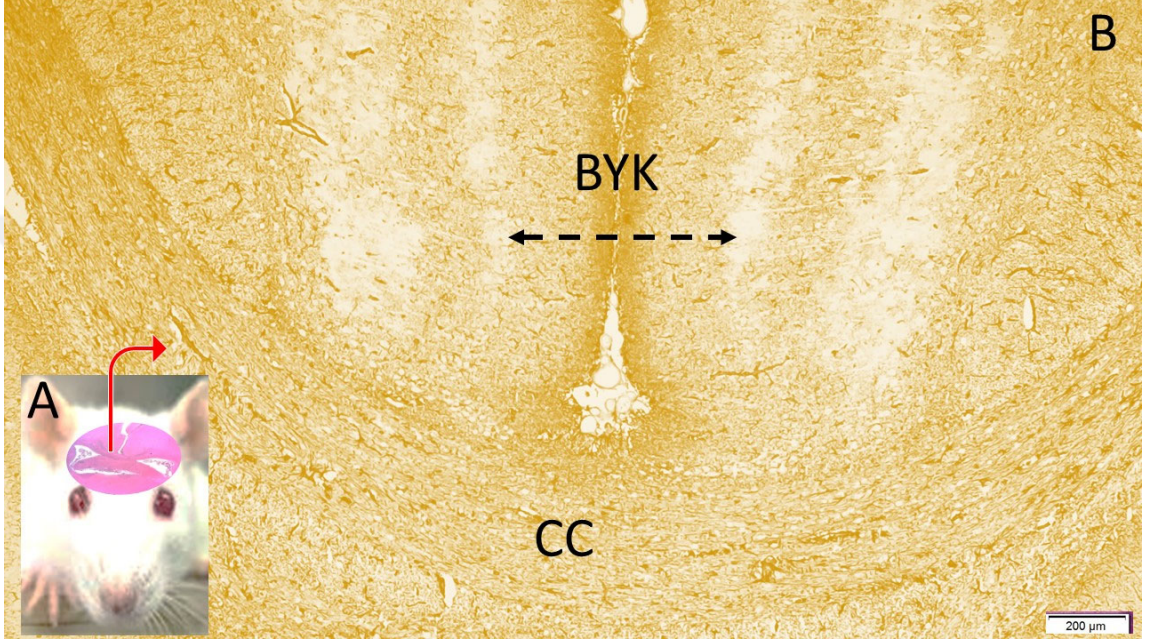
Deha alanı ile süre arasında pozitif korelasyon mevcuttur. Yani, doğumsal olarak belirlenmiş olan korpus kallozum yayı ile brakistokron eğrisi aranda kalan Deha alanı büyüdükçe, deneklerin gıda bulma süreleri de adeta doğru orantılı olarak artmakta idi. Deneklerin test sayısı arttıkça, gıda bulma süreleri istatistiki açıdan bariz fark olmasa da nümerik olarak kısalıyordu. Bu durum, iki elini kullananlarda daha belirgindi. Özetle, çift ellilerde alan değeri en az iken, sağlaklarda hafif düzeyde ve solaklarda daha fazla düzeyde alan artışı izlendi. Regresyon analizlerine göre de ilişkinin tahmin gücü ciddi bir anlam derecesinde olumlu bulundu. El tercihindan bağımsız olarak Deha alanı ile süre arasındaki ilişki anlamlı idi. Sağlaklarda sol korpus kallozum ve solaklarda sağ korpus kallozum daha fazla glial hücre ihtiva etmektedir.

Bu hücre sayısı fazlalığı, eğitim öğretimle artırılarak Deha alanının değeri de değiştirilmek suretiyle daha etkin beyinler oluşturulabilir. Burada üzerinde çalışılan Deha alanı, beynin ram kapasitesi olarak mütalaa olunabilir.



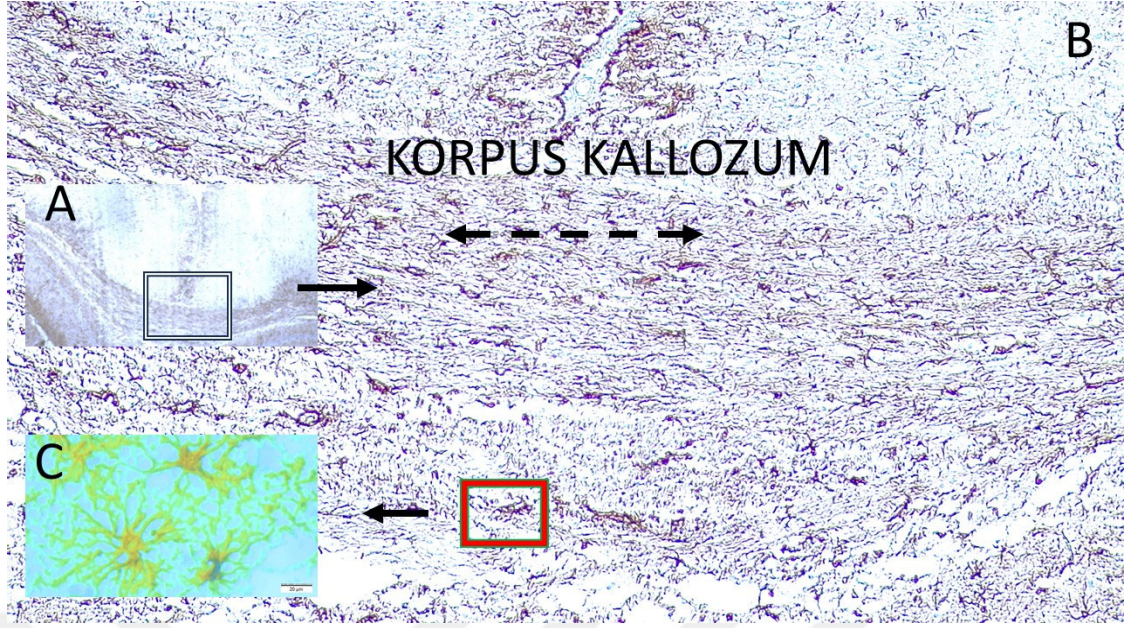
Şekil 4.1. Bir rattan çıkarılan beyin görüntüsü

Resim A’da, rat beyninin üstten görünümü ve korpus kallozumun motor kontrolleri yapan liflerinin geçtiği saha olan kesit alanı; resim B’de ise korpus kallozumun anatomik yapısı izlenmektedir. Beyaz epsilon şeklinde olan korpus kallozumun beyin derinlerine indikçe yapraklanması yaptığı bağlantıları göstermektedir. Brakistokron eğrisi ile korpus kallozum arasındaki ilişki beyin derin zekayı ve derin bilgiyi işleyen yapılarında da benzer şekilde bulunmuştur.



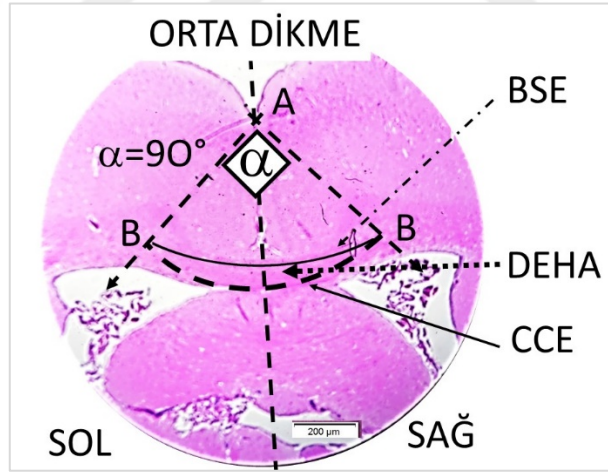
Şekil 4.2. Ratlarda beyin yarıkürleri

Bir ratta kafatası içerisinde beyin hemisferleri ile korpus kallozumun lokalizasyonu (A); beyin yarıküreleri (BYK) ile korpus kallozumun histolojik yapısı izlenmektedir. Sağlamlarda sol, solaklarda sağ korpus kallozum istatistiki açıdan olmasa da korelasyon analizleri açısından daha kalın bulundu.



Şekil 4.3. Korpus kallozum histolojik yapısı

Sağlamlarda sol, solaklarda sağ korpus kallozum, istatistiksel açıdan olmasa da korelasyon analizleri açısından glial hücre-yıldız hücre sayıları (B) ve bunların dal sayıları (C) daha fazla bulundu.



Şekil 4.4. Beyin yüzey kesit alanı

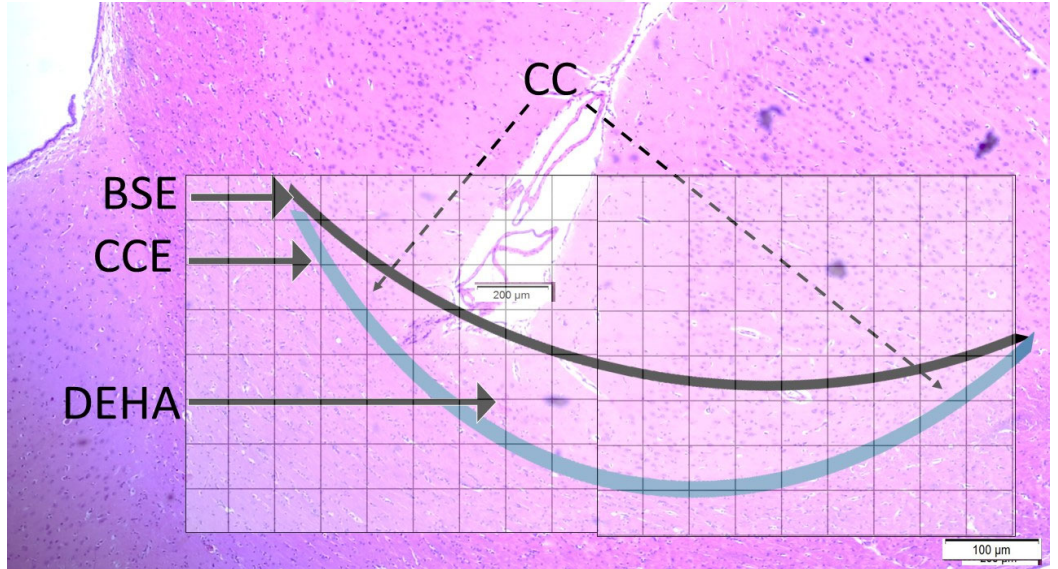
Buradaki alfa açısının dik olması ve korpus kallozum yayının da brakistokron eğrisini andırması, bize böyle bir çalışmanın gerekli olduğu sinyalini vermiştir. Tezde incelenecek olan korpus kallozum yayının elde edilmesi için kullanılan sağ ve sol beynin motor alanlarını birbirine bağlayan korpus kallozum sahasından geçen dikey kesitte elde olunan preparat, sanal ortama yerleştirilerek beyin yarımkürelerini ayıran yarıktan çizilen

dikey çizginin, beyne değdiği noktadan (A) birbirine dik olarak çizilen iki doğrunun ($\alpha=90^\circ$) korpus kallozumu kestiği noktalar (B) arasında kalan kısmı ile brakistokron eğrisinin bu noktaları kestiği parçasının arasında kalan alan Deha alanı olarak hesaplandı.

