YÜKSEK LİSANS TEZİ

SEREBELLAR NÖRODEJENERASYONDA ÖRTÜK ALGISAL SEKANS ÖĞRENME BECERİSİNİN YÜRÜTÜCÜ İŞLEVLER ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ

REYHAN DENİZ ARI

DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ ÇİĞDEM ULAŞOĞLU YILDIZ
PROF. DR. İBRAHİM HAKAN GÜRVİT

SİNİRBİLİM ANABİLİM DALI
İLERİ NÖROLOJİK BİLİMLER YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

İSTANBUL-2026

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığı beyan ederim.

Reyhan Deniz ARI

İTHAF

Anne ve babama ithaf ediyorum.

TEŞEKKÜR

Öncelikle danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Çiğdem Ulaşoğlu Yıldız'a teşekkür etmek istiyorum. Tez sürecimin en başından itibaren bilgi ve deneyimini büyük bir cömertlikle paylaşması, motive edici tavrı, yapıcı geri bildirimleri ve güler yüzü bu süreci benim için çok daha öğretici, verimli ve keyifli hale getirdi. Kendisi ile birlikte çalışma fırsatı bulmuş olmayı büyük bir şans olarak görüyorum.

Eş danışmanım Prof. Dr. Hakan Gürvit'e akademik birikimiyle sağladığı katkılar ve kapısının her daim açık olduğunu hissettiren destekleyici yaklaşımı için teşekkür ederim.

Çalışma kapsamında hasta grubunun klinik değerlendirmelerini gerçekleştiren Dr. Öğr. Üyesi Erdi Şahin'e ve hasta dosyalarına erişim sürecinde yardımcı olan Nöroloji Anabilim Dalı Hareket Bozuklukları Polikliniği sekreteri Yusuf Kılıç'a katkıları için teşekkürlerimi sunarım.

Sağlıklı katılımcılara ulaşma sürecindeki destekleri için başta Rahime Uysal ve Ayşenur Nair olmak üzere aracılık eden herkese teşekkür ederim.

Lisans yıllarımda beni nöropsikolojiyle tanıştıran Dr. Nöropsikolog Şükriye Akça Kalem'e bana kazandırdığı bakış açısı ve alana duyduğum ilgideki katkısı için teşekkür ederim.

Çalışmalarımızı birlikte yürüttüğümüz Dilara'yı ayrıca anmak istiyorum. Süreç boyunca karşılaştığımız tüm problemleri birlikte çözmenin ötesinde çoğu zaman beni harekete geçiren kişi de kendisiydi. Geçtiğimiz yılın en yıpratıcı anlarını bile katlanılabilir hale getiren Nur Dilara Nair'e desteği ve dostluğu için gönülden teşekkür ederim.

Sevgili arkadaşım Zeynep Hayra Keskin'e lisans eğitimimizin ilk gününden bu yana bana duyduğu güveni ve inancı her fırsatta hissettirdiği ve hep yanımda olduğu için teşekkür ederim.

Son olarak hayatım boyunca beni her koşulda destekleyen, bana güvenen ve bugünlere gelmemde en büyük paya sahip olan anne ve babama teşekkür ederim.

Yüksek lisans sürecimde burs desteği aldığım TÜBİTAK 2210-A Yurt İçi Genel Yüksek Lisans Burs Programı ile TEV Yüksek Lisans Başarı Bursu programına teşekkür ederim.

İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Sinirbilim Anabilim Dalı İleri Nörolojik Bilimler Programında Yüksek Lisans öğrencisi Reyhan Deniz Arı tarafından Dr. Öğr. Üyesi Çiğdem Ulaşoğlu Yıldız ve Prof. Dr. Hakan Gürvit'in danışmanlığında hazırlanan "Serebellar Nörodejenerasyonda Örtük Algısal Sekans Öğrenme Becerisinin Yürütücü İşlevler Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi" başlıklı tez aşağıdaki jüri üyeleri tarafından 17/06/2026 tarihinde yapılan Tez Savunma Sınavında başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı
Prof. Dr. Elif Özkök
İstanbul Üniversitesi, Aziz Sancar
Deneysel Tıp Araştırma Enstitüsü
Sinirbilim Anabilim Dalı

Jüri
Doç. Dr. Nurcan Orhan
İstanbul Üniversitesi, Aziz Sancar
Deneysel Tıp Araştırma Enstitüsü
Sinirbilim Anabilim Dalı

Jüri
Dr. Öğr. Üyesi Bernis Sütçübaşı
Acıbadem Mehmet Ali Aydınlar
Üniversitesi, İnsan ve Toplum
Bilimleri Fakültesi, Psikoloji
Anabilim Dalı

Jüri-(Danışman)
Dr. Öğr. Üyesi Çiğdem Ulaşoğlu-Yıldız
İstanbul Üniversitesi, Aziz Sancar
Deneysel Tıp Araştırma Enstitüsü
Sinirbilim Anabilim Dalı

Jüri
Dr. Öğr. Üyesi Kardelen Yıldırım
Işık Üniversitesi, İktisadi, İdari
ve Sosyal Bilimler Fakültesi,
Psikoloji Anabilim Dalı

İÇİNDEKİLER

BEYAN ..... İİ
İTHAF ..... İİİ
TEŞEKKÜR ..... İV
İÇİNDEKİLER ..... Vİ
TABLOLAR LİSTESİ ..... İX
ŞEKİLLER LİSTESİ X
SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ ..... Xİ
ÖZET ..... Xİİ
ABSTRACT ..... Xİİİ
1. GİRİŞ VE AMAÇ 1
2. GENEL BİLGİLER 3
2.1. Serebellum 3
2.1.1. Serebellumun Anatomisi 3
2.1.2. Serebellumun Yapısal Bağlantıları 4
2.1.3. Serebellumun Fonksiyonel Bağlantıları 5
2.1.4. Serebellumun İşlevleri ve Disfonksiyonları 6
2.1.5. Serebellar Nörodejenerasyon 8
2.2. Yürütücü İşlevler 9
2.2.1. Yürütücü İşlevlerin Ağ Temelli Organizasyonu 9
2.2.2. Yürütücü İşlevler ve SCA 11
2.3. Öğrenme ve Bellek 14
2.3.1. Örtük Öğrenme ve Örtük Bellek 15
2.3.1.1. Örtük Sekans Öğrenme 18
2.3.1.2. Örtük Öğrenme ve SCA 20
2.3.1.3. Örtük Öğrenme ve Yürütücü İşlevler 21
3. GEREÇ VE YÖNTEM 24
3.1. Katılımcılar 24
3.1.1. Araştırmaya Dahil Etme ve Araştırmadan Dışlama Kriterleri 24
3.2. Veri Toplama 25
3.3. Araştırmada Kullanılan Materyaller 25