Beyin görüntülemeye dik açılı kesitler almak yaygın olduğu bilinmektedir. Korpus kallozumun diğer yapılarla $\alpha=90^\circ$ olarak değerlendirilmesi, beyin anatomisinin standartlaştırılmış bir şekilde incelenmesini sağlar ve dik açılı kesitler, beyin yapısında güçlü analizler ortaya koymaktadır.

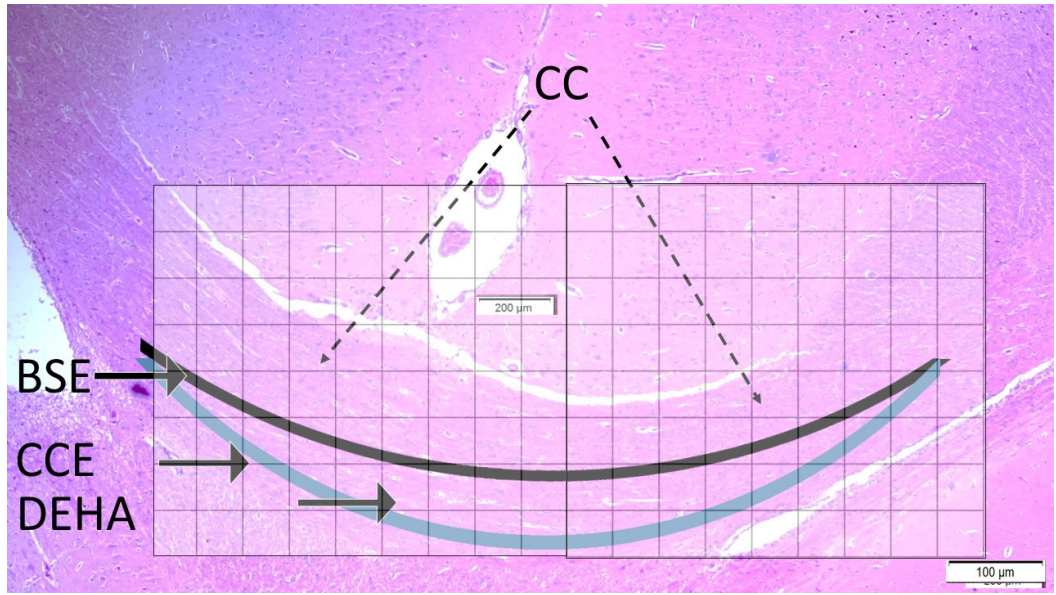
Çizelge 4.1. Ortalama Deha alanları

Gruplar	Sağ El	Sol El	Sağ-Sol El
Deha Alanı (mm ²)	15,13±3.17	23,02±3.17	9,02±1.05



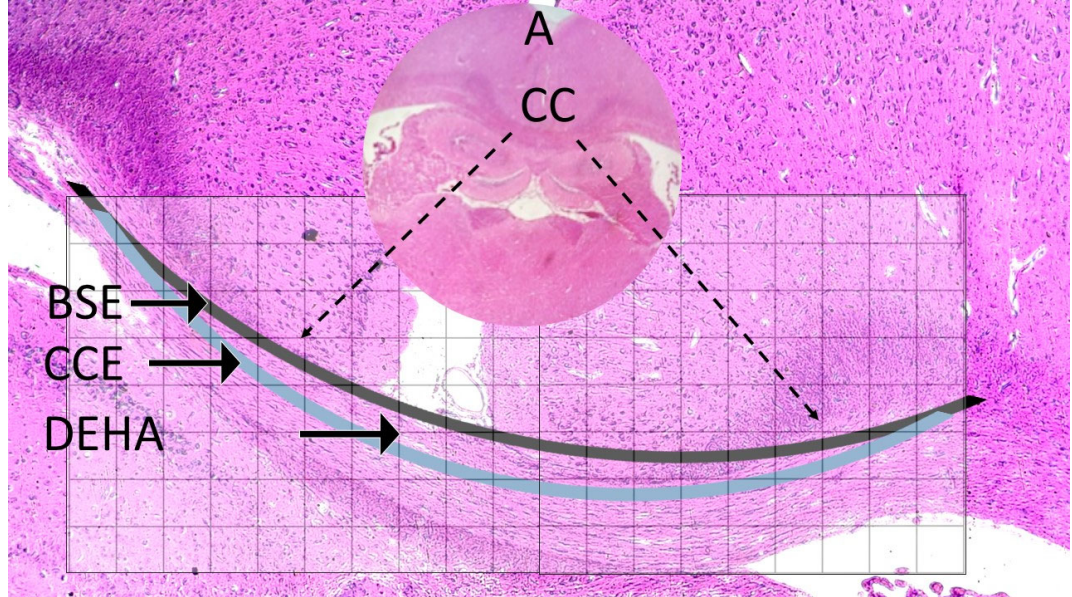
Şekil 4.5. Gıdalara en uzun sürede ulaşan deneklerin Deha alanı

Sağlamlık ve solaklığın önemi, regresyon analizinde anlamlı bulunsa da istatistiki analiz açısından anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Sağlamlarda sol taraftaki korpus kallozum yayı, brakistokron yayına daha paralellik arz etmektedir. Aynı zamanda, bu deneklerde korpus kallozumun uç noktalarından çıkan dikmelerde genellikle $\alpha=90^\circ$ 'den küçük bulunmuştur.



Şekil 4.6. Gıdalarını ortalama sürede bulan deneklerin Deha alanı

Burada, sağlklık ve solaklığın önemi korelasyon ve regresyon analizleri ile anlamlı bulunsada istatistiki açıdan çok anlamlı bulunmamıştır. Ancak solaklarda, sağ taraftaki korpus kallozum yayı brakistokron yayına daha paralellik arz etmektedir.



Şekil 4.7. Gıdalarını en kısa sürede bulan deneklerde Deha alanı

Gıdalarını en kısa sürede bulan deneklerde Deha alanı en düşük değerdedir. Bu deneklerin korpus kallozum yayları ile brakistokron yayları, her iki tarafta da birbirine paralellik arz etmektedir. Yine bu deneklerde korpus kallozumun uç noktalarından çıkan dikmeler de genellikle $\alpha=90^\circ$ derecedir.

4.2. Tartışma

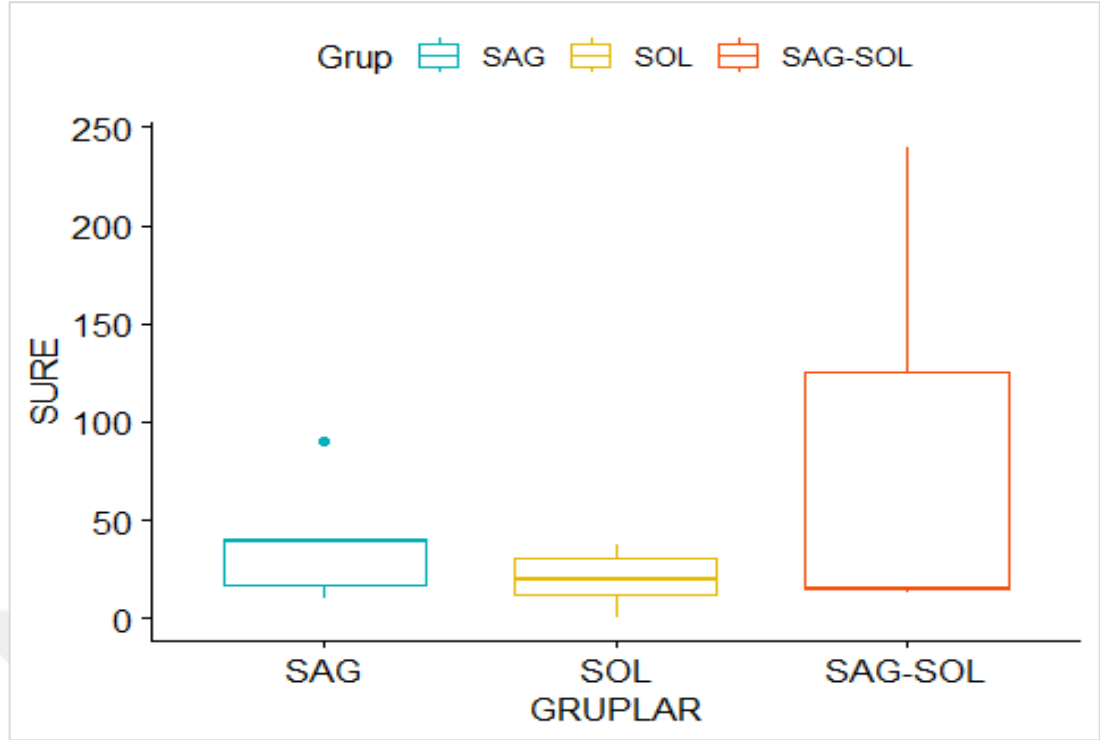
4.2.1. İstatistiksel yöntem

Çizelge 4.2. Deney ve kontrol grupları veri seti

Deney ve Kontrol Grupları	Grup Başına Hayvan Adedi	Tekrar Sayısı	Kullanılan Toplam Hayvan Sayısı
Sağlak Grubu	5	1	5
Solak Grubu	5	1	5
Hem Sağlak Hem Solak Grubu	5	1	5

Deneyde kullanılacak toplam erkek sıçan sayısı 15 adettir. Gruplardaki erkek sıçan sayısı, yeterli örneklem için 5 ve deneydeki meydana gelebilecek hatalardan dolayı 1 tane yedek erkek sıçan olarak belirlendi. Gruplar arasındaki farklılıklar, tek yönlü varyans analizi çoklu karşılaştırma istatistiksel testi ile değerlendirilecektir.