3.3.1. Sayı Menzili ve Görsel Menzil Testleri 26
3.3.2. Sembol Sayı Modaliteleri Testi 26
3.3.3. Wisconsin Kart Eşleme Testi 27
3.3.4. Stroop Test 27
3.3.5. Sekans Destekli Bilgisayarlı Stroop Görevi 28
3.3.5.1. Deneysel Görev Tasarımı 29
3.3.5.2. Uyaranların Hazırlanması 32
3.3.5.3. Prosedür 32
3.3.5.4. Deneysel Görevin Aşamaları 33
3.3.6. Beck Depresyon Ölçeği 35
3.3.7. Uluslararası Kooperatif Ataksi Derecelendirme Ölçeği 35
3.4. Veri Analizi 36
3.4.1. Nöropsikolojik Testler ve Klinik Verilerin Analizi 37
3.4.2. Deneysel Görevin Analizi 37
3.4.3. Korelasyon Analizleri 38
4. BULGULAR 39
4.1. Demografik ve Klinik Bulgular 39
4.2. Nöropsikolojik Testlere İlişkin Bulgular 40
4.3. Deneysel Göreve İlişkin Bulgular 41
4.3.1. Eğitim Aşamasına İlişkin Bulgular 41
4.3.2. Stroop Test Bloklarına Ait Doğruluk Oranı Bulguları 43
4.3.3. Stroop Test Bloklarına Ait Yanıt Sürelerine İlişkin Bulgular 48
4.3.3.1. Başlangıç Düzeyi Farklılıklarına İlişkin Bulgular 48
4.3.3.2. Genel Yanıt Sürelerinin Değişimine İlişkin Bulgular 50
4.3.3.3. Enterferans Süresinin Değişimine İlişkin Bulgular 52
4.4. Korelasyon Analizlerine Ait Bulgular 54
4.4.1. Klinik Şiddet ile Nöropsikolojik Performans Arasındaki Korelasyonlar 54
4.4.2. Nöropsikolojik Testler ile Görev Performansı Arasındaki Korelasyonlar 55
4.4.3. Klinik Değişkenler ile Sekans Kazancı Arasındaki Korelasyonlar 57
5. TARTIŞMA 59
5.1. Yürütücü İşlevlerde Görülen Bozulmalar 60
5.2. Deneysel Görevden Elde Edilen Sonuçlar 64
5.2.1. Eğitim Aşamasına İlişkin Sonuçlar 64

5.2.2. Doğruluk Oranlarının Değişimine İlişkin Sonuçlar 65
5.2.3. Temel Düzey Yanıt Sürelerine İlişkin Sonuçlar 66
5.2.4. Enterferans Süresinin Değişimine İlişkin Sonuçlar 70
5.2.5. İnhibisyon Düzeyi ile Sekans Kazancı Arasındaki İlişki 75
5.3. Sınırlılıklar ve Öneriler 77
5.4. Çıkarımlar 79
KAYNAKLAR 81
HAM VERİLER 102
FORMLAR 103
İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI 104

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2-1: Örtük bellek biçimleri 16
Tablo 3-1: Çalışmada kullanılan ölçüm araçları 25
Tablo 4-1: Grupların demografik özellikleri ve depresyon puanlarına ait betimsel veriler 39
Tablo 4-2: Hasta grubunun klinik parametrelerine ait betimsel veriler 39
Tablo 4-3: Grupların nöropsikolojik test puanları ve gruplar arası karşılaştırma sonuçları 40
Tablo 4-4: Tekrar ölçümlü ANOVA sonuçlarına göre eğitim aşaması bloklarına ait tahmini marjinal yanıt süresi ortalamaları ve B1'e kıyasla ikili karşılaştırmaları 42
Tablo 4-5: Eğitim aşamasına ait yanıt süresi verileri için karma tasarımlı ANOVA sonuçlarına ait özet tablo 43
Tablo 4-6: Grupların R1 bloğundaki temel düzey doğru yanıt oranlarının Mann-Whitney U testi ile karşılaştırılması 44
Tablo 4-7: Uyaranların doğruluk oranlarının bloklar arasında değişimini gösteren ANOVA'ya ilişkin özet tablo 45
Tablo 4-8: Uyumlu ve uyumsuz uyaranlara ait doğruluk oranlarının bloklar arası grup içi karşılaştırmaları için Wilcoxon İşaretli Sıralar Toplamı Testi sonuçları 47
Tablo 4-9: R1 bloğuna ait yanıt süreleri için yürütülen tekrar ölçümlü ANOVA'ya dair özet tablo 49
Tablo 4-10: SCA ve sağlıklı kontrol gruplarında uyaran türleri arasındaki ikili yanıt süresi karşılaştırmaları 50
Tablo 4-11: Random ve sekansiyel koşullara ait enterferans sürelerinin grup içi Wilcoxon İşaretli Sıralar Toplamı Testi ile karşılaştırılması 53
Tablo 4-12: SCA grubunda klinik değişkenler ile nöropsikolojik test performansı arasındaki Spearman korelasyon analizleri 54
Tablo 4-13: Sekans kazancı ile nöropsikolojik test ölçümleri arasındaki Spearman korelasyon analizi sonuçları 56
Tablo 4-14: SCA grubuna ait klinik değişkenler ve enterferans direnci arasındaki Spearman korelasyon analizi sonuçları 58

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2-1: Serebellumun anatomik yapısı. 4
Şekil 3-1: Deneysel görevin tasarımı 29
Şekil 3-2: Deneysel görevde kullanılan Stroop test denemelerine ilişkin örnekler 31
Şekil 4-1: SCA ve sağlıklı kontrol gruplarında deneysel görevin eğitim aşamasına ait yanıt sürelerinin bloklar boyunca değişimi 43
Şekil 4-2: Kontrol ve SCA gruplarında uyaran türlerine göre random ve sekansiyel koşullardaki yanıt sürelerinin bireysel dağılımları ve değişimleri 51
Şekil 4-3: Enterferans sürelerinin koşullara göre değişimini gösteren random-sekansiyel fark puanları. 53
Şekil 4-4: Dizartri şiddeti ile Stroop yanlış sayısı arasındaki ilişki 55
Şekil 4-5: Sekans kazancı ile Çapa – Stroop performansı arasındaki ilişkiler 57

SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ

ACC	Anterior singulat korteks
ANOVA	Varyans analizi
CCAS	Serebellar Kognitif Affektif Sendrom
DAN	Dorsal dikkat ağı
DMN	Olağan durum ağı
ECN	Yürütücü kontrol ağı
ICN	Entrensek konnektivite ağları
SCA	Spinoserebellar ataksi
SDMT	Sembol Sayı Modaliteleri Testi
SMN	Sensorimotor ağ
SN	Dikkat çekerlik ağı
SRTT	Seri Tepki Süresi Görevi
VAN	Ventral dikkat ağı
WCST	Wisconsin Kart Eşleme Testi

ÖZET

Arı, R.D. (2026). Serebellar Nörodejenerasyonda Örtük Algısal Sekans Öğrenme Becerisinin Yürütücü İşlevler Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi. İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Sinirbilim ABD. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.