Bu tez çalışmasında, tek yönlü varyans analiz testi kullanılmasının başlıca nedenleri arasında, birden fazla grubun ortalamalarını karşılaştırarak anlamlı farklar olup olmadığını tespit etmek, çeşitli gruplarla kategorize edilmiş grup değişkenleri analiz etmek, toplam hata oranını kontrol altında tutmak analizlere olanak sağlamaktadır. Ayrıca, bu tez çalışması içerisinde el baskınlığına göre üç farklı grubun mevcut olması ve gıdaya ulaşma sürelerindeki farklılıklar, veri setinin tek yönlü varyans analiz testinin kullanımının doğruluğunu göstermektedir. Bu istatistiksel değerlendirmede α anlamlılık değeri 0.05 olarak alınmıştır.

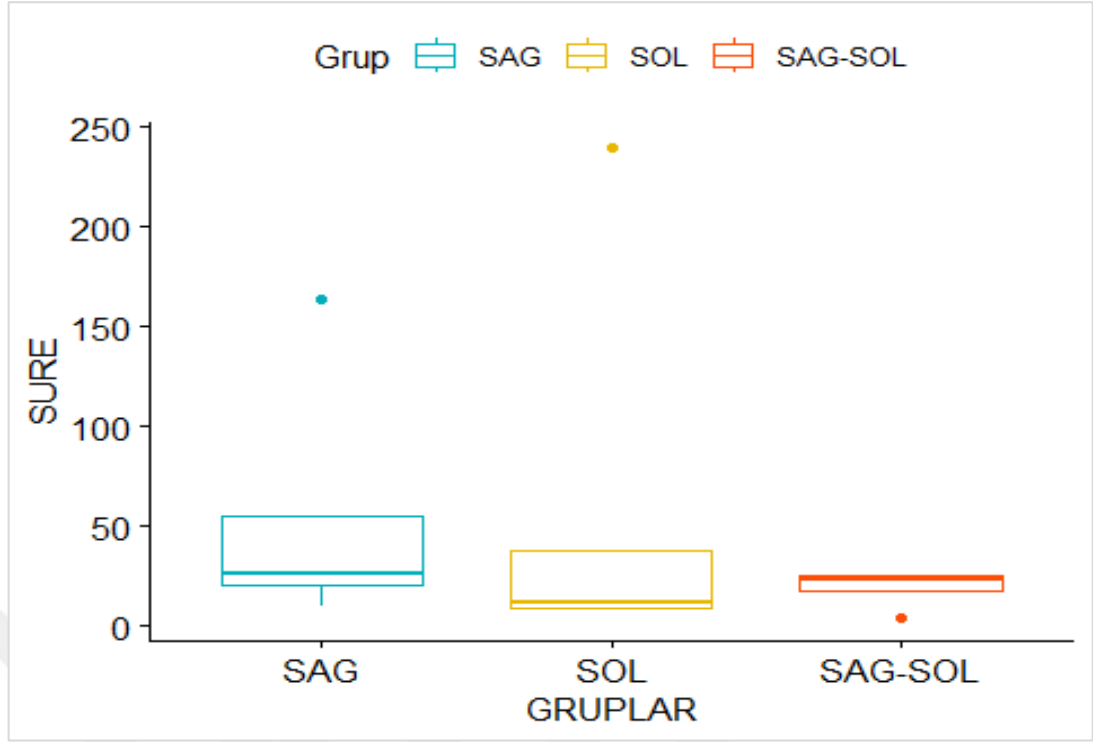


Şekil 4.8. Birinci gün sonu grupların veri seti

Çizelge 4.3. Birinci gün tek yönlü varyans analizi

Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	Olasılık Değeri
2	9994	4997	1.323	0.303
12	45328	3777		

Şekil 4.8. veri setinde sonucunda, sol elini kullananlar ve her iki elini kullananlar arasında benzerlikler yakinken, sağ elini kullananlarda bu gruplara göre daha az yakındır. İstatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur.

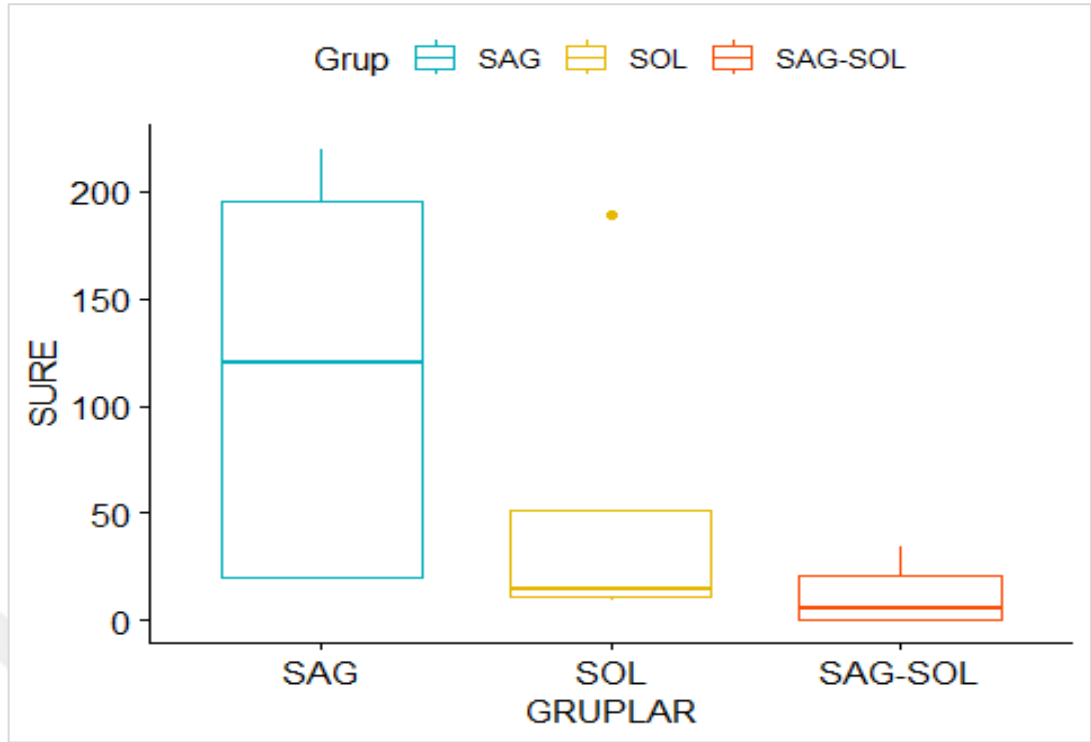


Şekil 4.9. İkinci gün sonu grupların veri seti

Çizelge 4.4. İkinci gün tek yönlü analizi

Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	Olasılık Değeri
2	5203	2602	0.549	0.591
12	56828	4736		

Şekil 4.9. veri setine göre, gruplar arasında veri yakınlıklar mevcuttur. İstatiksel yorumlamamızda gruplar arasında anlamlı farklılık yoktur.

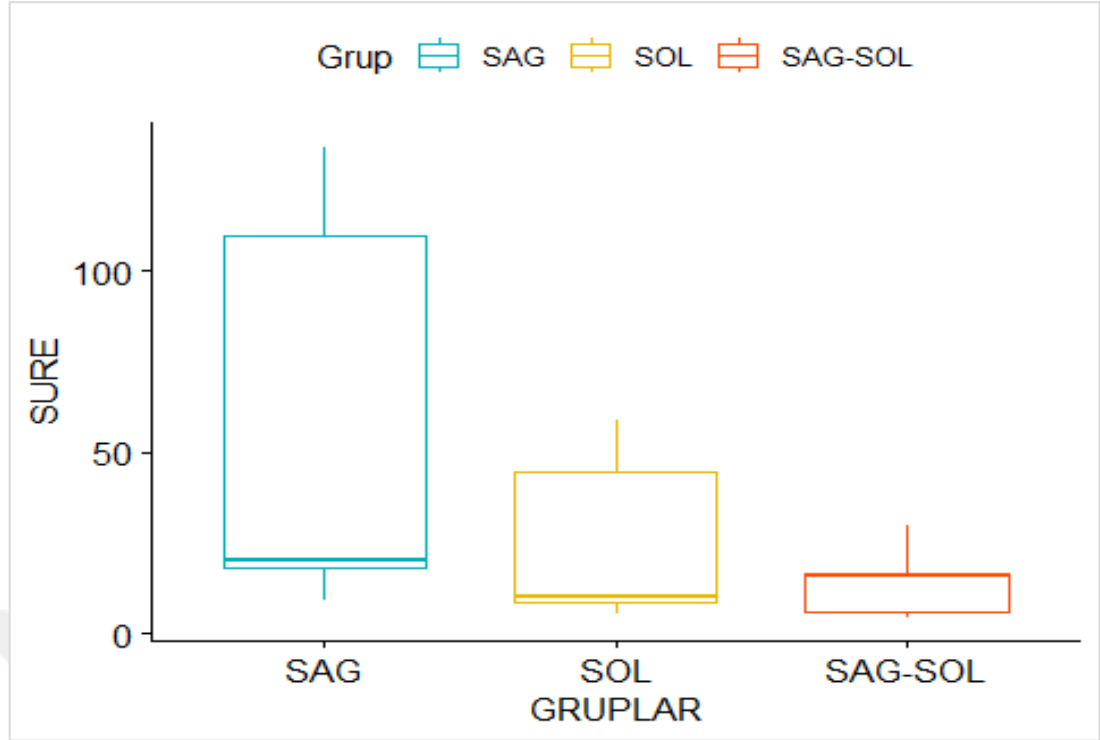


Şekil 4.10. Üçüncü gün sonu grupların veri seti

Çizelge 4.5. Üçüncü gün tek yönlü varyans analizi

Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	Olasılık Değeri
2	26755	13378	2.662	0.11
12	60316	5026		

Şekil 4.10. veri setine göre, sol elini kullananlar ve her iki elini kullananlarda yakınlık mevcutken, sağ elini kullananlar bu yakınlık düşüktür İstatiksel yorumlamamızda gruplar arasında anlamlı farklılık yoktur.