Örtük öğrenmenin yürütücü işlevler üzerindeki etkisi hala tam olarak açıklığa kavuşmuş değildir. Bu çalışmanın temel amacı örtük olarak edinilen algısal düzenliliklerin kognitif kontrol süreçlerine aktarılıp aktarılamadığını ve bu süreçte serebellumun olası rolünü incelemektir.

Araştırmaya 16 spinoserebellar ataksi (SCA) hastası ile 25 sağlıklı katılımcı dahil edilmiştir. Katılımcıların kognitif işlevleri Sayı ve Görsel Menzil Testleri, Sembol Sayı Modaliteleri Testi, Wisconsin Kart Eşleme Testi ve Stroop Test ile değerlendirilmiştir. Sekans öğrenmenin kognitif kontrol becerisi üzerindeki etkisini incelemek için bu tez çalışması kapsamında özgün bir deneysel görev geliştirilmiştir. Bu görevde katılımcılara eğitim aşamasında altı basamaklı bir renk örüntüsü örtük biçimde sunulmuş, ardından bu renk sekansı Stroop görevine entegre edilerek kelimelerin mürekkep renkleri üzerinden sürdürülmüştür. Göreve ilişkin randomize ve sekansiyel koşullar karşılaştırılmış; uyaranlara ait yanıt süreleri ile enterferans süreleri ve doğruluk oranları analiz edilmiştir.

Bulgular, nöropsikolojik değerlendirmede hasta grubunun enterferans süresi ve tamamlanan kategori sayısı ölçütlerinde sağlıklı kontrollerden daha düşük performans sergilediğini göstermiştir. Deneysel görev incelendiğinde sağlıklı kontrol grubunda sekansiyel koşullarda enterferans süresinin anlamlı düzeyde azaldığı ve inhibitör kontrolü daha düşük olan bireylerin daha yüksek sekans kazancı elde ettiği bulunmuştur. Hasta grubunda ise sekansiyel koşullarda çatışmalı uyaranların doğruluk oranlarında artış gözlenmesine karşın enterferans süresindeki azalma anlamlı düzeye ulaşmamıştır.

Elde edilen bulgular, örtük öğrenmenin sağlıklı bireylerde çatışma çözümünde kullanılabildiğini, buna karşılık SCA grubunda bu sürecin sekteye uğradığını göstermektedir. Sonuç olarak çalışma serebellumun örtük olarak edinilmiş bilginin öngörücü biçimde kullanılması ve kognitif olarak bütünleştirilmesinde de rol oynayabileceğine işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: serebellum, örtük bellek, yürütücü işlevler, Stroop testi, kognitif kontrol

ABSTRACT

Arı, R.D. (2026). Investigating Implicit Perceptual Sequence Learning Ability and Its Effect on Executive Functions in Cerebellar Neurodegeneration. İstanbul University, Institute of Health Sciences, Neuroscience. Master's Thesis. İstanbul.

The effect of implicit learning on executive functions remains insufficiently understood. The aim of this study was to investigate whether implicitly acquired perceptual regularities can be transferred to cognitive control and to examine the possible role of cerebellum in this process.

The sample included 16 patients with spinocerebellar ataxia (SCA) and 25 healthy participants. Cognitive functions were assessed using the Digit and Visual Span Tests, Symbol Digit Modalities Test, Wisconsin Card Sorting Test and Stroop Test. To examine the effect of sequence learning on cognitive control, a novel experimental paradigm was developed. During the training phase, participants were implicitly exposed to a six-item color sequence, which was later embedded into a Stroop task through the ink color of the words. Randomized and sequential task conditions were compared and reaction times, interference scores and accuracy rates were analyzed.

Neuropsychological findings showed that the patient group performed worse than healthy controls on measures of interference time and number of completed categories. In the experimental task, healthy controls demonstrated a significant reduction in interference under sequential conditions and individuals with lower inhibitory control showed greater sequence gain. In the patient group, although accuracy rates for incongruent stimuli increased under sequential conditions, the reduction in interference did not reach statistical significance.

The findings suggest that implicit learning can support conflict resolution in healthy individuals, whereas this process appears to be disrupted in SCA. The study further indicates that the cerebellum may contribute to the predictive use and cognitive integration of implicitly acquired information.

Key Words: cerebellum, implicit memory, executive functions, Stroop test, cognitive control

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Serebellar nörodejenerasyon, serebellumda ve onunla ilişkili yolaklarda selektif dejeneratif süreçlerle karakterize edilen ve klinik tabloda en belirgin tezahürü ataksi olan bir patoloji spektrumunu ifade etmektedir. Eşlik eden spinal kord tutulumu nedeniyle bu hastalık grubu çoğunlukla Spinoserebellar Ataksi (SCA) şemsiyesi altında sınıflandırılmaktadır (Mizusawa ve ark. 2011 s. 273; Plaitakis 1992 s. 185-186).

SCA'da tipik olarak yürüyüş ataksisi, dismetri, disdiadokokinezi, nistagmus, dizartri ve disfaji gibi motor semptomlar baskın olarak görülse de son yıllarda kognitif ve afektif bozuklukların da klinik tabloya eşlik edebildiği vurgulanmaktadır (Klockgether ve ark. 2019; Sullivan ve ark. 2019; Coarelli ve ark. 2023). Hastalarda öğrenme ve bellek işlevleri, görsel ve mekansal işlevler, dil işlevleri ve sosyal kognisyon alanları da dahil olmak üzere kognitif bozulmalar görülmekte, en belirgin bozukluk ise yürütücü işlevler ekseninde ortaya çıkmaktadır. Bu hastalarda çalışma belleği kapasitesinde ve bilgi işleme hızında düşüşler, mental esneklik düzeyinde azalma ve inhibitör kontrol süreçlerinde bozulmalar bildirilmektedir (Brandt ve ark. 2004; Pereira ve ark. 2017; Lupo ve ark. 2018; Rentiya ve ark. 2018; Gigante ve ark. 2020; Shin ve ark. 2024). Bu bozulmaların serebellar disfonksiyonla ilişkili öngörü ve modülasyon becerilerindeki aksaklığa sekonder olduğu düşünülmektedir (Schmahmann ve Sherman 1998; D'Angelo ve Casali 2013; Argyropoulos ve ark. 2020).