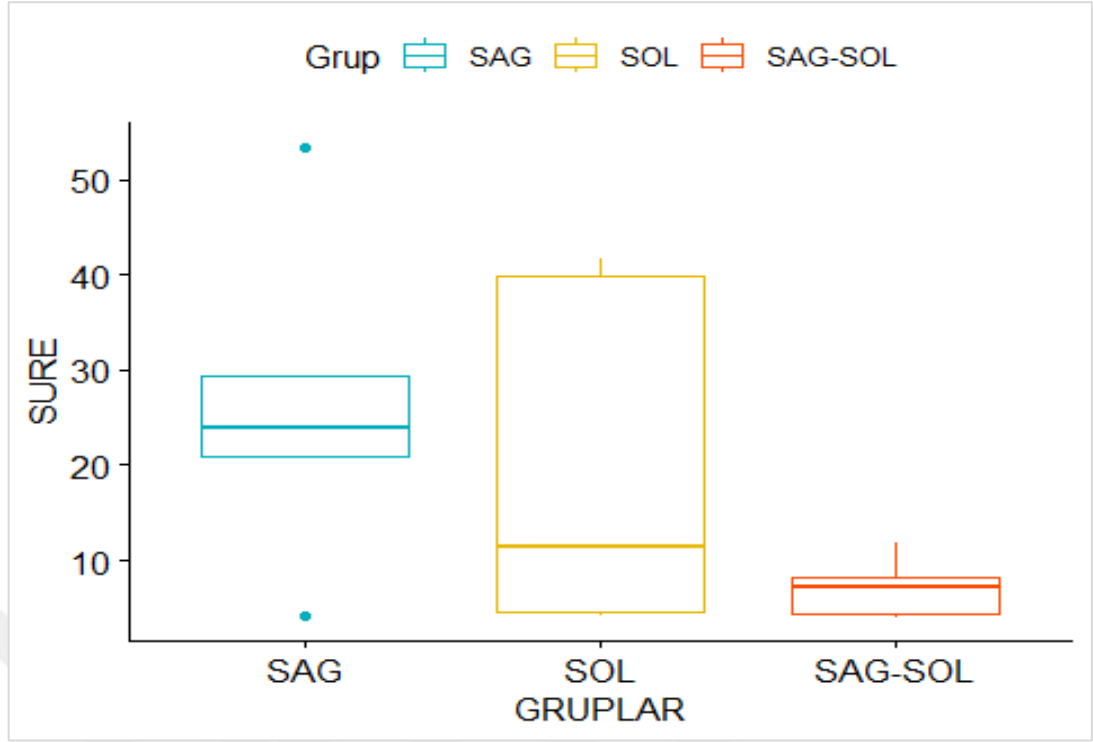


Şekil 4.11. Dördüncü gün sonu grupların veri seti

Çizelge 4.6. Dördüncü gün tek yönlü varyans analizi

Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	Olasılık Değeri
2	5168	2584	1.864	0.197
12	16633	1386		

Şekil 4.11. veri seti incelendiğinde, tüm gruplar arasında yakınlıklar mevcut. İstatiksel analiz sonucunda gruplar arasında anlamlı farklılık yoktur.

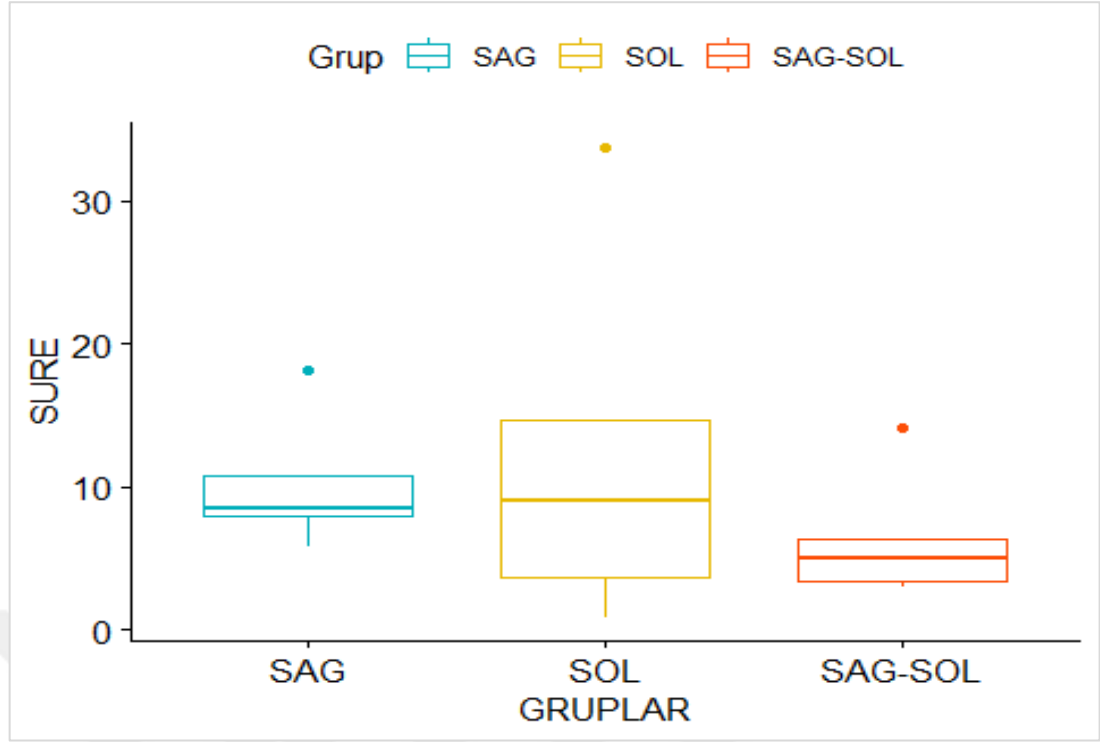


Şekil 4.12. Beşinci gün sonu grupların veri seti

Çizelge 4.7. Beşinci gün tek yönlü varyans analizi

Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	Olasılık Değeri
2	970.8	485.4	2.13	0.162
12	2735.3	227.9		

Şekil 4.12. veri setine göre, sol elini tercih edenler ve her iki elini tercih edenler arasında yakınlık mevcutken, sağ elini kullananlar da bu yakınlık düşük bir düzeydedir. İstatiksel analiz sonucunda gruplar arasında anlamlı farklılık yoktur.

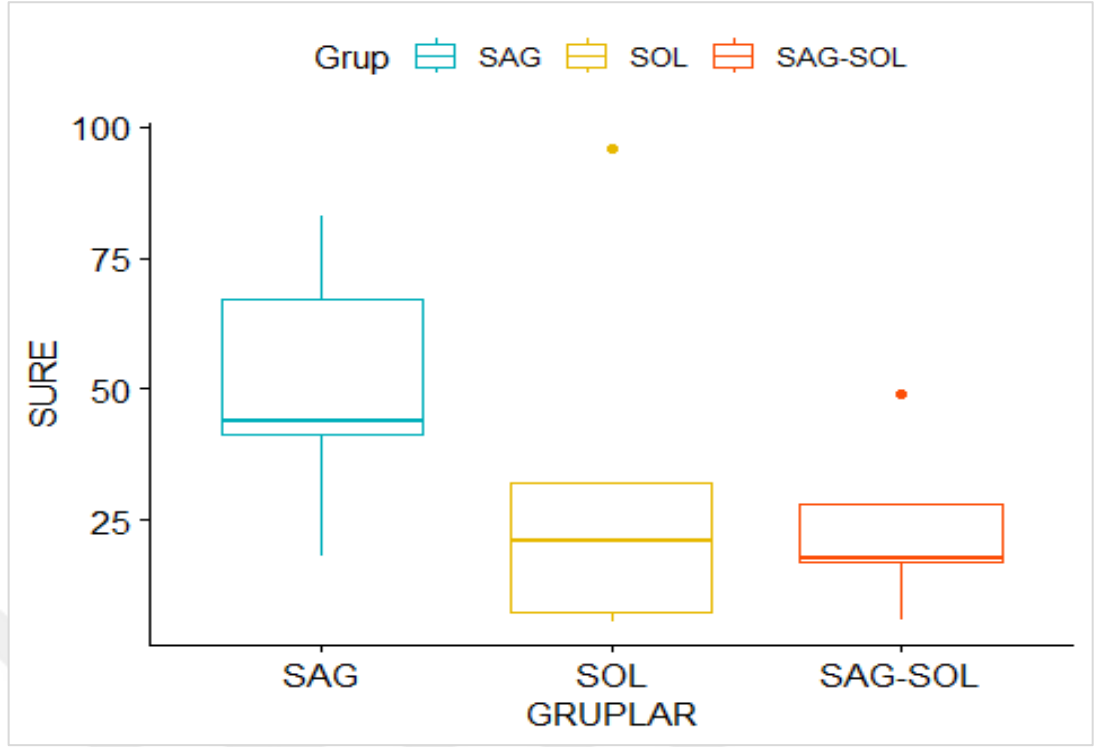


Şekil 4.13. Altıncı gün sonu grupların verileri

Çizelge 4.8. Altıncı gün tek yönlü varyans analizi

Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	Olasılık Değeri
2	92.8	46.42	0.65	0.539
12	857.0	71.42		

Şekil 4.13. veri seti dikkate alındığında, sağ elini tercih edenler ve sol tercih edenler arasında yakınlık mevcutken, her iki elini kullananlarda diğer gruplara kıyasla yakınlık daha azdır. İstatiksel analiz sonucunda gruplar arasında anlamlı farklılık yoktur.



Şekil 4.14. Altı günlük verilerin ortalaması sonunda grupların veri seti

Çizelge 4.9. Altı günlük veri ortalaması tek yönlü varyans analizi

Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	Olasılık Değeri
2	1925	962.6	1.268	0.316
12	9108	759.0		

Şekil 4.14. veri setine göre, sol elini tercih edenler ve her iki elini tercih edenler arasında yakınlık mevcutken, sağ elini tercih edenlerde bu yakınlık daha düşüktür. İstatistiksel analiz sonucunda gruplar arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır.

4.2.2. Zamana ve Deha alanına bağlı istatistiksel analiz

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, levene testi sonuçları varyansların homojen olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.10.). Tek yönlü varyans analizi sonucunda, zaman ve Deha alanı parametreleri açısından anlamlı farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$, Çizelge 4.11.). LSD çoklu karşılaştırma testi sonucunda, sağlak, solak ve her iki elini kullananlarda zaman ve Deha alanları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamaktadır (Çizelge 4.12., Şekil 4.15., $p>0.05$).