Yürütücü işlevler, doğası gereği diğer kognitif süreçlerden izole değildir; özellikle öğrenme ve bellek süreçleriyle yakından etkileşim halindedir (Lezak ve ark. 2012). Yürütücü işlev performansı açık bellek süreçleriyle pozitif yönde ilişkiliyken örtük bellek süreçleriyle negatif yönde ilişkili olması dikkat çekicidir (Virag ve ark. 2015; Park ve ark. 2020; Pedraza ve ark. 2024; Berta ve ark. 2026). Bu durum, bilinçli kontrol süreçlerinin otomatik düzenlilik çıkarımını baskılayabileceği şeklinde yorumlanmaktadır. Öte yandan deneysel bulgular örtük düzenliliklerin de yürütücü işlev performansını etkileyebileceğini göstermektedir. Özellikle çatışma içeren Stroop paradigmasında örtük sekans öğrenmenin yürütücü sistemi destekleyebildiği görülmektedir (Deroost ve ark. 2012; Jiménez ve ark. 2020; Takacs ve Beste 2023). Bu çerçevede örtük sekans öğrenmenin karmaşık görevlerde sürekli yürütücü kontrol ihtiyacını azaltabilecek öngörücü bir mekanizma sunduğu ileri sürülebilir. Serebellumun

içsel modellerin ve öngörücü tahminlerin oluşturulmasındaki rolü göz önünde bulundurulduğunda, bu süreçlerin serebellar bütünlükten etkilenebileceği düşünülmüştür (Ito 2008). Bu bağlamda SCA hastaları örtük olarak edinilen düzenliliklerin çatışma çözümünü destekleyecek biçimde kognitif kontrol süreçlerine entegrasyonunu incelemek için önemli bir model oluşturmaktadır.

Bu doğrultuda mevcut tez çalışmasının amacı örtük sekans öğrenmenin çatışma çözümü üzerindeki etkisini ve serebellar nörodejenerasyonun bu süreçteki olası rolünü incelemektir. Bu amaçla SCA hastaları ve sağlıklı kontroller karşılaştırılarak örtük renk sekanslarının Stroop enterferansı üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Serebellum

Serebellum, merkezi sinir sisteminin motor kontrolle ilişkilendirilen bir bileşenidir. Posterior kranial fossada, beyin sapının dorsalinde konumlanmıştır (Standring 2021 p. 465).

Serebellum erişkin bir insanda intrakranial hacmin yaklaşık %10'una tekabül etmesine karşın yaklaşık 85 milyar nörona sahiptir. Bu sayı serebral kortekste bulunan nöron sayısının yaklaşık 3,6 katına denk gelmektedir (Herculano-Houzel 2010). Küçük hacmine kıyasla nöron yoğunluğunun fazla olması, serebellumda bilgilerin son derece hızlı ve hassas bir şekilde işlendiğine işaret etmektedir.

2.1.1. Serebellumun Anatomisi

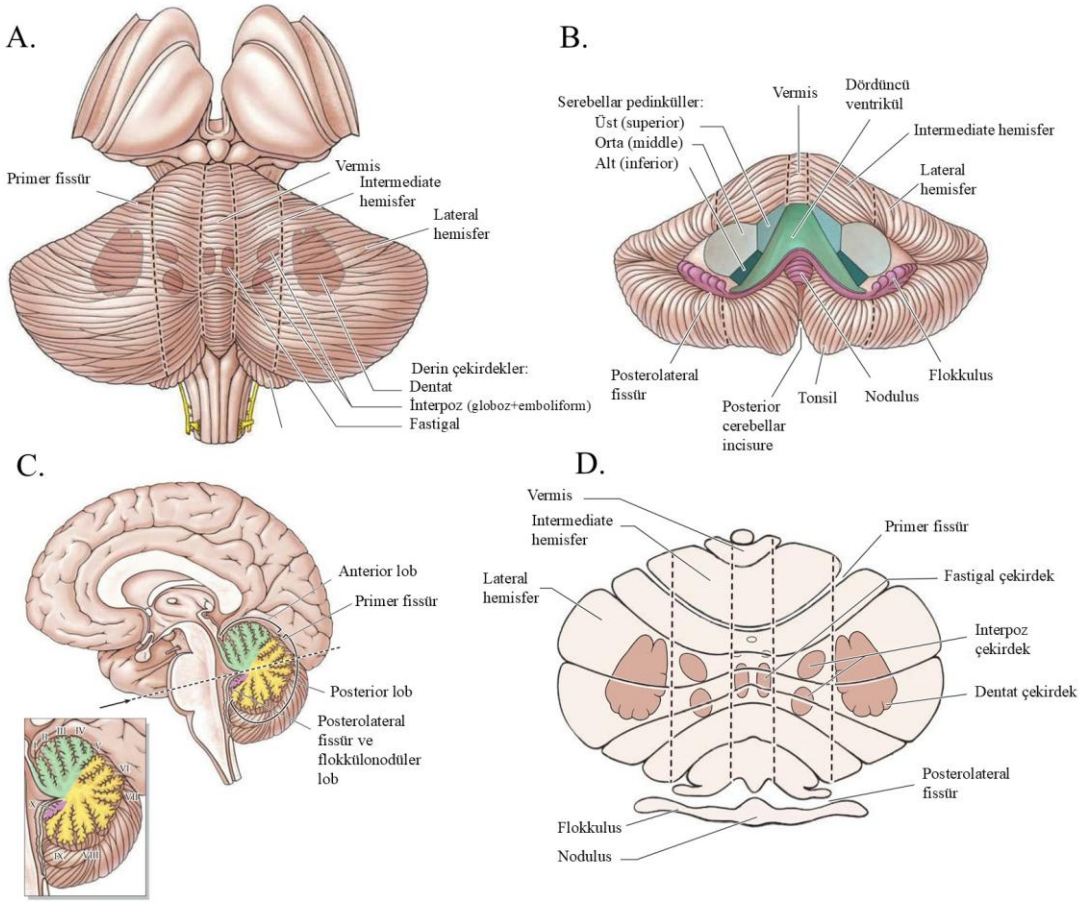
Serebellumun makroanatomisi sagital ve transversal düzlemler esas alınarak üçer alt bölümde incelenebilir. Sagital düzlemde serebellum medialde yer alan vermis, onun her iki yanında uzanan paravermis ve lateralde konumlanan serebellar hemisferler olmak üzere üç anatomik alt bölüme sahiptir. Transversal düzlemde ise anterior lob, posterior lob ve flokkülonodüler lob olmak üzere üç temel alt bölge tanımlanmıştır (Schmahmann 2007 p. 2; Yıldırım 2017 p. 160) (Şekil 2-1).

Fonksiyonel açıdan daha ayrıntılı bir sınıflandırma Larsell (1952, 1958) tarafından yapılmıştır. Bu sınıflandırmaya göre serebellum on lobüle ayrılmakta; I-V. lobüller anterior lobu, VI-IX. lobüller posterior lobu ve X. lobül ise flokkülonodüler lobu oluşturmaktadır (Şekil 2-1 C).