Çizelge 4.10. Levene testi analizi

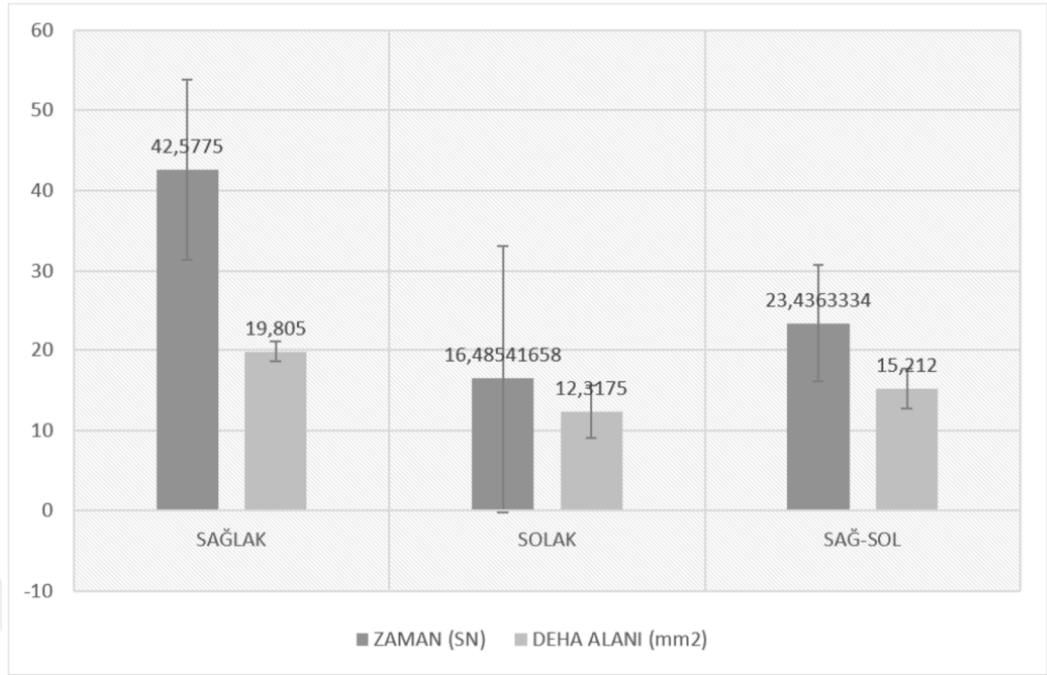
	Levene İstatistiği	Serbestlik Derecesi 1	Serbestlik Derecesi 2	Anlamlılık Değeri
Zaman	,841	2	12	,455
Deha	2,074	2	12	,168

Çizelge 4.11. Tek yönlü varyans analizi

		Karelerin Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare	F Değeri	Anlamlılık Değeri
Zaman	Gruplar Arasında	1925,251	2	962,625	1,268	,316
	Grup İçinde	9108,106	12	759,009		
	Toplam	11033,357	14			
Deha	Gruplar Arasında	98,144	2	49,072	1,620	,238
	Grup İçinde	363,414	12	30,285		
	Toplam	461,559	14			

Çizelge 4.12. LSD çoklu karşılaştırma testi

Bağımlı Değişken	(I) Grup	(J) Grup	Ortalama Fark (I-J)	Standart Hata	Önem Değeri	% 95 Güven Aralığı	
						Alt Sınır	Üst Sınır
Zaman	Sağ	Sol	18,27200	17,42422	,315	-19,6921	56,2361
		Tüm	27,22400	17,42422	,144	-10,7401	65,1881
	Sol	Sağ	-18,27200	17,42422	,315	-56,2361	19,6921
		Tüm	8,95200	17,42422	,617	-29,0121	46,9161
	Tüm	Sağ	-27,22400	17,42422	,144	-65,1881	10,7401
		Sol	-8,95200	17,42422	,617	-46,9161	29,0121
	Sağ	Sol	5,58000	3,48049	,135	-2,0033	13,1633
		Tüm	5,25800	3,48049	,157	-2,3253	12,8413
Deha	Sol	Sağ	-5,58000	3,48049	,135	-13,1633	2,0033
		Tüm	-,32200	3,48049	,928	-7,9053	7,2613
	Tüm	Sağ	-5,25800	3,48049	,157	-12,8413	2,3253
		Sol	,32200	3,48049	,928	-7,2613	7,9053
	Sağ	Sol	5,58000	3,48049	,135	-2,0033	13,1633
		Tüm	5,25800	3,48049	,157	-2,3253	12,8413



Şekil 4.15. Zaman ve Deha alanı arasındaki ilişki

Tüm gruplara ait deneklerin zaman ile Deha alanı arasındaki korelasyon kat sayıları ve p değerleri Çizelge 4.13.'te gösterildi. İstatistiksel analizlere göre deneklerin Deha alanı ve zaman parametreleri arasında güçlü pozitif korelasyon saptandı ($p<0.0001$, $r_p=0,884$).

Çizelge 4.13. Korelasyon analizi

		Zaman	Deha
Pearson Korelasyonu	Zaman	1,000	,884
	Deha	,884	1,000
Anlamlılık Değeri (1 kuyruklu)	Zaman	.	,000
	Deha	,000	.
Adet	Zaman	15	15
	Deha	15	15

Regresyon analizi sonucunda, tüm gruplara ait deneklerin zaman ile Deha alanı arasındaki anlamlılık değeri Çizelge 4.14. ve Çizelge 4.15.'te ve regresyon katsayıları ve diğer parametreler ise Çizelge 4.16. ve Çizelge 4.17.'de gösterildi. Tüm deneklerin zaman ve Deha alanlarının analiz lineer regresyon analizi (enter modeli) kullanıldı ve Çizelge 4.14.'te verildi. Erkek sıçanlarda yapılan istatistiksel analizde, zaman ve Deha alanı

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

değerleri arasında anlamlı pozitif bir ilişki olduğu belirlendi (regresyon katsayısı: 4.32, $p < 0,0001$). Bu ilişki için doğrusal regresyon formülü: zaman = $-37,33 + 4.32 * \text{Deha alanı}$ (Çizelge 4.16.) şeklinde olup, r kare değerinden elde edilen tahmin gücü %78'dir (Çizelge 4.14.).

Çizelge 4.14. Model özeti^b

Model	R	R Kare	Ayarlanmış R Karesi	Tahminin Standart Hatası
1	,884 ^a	,781	,764	13,63888

a. Tahmin: Sabit, Deha Alanı

b. Bağımlı Değişken: Zaman

Çizelge 4.15. Regresyon için tek yönlü varyans analizi^a

Model	Karelerin Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama kare	F	Anlamlılık Değeri
1					
Regresyon	8615,108	1	8615,108	46,313	,000 ^b
Atık	2418,248	13	186,019		
Toplamı	11033,357	14			

a. Bağımlı Değişken: Zaman

b. Tahmin: Sabit, Deha Alanı

Çizelge 4.16. Katsayılar^a

Model	Standartlaşmamış		Standartlaştırılmış		t	Anlamlılık	B için % 95,0	
	Katsayılar		Katsayılar				Güven Aralığı	
	B	Standart	Beta				Alt Sınır	Üst Sınır
		Hata				Değeri		
1	Sabit	-37,333	11,266		-3,314	,006	-61,672	-12,993
	Deha	4,320	,635	,884	6,805	,000	2,949	5,692

a. Bağımlı Değişken: Zaman

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Çizelge 4.17. Atık istatistiği^a

	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma	Adet
Tahmini Değer	-4,6709	71,4533	35,4967	24,80655	15
Std. Tahmini Değer	-1,619	1,449	,000	1,000	15
Tahmini Değere Sahip Standart Hata	3,522	6,873	4,842	1,206	15
Düzeltilmiş Tahmin Edilen Değer	-8,1091	64,6582	34,6762	25,04635	15
Atık	-18,10780	24,55667	,00000	13,14276	15
Standartlaştırılmış Atık	-1,328	1,800	,000	,964	15
Std. Edilmiş Atık	-1,374	2,034	,028	1,046	15
Silinmiş Atık	-19,40126	31,35180	,82048	15,52138	15
Std. Edilmiş Silinmiş Atık	-1,428	2,367	,053	1,110	15
Mahalanobis Mesafe	,000	2,622	,933	,941	15
Cook's Mesafesi	,000	,573	,095	,146	15
Ortalanmış Leverage Değeri	,000	,187	,067	,067	15

a. Bağımlı Değişken: Zaman

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu tezde, erkek sıçanlarda beyin üzerinde Dada yayları vasıtasıyla yapılan analizleri esas alarak, korpus kallozum ve brakistokron eğrileri arasında kalan alanların Deha alanını nasıl etki ettiği incelenmektedir. Deney süresince elde edilen bulgularımızla, istatistiksel veriler ve matematiksel modellemeler, Dada yaylarının beyin morfolojisindeki sağlayacağı önemli katkıları detaylı ve derin bir şekilde anlamamıza olanak sağlamıştır. Bulgularımız, Dada yaylarının korpus kallozum ile brakistokron eğrisi arasında kalan alan üzerinde apaçık bir şekilde etkileyici bir etken olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, erkek sıçan beyinlerinin yapısal ve işlevsel ilişkilerini anlamamızı derinleştirerek el tercihi ile düşünme eylem arasındaki bağlantılarda yeni bir bakış açısı sunmaktadır.

Korpus kallozum, iki beyin yarıküresini birbirine anatomik, histolojik, fizyolojik ve biyofiziksel açılardan bağlayan beyindeki ana beyaz madde yoludur ve interhemisferik iletişimde temel rol oynar. Bu köprü, akson adı verilen sinir kabloları ve bilgi üreten glial hücrelerden oluşurken, nöron gövdeleri %1'den azını oluşturur. Doğumdan sonraki beşinci günden itibaren glial hücreler baskın hale gelir ve tüm hücrelerin %99'unu oluşturacak yoğunluğa ulaşır (Sturrock 1976). Korpus kallozumun alt bölgelerdeki liflerin boyutları, miyelinizasyonu ve yoğunluğu, orijin aldıkları ve bağlandıkları beyin bölgelerine göre değişir (Doron 2008). Bu nedenle, ince miyelinsiz lifler, iç bölgeleri birbirine bağlayan assosiasyon ve düşünceyle ilgili prefrontal alanları birbirine bağladıkları önde genu kısmında ve arkada görme ve duyu yollarını bağlayan spleniumda en yoğun iken; daha geniş çaplı ve miyelinli lifler, birincil ve ikincil duyu ve motor alanları birbirine bağladıkları ortada yer alan gövdesinde yoğunlaşır (Aboitiz 1992). Elektron mikroskopik analizlerde akson sayısının doğumda yaklaşık 4.5 milyon iken erişkinlik döneminde 12 milyona çıktığı gözlenmiştir (Gravel 1990). Görsel korteksin aksonları daha komplekstir (Kim 1997). Öte yandan, her bir oligodendrosit ortalama 13-15 aksonu yalıtarak bilgi sızmasını engeller (Bjartmar 1994). Yani, korpus kallozum bölgeleri glial hücre yoğunluğu açısından farklılık gösterebilir ve glial hücre yoğunluğu hayat boyunca öğrenim devam ettiği sürece artar (Daniel Reyes-Haro 2013). Bu

çalışmada, gıdalarını daha kısa sürede bulan ratların korpus kallozumlarının daha kalın, kesit alanının daha büyük ve daha fazla glial hücre içerdiğini de konu dışı olarak tespit ettik.