Mikroanatomik düzeyde serebellum serebruma benzer şekilde dış yüzeyi gri madde ile çevrili ak madde yapısına sahiptir. Serebellar ak madde içerisinde, orta hattın iki yanında dört çift çekirdek yerleşiktir. Bu derin serebellar çekirdekler içeriden dışarıya doğru fastigal, globoz, emboliform[1] ve dentat çekirdeklerdir (Şekil 2-1). Serebellumun efferent projeksiyonlarının büyük bir kısmı bu çekirdekler aracılığıyla iletilmektedir (Schmahmann 2007 p. 2; Martin 2020 pp. 284-285). İçlerinden dentat

[1] Globoz ve emboliform çekirdekler birlikte interpoz çekirdek olarak adlandırılmaktadır.

çekirdek özellikle serebral korteks ile olan karşılıklı bağlantıları nedeniyle dikkat çekicidir.



Şekil 2-1: Serebellumun anatomik yapısı.

(A) Serebellumun ve beyin sapının dorsal görünümü; (B) Serebellumun ventral kesit görünümü. (C) Serebellumun midsagital kesit görünümü; (D) Serebellar korteksin düzleştirilmiş şematik görünümü. Kaynak: Martin, J.H. (2020). Neuroanatomy: Text and Atlas (5. baskı). McGraw Hill. Yayınevinin izniyle uyarlanmıştır.

2.1.2. Serebellumun Yapısal Bağlantıları

Serebellumun kortikal ve subkortikal yapılarla olan bağlantısı üç serebellar pedinkül aracılığıyla yürütülmektedir. Bu pedinküller süperiyor serebellar pedinkül, orta serebellar pedinkül ve inferior serebellar pedinkül olarak adlandırılmakta ve sırasıyla mezensefalon, pons ve spinal kord ile bağlantı kurmaktadır (Bastian ve Lisberger 2021 pp. 911-912) (Şekil 2-1 B).

Serebellumun beyinle olan bağlantısı çift yönlüdür. Afferent lifler çeşitli kaynaklardan serebelluma ulaşmaktadır. Özellikle kortikopontin ve pontoserebellar yollar aracılığıyla duyusal-motor, paralimbik ve multimodal alanlardan yoğun bilgi girişi gerçekleşmektedir. Bununla birlikte omurilikten propriyoseptif ve vestibüler çekirdeklerden denge bilgileri de serebelluma ulaşmaktadır. Efferent bağlantılar ise derin serebellar çekirdeklerden başlayıp serebellotalamik ve talamokortikal yollar üzerinden serebral kortekse iletilmektedir. Ek olarak serebellar çıktıların bir kısmı beyin sapındaki motor çekirdeklere doğrudan uzanmaktadır (Schmahmann 2001; Glickstein ve Doron 2008; Heck ve ark. 2023).

2.1.3. Serebellumun Fonksiyonel Bağlantıları

Serebellum yalnızca yapısal bağlantılarıyla değil, aynı zamanda fonksiyonel etkileşimleriyle de geniş ölçekli beyin ağlarının bir parçasıdır. Görev temelli (*task-based*) ve dinlenim durumu (*resting-state*) fonksiyonel bağlantısallık (*functional connectivity*) çalışmaları, serebellar lobüllerin farklı entrensek konnektivite ağlarına (*intrinsic connectivity networks*, ICN) entegre olduğunu ortaya koymuştur (Habas ve ark. 2009; Buckner ve ark. 2011; Sang ve ark. 2012; Kipping ve ark. 2013; Brissenden ve ark. 2016; Kawabata ve ark. 2022; Alahmadi 2023).

Vermal lobül I-IV bölgelerinin görsel ağ (*visual network*) ile korelasyon gösterdiği bulunmuştur (Sang ve ark. 2012). Ancak başka bir çalışmada bu sonuç doğrulanmamıştır (Krienen ve Buckner 2009). Ayrıca bu bölgelerin sensorimotor ağa (*sensorimotor network*, SMN) katılım gösterdiği de bildirilmiştir (Kipping ve ark. 2013).

Hemisferik lobül V, hem görev temelli hem de dinlenim durumu fMRI çalışmalarında SMN ile bağlantısallık göstermektedir (Habas ve ark. 2009; Krienen ve Buckner 2009, Kipping ve ark. 2013; Kawabata ve ark. 2022). Ayrıca bir çalışmada lobül V'in işitsel ağ (*auditory network*) ve görsel ağ ile sınırlı düzeyde korelasyon gösterdiği de bildirilmiştir (Sang ve ark. 2012).

Lobül VI, multimodal entegrasyon açısından yüksek düzeyde fonksiyonel esnekliğe sahip olup SMN, ventral dikkat ağı (*ventral attention network*, VAN), dikkat çekerlik ağı (*salience network*, SN) ile bağlantı kurmaktadır. Anterior singulat korteks (ACC) ile de korelasyon göstermektedir (Sang ve ark. 2012; Kipping ve ark. 2013). Dorsal dikkat ağı (*dorsal attention network*, DAN) ile de bağlantılı olduğu bildirilmiştir

(Kawabata ve ark. 2022). Ayrıca kaudat ve putamen ile de işlevsel senkronizasyon göstermektedir (Sang ve ark. 2012).

Lobül VII bölgelerinin birlikte olağan durum ağı (*default mode network*, DMN) ve SN'ye dahil olduğu gösterilmiştir (Sang ve ark. 2012; Kipping ve ark. 2013; Kawabata ve ark. 2022). Bu lobül Crus I, Crus II ve lobül VIIb olmak üzere üç bölge içermektedir. Crus I ve Crus II, ipsilateral yürütücü kontrol ağına da (*executive control network*, ECN) entegre olmaktadır (Habas ve ark. 2009; Sang ve ark. 2012; Kipping ve ark. 2013) ve birden fazla entrensek kortikal ağın kesiştiği ağlar arası bağlantı merkezleri olarak yorumlanmıştır (Kawabata ve ark. 2022). Lobül VIIb'nin işitsel ağ, SMN ve DAN ile de fonksiyonel bağlantılara sahip olduğu bildirilmiştir (Buckner ve ark. 2011; Brissenden ve ark. 2016).

Lobül VIII, SMN ile bağlantılıdır (Habas ve ark. 2009, Kipping ve ark. 2013). Bununla birlikte DAN'a ve işitsel ağa da katkıda bulunmaktadır (Buckner ve ark. 2011; Sang ve ark. 2012; Brissenden ve ark. 2016). Ayrıca bazal gangliyonlarla da fonksiyonel bağlantılara sahiptir (Sang ve ark. 2012).

Lobül IX DMN ile bağlantılıdır (Habas ve ark. 2009; Sang ve ark. 2012). ECN ile de ilişki kurduğu raporlanmıştır (Kawabata ve ark. 2022). Ayrıca, vermal uzantıları aracılığıyla görsel ağ ile de ilişki kurmaktadır. Bazal gangliyonlar ile de korelasyona sahiptir (Sang ve ark. 2012).