Her bir yarımküre tarafından üretilen elektromanyetik alanların farklı yoğunluğu lateraliteyi etkileyebilir. Hemisferler arası iletişimi sağlayan korpus kallozum, beynin birleşik alanındaki bir alan modülatörüne benzer şekilde işlev görerek, lateralitenin duruma göre de modülasyonunu yapar. Sağ ve sol beynin ürettiği elektromanyetik alanların oluşturduğu tekil ya da birleşik alanların lateraliteyi belirleyici bir role sahip olduğu görülmüştür (Guler MC 2024).

Özetle, korpus kallozum yay eğrisinin brakistokron eğrisine benzerliği, beynin ram gücünün belirlenmesinde korpus kallozumun ince histolojik yapısı da beyin yarıkürelerinin histolojik yapısı ve bu yapının ürettiği elektromanyetik alanların tekil ya da birleşik alan etkileriyle beynin harddisk kapasitesinin belirlenmesinde en etkin rolü oynamaktadır. Eğitim ve öğretimle Dada yaylarının şeklinde çok fazla bir değişim olmasa da beyin ve korpus kallozumda bulunan glia hücrelerinin sayıları ve dalları, dolayısıyla elektromanyetik aktiviteler artırılarak beynin ram ve harddisk kapasitesi artırılabilir. Çeşitli hastalık ve kalitesiz eğitim durumlarında tersi de mümkündür.

Brakistokron eğrisinin zekâ testlerinde güçlü bir ölçüm aracı olarak kullanılabilirliğini gözlemlenmiş ve elde edilen bulgular önemli sonuçlar ortaya koymuştur. Brakistokron eğrisi, zaman yönetimi, düşünme ve hızlı karar verme yeteneklerini ölçmek için kullanılmaktadır. Araştırmamızda, bu eğrinin zekâ testlerindeki rolünü anlamak için istatistiksel analizler ve deneyler kullanarak bireylerin düşünme becerilerinin el tercihi ile arasındaki ilişkiyi nasıl etkilediğini inceledik. Verilerimizdeki bulgular, brakistokron eğrisinin bu testlerde zaman verimliliği ve hızlı düşünme becerilerinin ölçümünde önemli bir araç olabileceğini göstermektedir. Bu çalışma, zekâ testlerinin tasarımı ve yorumlanmasında yeni bir perspektif sunmakta ve bu alandaki ileri araştırmalar için temel oluşturmaktadır.

İki beyin yarıküresini birbirine bağlayan korpus kallozumun eğrilik yayı ile brakistokron eğrisinin geometrik özellikleri açısından ne kadar birbirine benzerse, bu tip

korpus kallozuma sahip olan ratlar o kadar hızlı düşünmekte ve düşüncelerini de eyleme daha kısa sürede dönüştürülebilmektedir.

5.2. Öneriler

Bu çalışmanın öneri bölümü, Dada yayları ve Deha alanı arasındaki bağlantıyı anlayabilmek ve araştırmanın gelecek zamanlarda göstereceği yönelimlerini tespit etmek amacıyla hazırlanmıştır.

Elde edilen veriler, yapılacak çalışmalar için önemli ipuçları sunmaktadır. Önerilerimiz arasında, farklı denek türleri üzerinde yapılabilmesi muhtemel benzer çalışmalar yapılması; bu çalışmaya dışarıdan belirleyici bir faktör ele alınarak deneyin aynı sıçan türü üzerinde yeniden tekrarlanması ve Dada yaylarının yapısal çeşitlilikleri ile beyin fonksiyonları üzerindeki potansiyel işlev etkilerinin kapsam alanını daha da detaylandırılmış bir şekilde değerlendirmek ve bu mekanizmaların insanlar üzerinde işlevlerinin nasıl ilerlediğini anlamak yer almaktadır. Ayrıca, beyin morfolojisinin gelişiminde önemli rollere sahip genetik ve çevresel faktörlerin Dada yayları üzerindeki etkilerini anlamak için multidisipliner çalışmaların teşvik edilmesi gerekmektedir. Bu öneriler, sıçan modelinin kullanımını optimizasyonuna öncülük ederek beyin araştırmalarında ilerlememize katkıda sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Abel, P. L. and Olavarria, J. F. 1996. The callosal pattern in striate cortex is more patchy in monocularly enucleated albino than pigmented rats. *Neuroscience Letters*, 204(3), 169-172.
- Aboitiz, F., Scheibel, A. B., Fisher, R. S. and Zaidel, E. 1992. Fiber composition of the human corpus callosum. *Brain Research*, 598(1-2), 143-153.
- Aboitiz F., 1992. Brain connections: Interhemispheric fiber systems and anatomical brain asymmetries in humans. *Biological Research*, 25, 51-61.
- Agmon, D. and Yizhaq, H. 2020. From the discrete to the continuous brachistochrone: a tale of two proofs. *European Journal of Physics*, 42(1), 015004.
- AlArjani, A., Nasseef, M. T., Kamal, S. M., Rao, B. V. S., Mahmud, M. and Uddin, M. S. 2022. Application of mathematical modeling in prediction of covid-19 transmission dynamics. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 47(8), 10163-10186.
- Allred, R. P., Cappellini, C. H. and Jones, T. A. 2010. The “good” limb makes the “bad” limb worse: Experience-dependent interhemispheric disruption of functional outcome after cortical infarcts in rats. *Behavioral Neuroscience*, 124(1), 124.
- Aydın, M. D., Elmas, S. and Keles, O. N. 2023. The data delivering algebrac arcs (dada-arcs) of corpus callosum like as brachistochrone curve in brain: a new theorem. *Journal of Advanced Mathematics and Mathematics Education*, 6(3), 11-23.
- Bjartmar, C., Hildebrand, C. and Loinder, K. 1994. Morphological heterogeneity of rat oligodendrocytes: electron microscopic studies on serial sections. *Glia*, 11: 235-244.
- Berbel, P., Guadaño-Ferraz, A., Martínez, M., Quiles, J. A., Balboa, R. and Innocenti, G. M. 1993. Organization of auditory callosal connections in hypothyroid adult rats. *European Journal of Neuroscience*, 5(11), 1465-1478.
- Reyes-Haro, D., Mora-Loyola, E., Soria-Ortiz, B. and García-Colunga, J. 2013. Regional density of glial cells in the rat corpus callosum. *Biological Research*, 46(1), 27-32.
- De Lacoste, M. C., Kirkpatrick, J. B. and Ross, E. D. 1985. Topography of the human corpus callosum. *Journal of Neuropathology & Experimental Neurology*, 44(6), 578-591.
- De León, N. S., Reyes, L., Bragg-Gonzalo, L. and Nieto, M. 2020. Development and plasticity of the corpus callosum. *The Company of Biologists Ltd*, 147 (18).
- Deshmukh, P. C., Rajauria, P., Rajans, A., Vyshakh, B. R. and Dutta, S. 2017. The brachistochrone. *Resonance*, 22(9), 847-866.

- Doron, K.W. and Gazzaniga, M.S. 2008. Neuroimaging techniques offer new perspectives on callosal transfer and interhemispheric communication. *Cortex*, 44, 1023-1029.
- Ellison, J. A. and De Vellis, J. 1995. Amoeboid microglia expressing GD3 ganglioside are concentrated in regions of oligodendrogenesis during development of the rat corpus callosum. *Glia*, 14(2), 123-132.
- Farrer, C., Frey, S. H., Van Horn, J. D., Tunik, E., Turk, D., Inati, S. and Grafton, S. T. 2008. The angular gyrus computes action awareness representations. *Cerebral Cortex*, 18(2), 254–261.
- Gravel, C., Sasseville, R. and Hawkes, R. 1990. Maturation of the corpus callosum of the rat: II. Influence of thyroid hormones on the number and maturation of axons. *J Comp Neurol*, 291, 147-161.
- Göbel, S., Walsh, V. and Rushworth, M. F. S. 2001. The mental number line and the human angular gyrus. *NeuroImage*, 14(6), 1278–1289.
- Güler, M. C., Karadağ, M. K. and Aydin, M. 2024. A neurophysical hypothesis on the role of the intensity of the electromagnetic field generated by the cerebral hemispheres in the determination of laterality, in line with einstein's unified field theory. *Journal of Contemporary Medicine*, 14(4), 174-179.
- Jansson-Boyd, C. and Bright, P. 2023. *Consumer Neuroscience: Theory and Application*. Elsevier, 306.
- Kim, J.H. and Jurasaka, J.M. 1997. Sex differences in the development of axon number in the splenium of the rat corpus callosum from postnatal day 15 through 60. *Brain Res Dev Brain Res*, 102, 77-85.
- Kuhnke, P., Chapman, C. A., Cheung, V. K. M., Turker, S., Graessner, A., Martin, S., Williams, K. A. and Hartwigsen, G. 2023. The role of the angular gyrus in semantic cognition: a synthesis of five functional neuroimaging studies. *Brain Structure and Function*, 228(1), 273–291.
- Soysal, A. Ş., Arhan, E., Aktürk, A. and Can, H. 2007. Hand dominance and factors determining hand dominance. *Turkish Journal of Pediatric Disease*, 1(2), 60-68.
- Sturrock, R.R. 1976. Light microscopic identification of immature glial cells in semithin sections of the developing mouse corpus callosum. *J Anat.* 122, 521-537.
- Maldonado, K. A. and Alsayouri, K. 2019. *Physiology, brain*. StatPearls Publishing, Treasure Island FL.
- Manns, M., Basbasse, Y. El, Freund, N. and Ocklenburg, S. 2021. Paw preferences in mice and rats: meta-analysis. In *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 127, 593-606.
- Marcori, A. J. and Okazaki, V. H. A. 2020. A historical, systematic review of handedness origins. In *Laterality*, 25(1), 87-108.

- Morrison, P. G. 2023. Quantum brachistochrone for the majorana particle. ArXiv preprint.
- Niu, M. and Palomero-Gallagher, N. 2023. Architecture and connectivity of the human angular gyrus and of its homolog region in the macaque brain. In *Brain Structure and Function*, 228(1), 47-61.
- Olivares, R., Morgan, C., Pérez, H., Hernández, A., Aboitiz, F., Soto-Moyano, R., Gil, J., Ortiz, A., Flores, O., Gimeno, M. and Laborda, J. 2012. Anatomy of corpus callosum in prenatally malnourished rats. *Biol Res.* 2012;45(1),87-92.
- Papadatou-Pastou, M., Ntolka, E., Schmitz, J., Martin, M., Munafò, M. R., Ocklenburg, S. and Paracchini, S. 2020. Human handedness: a meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 146(6), 481–524.
- Po, C., Kalthoff, D., Kim, Y. B., Nelles, M. and Hoehn, M. 2012. White matter reorganization and functional response after focal cerebral ischemia in the rat. *Plos One*, 7(9), 1-10.
- Raaf, N. and Westerhausen, R. 2023. Hand preference and the corpus callosum: Is there really no association? *Neuroimage: Reports*, 3(1), 100160.
- Rockland, K. S. 2023. Angular gyrus: an anatomical case study for association cortex. *Brain Structure and Function*, 228(1), 131-143.
- Rosen, G. D., Sherman, G. F. and Galaburda, A. M. 1989. Interhemispheric connections differ between symmetrical and asymmetrical brain regions. *Neuroscience*, 33(3), 525-533.
- Seghier, M. L. 2013. The angular gyrus: Multiple functions and multiple subdivisions. *Neuroscientist*, 19(1), 43–61.
- Sun, P., Liu, Y. and Huang, X. 2022. Exploring the brachistochrone (shortest-time) path in fire spread. *Scientific Reports*, 12(1).
- Threlkeld, S. W., Rosen, G. D. and Fitch, R. H. 2007. Age at developmental cortical injury differentially alters corpus callosum volume in the rat. *BMC Neuroscience*, 8, 1-6.
- Tolunay, H. 2019. El dominansı ve koroner dominans arası ilişki. *Turkish Journal of Clinics and Laboratory*, 10(3), 289–293.
- Tomasi, D. and Volkow, N. D. 2024. Associations between handedness and brain functional connectivity patterns in children. *Nature Communications*, 15(1).
- Yaylalı, E. 2020. Sağlık Araştırmalarında Matematik Model Kullanımı. *Online Turkish Journal of Health Sciences*, 5(3), 528-540.
- Tzourio-Mazoyer, N., Zago, L., Cochet, H. and Crivello, F. 2020. Development of handedness, anatomical and functional brain lateralization. *Handbook of Clinical Neurology*, 173, 99–105.

- Velasco, N., Vinueza, D., Mármol, J., Mendoza, D. and Pérez, F. 2019. Experimental demonstration of the Brachistochrone property of the cycloid. *Journal of Physics: Conference Series*, 1324(1).
- Wang, L., Li, M., Yang, T., Wang, L. and Zhou, X. 2022. Mathematics meets science in the brain. *Cerebral Cortex*, 32(1), 123–136.
- Wang, P., Wang, J., Tang, Q., Alvarez, T.L., Wang, Z., Kung, Y.C., Lin, C.P., Chen, H., Meng, C. and Biswal, B.B. 2021. Structural and functional connectivity mapping of the human corpus callosum organization with white-matter functional networks. *NeuroImage*, 227.
- Witelson, S. F. 1985. The brain connection: the corpus callosum is larger in left-handers. *Science*, 229(4714), 665–668.
- Woodruff, P. W. R., McManus, I. C. and David, A. S. 1995. Meta-analysis of corpus callosum size in schizophrenia. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 58(4), 457–461
- Yu, J., Moon, J., Jang, J., Choi, J. I., Jung, J., Hwang, S. and Kim, M. Y. 2019. Reliability of behavioral tests in the middle cerebral artery occlusion model of rat. *Laboratory Animals*, 53(5), 478–490.
- Zhang, J., Boska, M., Zheng, Y., Liu, J., Fox, H. S. and Xiong, H. 2021. Minocycline attenuation of rat corpus callosum abnormality mediated by low-dose lipopolysaccharide-induced microglia activation. *Journal of Neuroinflammation*, 18(1).

EKLER

EK-1

Sağ El Maple

$$\begin{aligned}
 &> \quad d1:=\text{diff}(x_s(t), t) = (-5/14) * x_s(t) + (2/14) * x_M(t) + (3/14) * x_L(t); \\
 &\quad d2:=\text{diff}(x_M(t), t) = (4/5) * x_s(t) - x_M(t) + (1/5) * x_L(t); \\
 &\quad d3:=\text{diff}(x_L(t), t) = (4/6) * x_s(t) - (476) * x_L(t); \\
 &\quad \text{dsolve}(\{d1, d2, d3\}); \\
 &d1:=\frac{d}{dt}x_s(t) = -\frac{5x_s(t)}{14} + \frac{x_M(t)}{7} + \frac{3x_L(t)}{14} \\
 &d2:=\frac{d}{dt}x_M(t) = \frac{4x_s(t)}{5} - x_M(t) + \frac{x_L(t)}{5} \\
 &d3:=\frac{d}{dt}x_L(t) = \frac{2x_s(t)}{3} - \frac{2x_L(t)}{3} \\
 &x_L(t) = c_1 + c_2 e^{\frac{(-425+\sqrt{3385})t}{420}} + c_3 e^{\frac{(425+\sqrt{3385})t}{420}}, x_M(t) = -\frac{c_2 e^{\frac{(-425+\sqrt{3385})t}{420}} \sqrt{3385}}{40} \\
 &\quad + \frac{c_3 e^{\frac{(425+\sqrt{3385})t}{420}} \sqrt{3385}}{40} + \frac{43c_2 e^{\frac{(-425+\sqrt{3385})t}{420}}}{40} + \frac{43c_3 e^{\frac{(425+\sqrt{3385})t}{420}}}{40} + c_1, \\
 &x_s(t) = \frac{c_2 e^{\frac{(-425+\sqrt{3385})t}{420}} \sqrt{3385}}{280} - \frac{c_3 e^{\frac{(425+\sqrt{3385})t}{420}} \sqrt{3385}}{280} - \frac{29c_2 e^{\frac{(-425+\sqrt{3385})t}{420}}}{56} \\
 &\quad - \frac{29c_3 e^{\frac{(425+\sqrt{3385})t}{420}}}{56} + c_1 \Bigg\}
 \end{aligned}$$

Sol El Maple

$$\begin{aligned}
 &> d1:=diff(x_s(t),t)=(-3/16)*x_s(t)+(3/16)*x_M(t); \\
 &d2:=diff(x_M(t),t)=(3/7)*x_s(t)-(4/7)*x_M(t)+(1/7)*x_L(t); \\
 &d3:=diff(x_L(t),t)=(1/2)*x_M(t)-(1/2)*x_L(t); \\
 &dsolve(\{d1,d2,d3\}); \\
 &d1:=\frac{d}{dt}x_s(t)=-\frac{3x_s(t)}{16}+\frac{3x_M(t)}{16} \\
 &d2:=\frac{d}{dt}x_M(t)=\frac{3x_s(t)}{7}-\frac{4x_M(t)}{7}+\frac{x_L(t)}{7} \\
 &d3:=\frac{d}{dt}x_L(t)=\frac{x_M(t)}{2}-\frac{x_L(t)}{2} \\
 &\left\{ \begin{aligned} x_L(t) &= \frac{c_2 e^{\frac{(-141+\sqrt{3081})t}{224}} \sqrt{3081}}{20} - \frac{c_3 e^{\frac{(141+\sqrt{3081})t}{224}} \sqrt{3081}}{20} + \frac{29c_2 e^{\frac{(-141+\sqrt{3081})t}{224}}}{20} \\ &+ \frac{29c_3 e^{\frac{(141+\sqrt{3081})t}{224}}}{20} + c_1, x_M(t) = c_1 + c_2 e^{\frac{(-141+\sqrt{3081})t}{224}} + c_3 e^{\frac{(141+\sqrt{3081})t}{224}}, \\ x_s(t) &= -\frac{c_2 e^{\frac{(-141+\sqrt{3081})t}{224}} \sqrt{3081}}{160} + \frac{c_3 e^{\frac{(141+\sqrt{3081})t}{224}} \sqrt{3081}}{160} - \frac{99c_2 e^{\frac{(-141+\sqrt{3081})t}{224}}}{160} \\ &- \frac{99c_3 e^{\frac{(141+\sqrt{3081})t}{224}}}{160} + c_1 \end{aligned} \right\}
 \end{aligned}$$

Her İki El Maple

$$\begin{aligned}
 &> d1:=diff(x_s(t),t)=(-1/22)*x_s(t)+(1/22)*x_M(t); \\
 &d2:=diff(x_M(t),t)=x_s(t)-x_M(t); \\
 &d3:=diff(x_L(t),t)=x_s(t)+(1/2)*x_M(t)-(3/2)*x_L(t); \\
 &dsolve(\{d1,d2,d3\}); \\
 &d1:=\frac{d}{dt}x_s(t)=-\frac{x_s(t)}{22}+\frac{x_M(t)}{22} \\
 &d2:=\frac{d}{dt}x_M(t)=x_s(t)-x_M(t) \\
 &d3:=\frac{d}{dt}x_L(t)=x_s(t)+\frac{x_M(t)}{2}-\frac{3x_L(t)}{2} \\
 &\left\{ \begin{aligned} x_L(t) &= c_2 + c_3 e^{-\frac{23t}{22}} + e^{-\frac{3t}{2}} c_1, x_M(t) = c_2 + c_3 e^{-\frac{23t}{22}}, x_s(t) = -\frac{c_3 e^{-\frac{23t}{22}}}{22} + c_2 \end{aligned} \right\}
 \end{aligned}$$