Vestibüler işlevlerle ilişkilendirilmiş olan Lobül X SMN'ye katılımının yanı sıra DAN ile de dolaylı fonksiyonel etkileşimler kurmaktadır (Sang ve ark. 2012).

Serebellar korteksin yanı sıra derin serebellar çekirdekler de ICN'lere katılmaktadır. Özellikle dentat çekirdek, hem SMN, hem DMN hem de SN ile bağlantı içerisindedir (Habas ve ark. 2009; Sang ve ark. 2012; Alahmadi 2023). Bununla birlikte fastigal, globoz ve emboliform çekirdeklerinin görsel ağ ve SN ile bağlantılı olduğu gösterilmiştir (Alahmadi 2023).

2.1.4. Serebellumun İşlevleri ve Disfonksiyonları

Serebellum motor korteks ve ilişkili yolaklar tarafından üretilen komutların zamanlaması, sıralaması, şiddeti ve uygunluğu üzerinde düzenleyici görev üstlenmektedir (Gazzaniga ve ark. 2019 p. 47). Başka bir ifadeyle, primer bir merkez olarak işlev görmekten ziyade motor sistem içerisinde ikincil bir role sahip olup

hareketlerin eşgüdümlü ve uyumlu bir şekilde yürütülmesinde tamamlayıcı fonksiyonları yürütmektedir (Bastian ve Lisberger 2021 pp. 922-923).

Motor kontrolünün hassas biçimde düzenlenmesinde serebellumun temel rolünün hareket hatalarının izlenmesi ve öngörücü (*predictive*) kontrol süreçleri aracılığıyla gerçekleştiği kabul edilmektedir. Bu süreçte periferik duyusal girdiler ve motor korteksten gelen eferent kopyalar serebellar devrelere iletilmekte ve burada hedeflenen motor plan ile gerçekleşen performans sürekli olarak karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırma sonucunda oluşan hata sinyalleri, süregiden motor çıktının hızla yeniden ayarlanmasını mümkün kılmaktadır (Popa ve ark. 2019).

Serebellar katkı yalnızca istemli ekstremite hareketleriyle sınırlı değildir. Postüral kontrol ve okülomotor işlevleri kapsayan daha geniş bir davranışsal düzenleme alanına sahiptir (Bastian ve Lisberger 2021 p. 925).

Serebellumun motor dışı işlevleri uzun yıllar boyunca göz ardı edilmiştir. Fakat 20. yüzyılın ortalarından itibaren yürütülen elektrofizyolojik çalışmalar ve yüzyılın sonlarına doğru öne sürülen hipotezler (Leiner ve ark. 1986; Schmahmann 1991, 1998) ile serebellumun motor dışı işlevlere katkıda bulunduğuna dair fikirler güçlenmiştir. Literatürde bu değişim serebellar disfonksiyonlara sahip hastalar ile gerçekleştirilen klinik araştırmalar tarafından da desteklenmiştir. Schmahmann ve Sherman (1998) farklı serebellar hasarları olan yirmi vaka raporlamıştır. Bu vakaların klinik analizi posterior serebellumun kognitif işlevlerde; vermisin affektif işlevlerde bozulmaya yol açtığını göstermiştir. Araştırmacılar bu tabloya Serebellar Kognitif-Affektif Sendrom (CCAS) adını vermiştir. CCAS'ın tanımlanması ile birlikte serebellumun motor dışı işlevlerdeki rolüne ilişkin perspektif değişimi hız kazanmıştır (Schmahmann ve Sherman 1998; Rudolph ve ark. 2023; Schmahmann 2023).

Son yıllarda serebellar hasarı olan hastaların kognitif profilleri üzerine yapılan çalışmalar önemli ölçüde artmıştır. Bu çalışmalar, fokal serebellar hasarlarda ortaya çıkan bozulmaların hasarın lokalizasyonu ile güçlü bir ilişkiye sahip olduğunu göstermiştir. Özellikle anterior lobdaki hasarlar motor becerilerde bozulmaya yol açarken (Schmahmann ve ark. 2009; Stoodley ve ark. 2016) posterior loblardaki hasarlar yürütücü işlevlerdeki bozulmalarla ilişkilendirilmiştir (Stoodley ve ark. 2016; Shin ve ark. 2017). Ayrıca posterior serebellar hemisferlerde tıpkı serebral kortekste olduğu gibi hemisferik özelleşmenin olduğu ortaya konmuştur. Sağ posterior

hemisferdeki lezyonların dil işlevlerinde (Riva ve Giorgi 2000; Stoodley ve ark. 2016; Geva ve ark. 2021), sol posterior hemisferdeki lezyonların ise görsel-mekansal işlevlerde (Riva ve Giorgi 2000; Stoodley ve ark. 2016) bozulmaya yol açtığı görülmüştür. Bununla birlikte fokal serebellar lezyonların yol açtığı bozulmaların akut dönemde daha belirgin olduğu, bu bozulmaların zaman içerisinde iyileşme gösterebildiği ifade edilmektedir (Lalonde ve Botez-Marquard 2000; Hokkanen ve ark. 2006). Buna karşılık diffüz serebellar atrofinin daha geniş bir spektrumda ilerleyici kognitif etkilenime neden olduğu çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir (Brandt ve ark. 2004; Orsi ve ark. 2011; Fancellu ve ark. 2013; Moriarty ve ark. 2016; Kansal ve ark. 2017; García ve ark. 2022; Selvadurai ve ark. 2026).

2.1.5. Serebellar Nörodejenerasyon

Serebellar nörodejenerasyon, serebellar sistemde seçici ve dejeneratif değişimleri ifade eden; klinik anlamda kendini ataksi ile gösteren hastalıklar kümesidir. Serebellumla bağlantılı nöral yollar da bu patolojiye dahil olabilmektedir. Hastalıklar sıklıkla spinal kordun da tutulumuyla seyrettiğinden spinoserebellar ataksi (*spinocerebellar ataxia*, SCA) başlığı altında sınıflandırılmakta, çoğu genetik kökenli olduğundan herediter ataksi terimi ile sıklıkla eş anlamlı olarak kullanılmaktadır (Mizusawa ve ark. 2011 s. 273; Plaitakis 1992 s. 185-186). Bu çalışma boyunca literatürde daha yaygın kullanıma sahip olması nedeniyle SCA şemsiye terimi kullanılacaktır.

Epidemiyolojik veriler kalıtsal SCA'nın görece nadir rastlanan bir hastalık olduğunu göstermektedir. Dünya genelindeki yaygınlığının 100.000 kişide otozomal dominant formunda 0 ila 5,6; otozomal resesif formunda ise 0 ila 7,2 arasında değiştiği bildirilmiştir (Ruano ve ark. 2014). Bununla birlikte bu dağılım coğrafi bölgeye göre farklılıklar göstermektedir. Türkiye'de kalıtsal ataksilerin önemli bir bölümünün otozomal resesif geçiş gösterdiği; otozomal dominant serebellar ataksiler incelendiğinde ise küresel ölçekte en çok bildirilen alt tip SCA3 iken ülkemizde en sık SCA2 alt tipinin görüldüğü bildirilmiştir (Vural ve ark. 2021).

SCA etiyolojik ve klinik açıdan oldukça heterojen bir hastalık grubudur. Bugüne dek kırktan fazla alt tipi tanımlanmıştır (Sullivan ve ark. 2019). Farklı SCA alt tipleri özgül genetik mutasyonlar ve patofizyolojilerle ilişkilendirildiği için nörolojik bulgu

spektrumu da oldukça geniştir. Hastalığın seyrinde yaygın olarak yürüyüş ataksisi, dismetri, disdiadokokinezi, nistagmus, dizartri ve disfaji gibi semptomlar görülmektedir. Tabloya afektif ve kognitif bozukluklar da eşlik edebilmektedir (Klockgether ve ark. 2019; Sullivan ve ark. 2019; Coarelli ve ark. 2023).

SCA hastalarında serebellar dejenerasyonun dikkat ve yürütücü işlevlerde (Bürk ve ark. 1999; Brandt ve ark. 2004; Pereira ve ark. 2017; Lupo ve ark. 2018; Rentiya ve ark. 2018; Gigante ve ark. 2020; Shin ve ark. 2024), öğrenme ve bellek süreçlerinde (Bürk ve ark. 1999; Agarwal ve ark. 2021), görsel-mekansal işlevlerde (Rentiya ve ark. 2018; Cundari ve ark. 2025), dil işlevlerinde (van Gaalen ve ark. 2014; Reumers ve ark. 2025) ve sosyal kognisyonda (Colucci ve ark. 2024; Reumers ve ark. 2025) bozulmalara yol açabildiği raporlanmıştır. Tüm bu işlevler arasından özellikle yürütücü işlevlerdeki bozulmanın öne çıktığı vurgulanmaktadır (Brandt ve ark. 2004).

2.2. Yürütücü İşlevler

Yürütücü işlevler, günlük yaşamda bireyin adaptif ve amaç yönelimli davranışlar sergilemesini mümkün kılan üst düzey işlevlerdir. Bu işlevler dikkatin seçici olarak yönlendirilmesi ve sürdürülmesi, bilgilerin kısa süreli olarak tutulup üzerinde işlem yapılabilmesi, bağlama uygun olmayan tepkilerin inhibe edilmesi, problem çözebilme, soyut düzeyde düşünebilme, ileriye dönük planlama ve strateji oluşturma, koşullar değiştiğinde mental esneklik gösterebilme ve yeni stratejiye geçebilme gibi birbirinden ayrışan ancak işlevsel olarak iç içe geçmiş bileşenleri kapsamaktadır (Carlson ve ark. 2013; Cristofori ve ark. 2019).

2.2.1. Yürütücü İşlevlerin Ağ Temelli Organizasyonu

Yürütücü işlevlerin nörobiyolojik temeli prefrontal korteks ve işlevsel özelleşme gösteren alt bölgelerine dayanmaktadır (Gazzaniga ve ark. 2019 pp. 516-563). Bununla birlikte bu işlevlerin bütüncül ve sağlıklı bir şekilde yürütülebilmesi için tekil bir beyin bölgesinin aktivasyonu yeterli değildir. Bu işlevler kullanılırken eşzamanlı olarak hedefler temsil edilmeli, uyaranlar değerlendirilmeli, dikkat kaynakları tahsis edilmeli, uygun tepki seçilmeli ve sürdürülmelidir. Bu çok katmanlı taleplere yanıt verebilmek geniş ölçekli beyin ağlarının bütüncül ve karşılıklı çalışmasını zorunlu kılmaktadır.

Amaçla ilişkili temsillerin korunması, bu temsiller üzerinde işlem yapılması ve amaca yönelik davranışların düzenlenmesi bağlamında ECN merkezi bir rol üstlenmektedir. ECN, bağlamsal görev taleplerine göre bilişsel kaynakların dağıtılmasını mümkün kılarak üst düzey kontrol süreçlerinin temelini oluşturmaktadır (Niendam ve ark. 2012). Bu işlevsel konumlanışı nedeniyle ECN, kognitif kontrolle ilişkili çekirdek ağdır. Bununla birlikte, yürütücü süreçlerin sürdürülebilirliği yalnızca amaçla ilişkili işlemlerin değil, aynı zamanda görevle uyumsuz içsel kognitif etkinliklerin de inhibe edilmesini gerektirmektedir. Bu çerçevede, kognitif kontrol yükünün artmasıyla birlikte DMN aktivitesinde baskılanma görülmektedir. Yürütücü işlevlerin sürekliliğinin düzenlenmesinde DMN'in görevle ilgili sistemlerden ayrışarak deaktive olması oldukça önemlidir (Anticevic ve ark. 2012; Reineberg ve ark. 2018). Bu iki ağ arasındaki denge ve geçişler, SN aracılığıyla koordine edilmektedir. SN, hem içsel durumlara hem de çevresel girdilere atfedilen önemi değerlendirerek hangi bilginin önceliklendirileceğini belirlemekte ve uygun ağ konfigürasyonuna geçişi kolaylaştırmaktadır (Seeley ve ark. 2007; Sridharan ve ark. 2008; Menon ve Uddin 2010; Menon 2011; Goulden ve ark. 2014).

Yürütücü kontrolün çevresel değişkenlik altında sürdürülmesi, dikkat sistemleriyle ilişkili tamamlayıcı süreçlerin devreye girmesini de zorunlu kılmaktadır. Bu dikkatsel altyapı, DAN ve VAN vasıtasıyla sağlanmaktadır. DAN, dikkat odağının istemli ve amaca yönelik biçimde sürdürülmesiyle ilişkilendirilirken VAN ise beklenmedik veya ani uyaranlara yanıt olarak dikkatin hızlı bir şekilde yeniden yönlendirilmesinde rol oynamaktadır (Vossel ve ark. 2014).

ECN'nin dorsolateral prefrontal korteks ile posterior parietal korteks, DMN'nin medial prefrontal korteks, posterior singulat korteks ile inferior parietal lobül, SN'nin ise anterior insula ve dorsal anterior singulat korteks ekseninde örgütlenmesi yürütücü işlevlerin çoklu kortikal düğümler arasında dağıtılan ağlar üzerinden gerçekleştiğini göstermektedir (Raichle 2015; Reineberg ve ark. 2018). Dikkatle ilişkili ağlar olan DAN'ın intraparietal sulkus ve frontal göz alanları, VAN'ın temporaparietal kavşak ve ventral frontal korteks üzerinde yapılanmış olması da dikkat ve yönelimle ilişkili kortikal alanların yürütücü işlevleri desteklediğini düşündürmektedir (Vossel ve ark. 2014; Reineberg ve ark. 2018). Bununla birlikte güncel nörogörüntüleme çalışmalarında yürütücü işlevlerin sağlıklı ve bütüncül yürütülmesinin yalnızca kortikal devrelerle sınırlı olmadığını göstermektedir. Nitekim kortikal ağlara ek olarak subkortikal

yapıların ve serebellumun da katkısı bulunmaktadır (Okayasu ve ark. 2023; Pan ve Wang 2023).