Tek Yönlü Varyans Analizi

```
library(dplyr)
library(psych)
library("ggpubr")
library(car)
```

```
veri <- read.table("veri.txt", header = T)
```

```
veri$Grup <- as.factor(veri$Grup)
```

```
describeBy(veri[, -1], group=veri$Grup, fast=F)
```

```
##
## Descriptive statistics by group
## group: SAG
##      vars n   mean    sd median trimmed   mad   min   max   range   sk
## G1      1 5  39.15 31.33  39.48   39.15  33.97  9.81  89.68  79.87  0.
## G2      2 5  55.02 63.03  25.77   55.02  23.68  9.80 163.73 153.93  0.
## G3      3 5 114.98 94.33 120.34  114.98 147.61 19.60 219.90 200.30 -0.
## G4      4 5  58.30 58.81  20.20   58.30  15.97  9.43 134.23 124.80  0.
## G5      5 5  26.33 17.81  23.93   26.33   7.93  4.19  53.42  49.23  0.
## G6      6 5  10.21  4.75   8.44   10.21   3.41  5.83  18.10  12.27  0.
## Ortalama 7 5  50.66 25.07  43.70   50.66  34.93 18.18  83.00  64.82  0.
##      kurtosis    se
## G1      -1.44 14.01
## G2      -1.15 28.19
## G3      -2.17 42.19
## G4      -2.16 26.30
## G5      -1.45  7.96
## G6      -1.31  2.12
## Ortalama -1.84 11.21
## -----
## group: SAG-SOL
##      vars n   mean    sd median trimmed   mad   min   max   range   ske
## G1      1 5  81.67 100.67  15.33   81.67  3.29 13.11 240.00 226.89  0.6
## G2      2 5  18.92   8.97  23.07   18.92  3.51  3.98  25.44  21.46 -0.7
## G3      3 5  12.00  14.90   5.43   12.00  7.98  0.05  34.13  34.08  0.4
## G4      4 5  14.56  10.22  16.09   14.56 15.23  4.40  29.75  25.35  0.3
## G5      5 5   7.08   3.20   7.16   7.08  4.23  3.94  11.79   7.85  0.3
## G6      6 5   6.39   4.57   4.99   6.39  2.34  2.95  14.18  11.23  0.8
```

```

5
## Ortalama      7 5 23.44 16.27 17.53 23.44 15.49 5.87 48.96 43.09 0.5
0
##          kurtosis      se
## G1          -1.65 45.02
## G2          -1.36 4.01
## G3          -1.83 6.66
## G4          -1.72 4.57
## G5          -1.76 1.43
## G6          -1.20 2.04
## Ortalama    -1.51 7.28
## -----
## group: SOL
##          vars n mean      sd median trimmed  mad  min    max  rang
e skew
## G1          1 5 19.88 14.72 19.48 19.88 16.61 0.13 37.13 37.0
0 -0.11
## G2          2 5 61.12 100.76 11.48 61.12 5.96 7.46 240.00 232.5
4 1.03
## G3          3 5 54.91 77.19 14.07 54.91 7.75 8.84 189.43 180.5
9 0.95
## G4          4 5 25.67 24.39 10.41 25.67 6.98 5.70 58.78 53.0
8 0.37
## G5          5 5 20.34 18.88 11.40 20.34 10.65 4.22 41.65 37.4
3 0.25
## G6          6 5 12.41 13.07 9.05 12.41 8.42 0.83 33.77 32.9
4 0.67
## Ortalama    7 5 32.39 37.20 21.15 32.39 20.65 5.43 96.01 90.5
8 0.86
##          kurtosis      se
## G1          -1.90 6.58
## G2          -0.97 45.06
## G3          -1.09 34.52
## G4          -2.08 10.91
## G5          -2.23 8.44
## G6          -1.41 5.85
## Ortalama    -1.19 16.63

# g1 için
ggboxplot(veri, x = "Grup", y = "G1",
           color = "Grup", palette = c("#00AFBB", "#E7B800", "#FC4E07"))
,
           order = c("SAG", "SOL", "SAG-SOL"),
           ylab = "SURE", xlab = "GRUPLAR")

ggline(veri, x = "Grup", y = "G1",
        add = c("mean_se", "jitter"),
        order = c("SAG", "SOL", "SAG-SOL"),
        ylab = "SURE", xlab = "GRUPLAR")

```

```

res.aov <- aov(G1 ~ Grup, data = veri)
summary(res.aov)

##              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## Grup          2   9994    4997   1.323  0.303
## Residuals     12  45328    3777

leveneTest(G1 ~ Grup, data = veri)

## Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
##      Df F value Pr(>F)
## group  2  1.3027 0.3076
##      12

aov_residuals <- residuals(object = res.aov )
shapiro.test(x = aov_residuals )

##
## Shapiro-Wilk normality test
##
## data:  aov_residuals
## W = 0.86934, p-value = 0.033

kruskal.test(G1 ~ Grup, data = veri)

##
## Kruskal-Wallis rank sum test
##
## data:  G1 by Grup
## Kruskal-Wallis chi-squared = 1.22, df = 2, p-value = 0.5434

# g2 için
ggboxplot(veri, x = "Grup", y = "G2",
           color = "Grup", palette = c("#00AFBB", "#E7B800", "#FC4E07")
,
           order = c("SAG", "SOL", "SAG-SOL"),
           ylab = "SURE", xlab = "GRUPLAR")

ggline(veri, x = "Grup", y = "G2",
        add = c("mean_se", "jitter"),
        order = c("SAG", "SOL", "SAG-SOL"),
        ylab = "SURE", xlab = "GRUPLAR")

res.aov <- aov(G2 ~ Grup, data = veri)
summary(res.aov)

##              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## Grup          2   5203    2602   0.549  0.591
## Residuals     12  56828    4736

leveneTest(G2 ~ Grup, data = veri)

```

```

## Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
##      Df F value Pr(>F)
## group  2   0.643 0.5429
##      12

aov_residuals <- residuals(object = res.aov )
shapiro.test(x = aov_residuals )

##
## Shapiro-Wilk normality test
##
## data:  aov_residuals
## W = 0.74196, p-value = 0.0007254

kruskal.test(G2 ~ Grup, data = veri)

##
## Kruskal-Wallis rank sum test
##
## data:  G2 by Grup
## Kruskal-Wallis chi-squared = 1.26, df = 2, p-value = 0.5326

# g3 için
ggboxplot(veri, x = "Grup", y = "G3",
           color = "Grup", palette = c("#00AFBB", "#E7B800", "#FC4E07")
,
           order = c("SAG", "SOL", "SAG-SOL"),
           ylab = "SURE", xlab = "GRUPLAR")

ggline(veri, x = "Grup", y = "G3",
        add = c("mean_se", "jitter"),
        order = c("SAG", "SOL", "SAG-SOL"),
        ylab = "SURE", xlab = "GRUPLAR")

res.aov <- aov(G3 ~ Grup, data = veri)
summary(res.aov)

##              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## Grup          2   26755    13378   2.662   0.11
## Residuals     12   60316     5026

leveneTest(G3 ~ Grup, data = veri)

## Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
##      Df F value Pr(>F)
## group  2   2.0326 0.1737
##      12

aov_residuals <- residuals(object = res.aov )
shapiro.test(x = aov_residuals )

##
## Shapiro-Wilk normality test

```

```
##
## data: aov_residuals
## W = 0.93096, p-value = 0.282

# g4 için
ggboxplot(veri, x = "Grup", y = "G4",
           color = "Grup", palette = c("#00AFBB", "#E7B800", "#FC4E07"))
,
           order = c("SAG", "SOL", "SAG-SOL"),
           ylab = "SURE", xlab = "GRUPLAR")

ggline(veri, x = "Grup", y = "G4",
        add = c("mean_se", "jitter"),
        order = c("SAG", "SOL", "SAG-SOL"),
        ylab = "SURE", xlab = "GRUPLAR")

res.aov <- aov(G4 ~ Grup, data = veri)
summary(res.aov)

##              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## Grup          2   5168    2584   1.864   0.197
## Residuals     12  16633    1386

leveneTest(G4 ~ Grup, data = veri)

## Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
##      Df F value Pr(>F)
## group  2  1.4782 0.2668
##      12

aov_residuals <- residuals(object = res.aov )
shapiro.test(x = aov_residuals )

##
## Shapiro-Wilk normality test
##
## data: aov_residuals
## W = 0.95381, p-value = 0.5863

# g5 için
ggboxplot(veri, x = "Grup", y = "G5",
           color = "Grup", palette = c("#00AFBB", "#E7B800", "#FC4E07"))
,
           order = c("SAG", "SOL", "SAG-SOL"),
           ylab = "SURE", xlab = "GRUPLAR")

ggline(veri, x = "Grup", y = "G5",
        add = c("mean_se", "jitter"),
        order = c("SAG", "SOL", "SAG-SOL"),
        ylab = "SURE", xlab = "GRUPLAR")
```

```

res.aov <- aov(G5 ~ Grup, data = veri)
summary(res.aov)

##              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## Grup          2  970.8   485.4    2.13  0.162
## Residuals     12 2735.3   227.9

leveneTest(G5 ~ Grup, data = veri)

## Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
##      Df F value Pr(>F)
## group  2  1.7187 0.2206
##      12

aov_residuals <- residuals(object = res.aov )
shapiro.test(x = aov_residuals )

##
## Shapiro-Wilk normality test
##
## data:  aov_residuals
## W = 0.94143, p-value = 0.4007

# g6 için
ggboxplot(veri, x = "Grup", y = "G6",
           color = "Grup", palette = c("#00AFBB", "#E7B800", "#FC4E07")
,
           order = c("SAG", "SOL", "SAG-SOL"),
           ylab = "SURE", xlab = "GRUPLAR")

ggline(veri, x = "Grup", y = "G6",
        add = c("mean_se", "jitter"),
        order = c("SAG", "SOL", "SAG-SOL"),
        ylab = "SURE", xlab = "GRUPLAR")

res.aov <- aov(G6 ~ Grup, data = veri)
summary(res.aov)

##              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## Grup          2   92.8   46.42    0.65  0.539
## Residuals     12  857.0   71.42

leveneTest(G6 ~ Grup, data = veri)

## Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
##      Df F value Pr(>F)
## group  2  1.4822 0.2659
##      12

aov_residuals <- residuals(object = res.aov )
shapiro.test(x = aov_residuals )

```

```
##
## Shapiro-Wilk normality test
##
## data: aov_residuals
## W = 0.87673, p-value = 0.04242

kruskal.test(G6 ~ Grup, data = veri)

##
## Kruskal-Wallis rank sum test
##
## data: G6 by Grup
## Kruskal-Wallis chi-squared = 1.94, df = 2, p-value = 0.3791

# ortalama için
ggboxplot(veri, x = "Grup", y = "Ortalama",
           color = "Grup", palette = c("#00AFBB", "#E7B800", "#FC4E07"))
,
           order = c("SAG", "SOL", "SAG-SOL"),
           ylab = "SURE", xlab = "GRUPLAR")

ggline(veri, x = "Grup", y = "Ortalama",
        add = c("mean_se", "jitter"),
        order = c("SAG", "SOL", "SAG-SOL"),
        ylab = "SURE", xlab = "GRUPLAR")

res.aov <- aov(Ortalama ~ Grup, data = veri)
summary(res.aov)

##              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## Grup          2   1925    962.6    1.268  0.316
## Residuals     12   9108    759.0

leveneTest(G6 ~ Grup, data = veri)

## Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
##              Df F value Pr(>F)
## group  2   1.4822 0.2659
##              12

aov_residuals <- residuals(object = res.aov )
shapiro.test(x = aov_residuals )

##
## Shapiro-Wilk normality test
##
## data: aov_residuals
## W = 0.91219, p-value = 0.1463
```