Serebellumun yürütücü işlevlerle ilişkili nöral ağlarla fonksiyonel bağlantılar kurduğu birçok çalışmada ortaya konmuştur (Habas ve ark. 2009; Buckner ve ark. 2011; Sang ve ark. 2012; Kipping ve ark. 2013; Brissenden ve ark. 2016; Kawabata ve ark. 2022; Alahmadi 2023). Paralel olarak, SCA hastalarında serebellumun dejeneratif süreciyle ilişkili olarak ağlar arası bağlantılarda değişimlerin gerçekleştiği bildirilmiştir (Cocozza ve ark. 2015; Hernandez-Castillo ve ark. 2015; Guo ve ark. 2023).

2.2.2. Yürütücü İşlevler ve SCA

SCA'nın heterojen bir hastalık grubu olması yürütücü işlevlerin farklı bileşenlerinde değişen düzeylerde bir etkilenme tablosunun ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Bu heterojen ve görece ılımlı bozulmaların serebellumun atrofiden kaynaklanan modülasyon becerisindeki bozulmaya sekonder olduğunu düşünülmektedir (Schmahmann ve Sherman 1998; D'Angelo ve Casali 2013; Argyropoulos ve ark. 2020). SCA hastalarında görülen yürütücü işlev bozuklukları literatürdeki sınıflamalara paralel olarak çalışma belleği, mental esneklik ve inhibisyon olmak üzere üç başlık altında ele alınacaktır (Miyake ve ark. 2000; Lehto ve ark. 2003; Diamond 2013).

Çalışma Belleği

Çalışma belleği işitsel ve görsel modalitede incelenebilir. İşitsel modalitede klinikte en sık kullanılan test Sayı Menzili Testi'dir. Bu testin basit dikkati ve çalışma belleğini ölçen iki bileşeni bulunmaktadır. SCA hastalarına yönelik bazı çalışmalar her iki bileşenin de normal düzeyde olduğunu göstermiştir (Bürk ve ark. 2003; Braga-Neto ve ark. 2012; Lopes ve ark. 2013; Ulasoglu-Yildiz ve Gurvit 2020; Romero-Molina ve ark. 2025). Fakat literatürde bu bulgularla çelişen sonuçlar da mevcuttur. Bazı çalışmalarda basit dikkat düzeyi korunurken çalışma belleği performansında düşüş gözlenmiştir (Ma ve ark. 2014; Feng ve ark. 2014, Tamura ve ark. 2018).

Literatürde işitsel modalitenin yanı sıra SCA hastalarında görsel modaliteye ilişkin çalışma belleğinde de bozulma olduğunu gösteren bulgular bulunmaktadır. Nitekim Görsel Menzil Testi kullanılarak yapılan çalışmalar, görsel çalışma belleği performansında düşüşe işaret etmektedir (Braga-Neto ve ark. 2012; Lopes ve ark.

2013). Öte yandan, görsel menzil kapasitesinin korunduğu çalışmalar da mevcuttur (Ulasoglu-Yildiz ve Gurvit 2020). Ancak aynı kognitif alanı değerlendiren farklı ölçümler alanın farklı yönlerine duyarlı olabilir. Bu nedenle minimal düzeydeki bozulmalar bir ölçümde saptanmazken başka bir ölçümle ortaya çıkabilir. Nitekim Ulasoglu-Yildiz ve Gurvit (2020)'in çalışmasında SCA hastalarının görsel menzil kapasiteleri sağlıklı kontrollerden farklılaşmazken Rey-Osterrieth Karmaşık Figür Testi'nin görsel çalışma belleğiyle ilişkili anlık hatırlama koşulunda performans düşüşü saptanmıştır. SCA6 hastalarının incelendiği başka bir çalışmada ise ilgili test bileşeninde sağlıklı kontrollere kıyasla anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (Pereira ve ark. 2017). Benzer şekilde Rentiya ve arkadaşlarının (2018) çalışmasında SCA6 grubunun kontrol grubuna benzer performans sergilediği; buna karşılık idyopatik geç başlangıçlı serebellar ataksi grubunda anlamlı düzeyde bozulma olduğu gösterilmiştir. Bu farklılık, idyopatik olguların SCA6 grubuna kıyasla daha yaygın ve heterojen nöropatolojik süreçler içermesiyle ilişkili olabilir. SCA1 ve SCA2 hastalarının karşılaştırıldığı bir çalışmada ise her iki grup da normatif aralıkta olmakla birlikte, SCA2 hastalarının patolojik kesme sınırına daha yakın puan aldığı rapor edilmiştir (Colucci ve ark. 2024).

Mental Esneklik ve Set Değiştirme

Set değiştirme becerisini değerlendirmek için klinikte sıklıkla kullanılan İz Sürme Testi, hızlı ve pratik bir nöropsikolojik ölçüm aracıdır. Testin iki formu bulunur: Psikomotor hızı ve görsel tarama becerisini ölçen A formu ve bunlara ilaveten set değiştirme becerisini ölçen B formu. Birtakım çalışmalar SCA hastalarının B formunda belirgin düzeyde performans düşüklüğü gösterdiğini, ancak bu sorunun set değiştirme becerisinden değil, psikomotor hızdaki yavaşlamadan kaynaklandığını göstermiştir (Braga-Neto ve ark. 2012; Feng ve ark. 2014). Hasta grubunda bu teste ilişkin performansın normal sınırlar içerisinde olduğununu bildiren çalışmalar da mevcuttur (Pereira ve ark. 2017; Tamura ve ark. 2018).

Wisconsin Kart Eşleme Testi (WCST) set değiştirme ve mental esneklik dahil olmak üzere çeşitli yürütücü işlevleri değerlendiren güvenilir bir nöropsikolojik değerlendirme aracıdır. Bazı çalışmalarda SCA hastaları ile sağlıklı kontroller arasında ilgili işlevlerde anlamlı bir fark saptanamamıştır (Fancellu ve ark. 2013; Wedding ve

ark. 2013; Martínez-Regueiro ve ark. 2020). Diğer taraftan literatürde SCA hastalarının WCST'nin bazı alt puanlarında düşüşlere ilişkin bulguları bildiren çalışmalar da mevcuttur. Örneğin, bazı araştırmacılar hasta grubunun sağlıklı kontrollere kıyasla daha fazla perseveratif hata yaptığını bildirmiştir (Gigante ve ark. 2020; Shin ve ark. 2024). Gigante ve arkadaşları (2020) tarafından yürütülen bir çalışmada SCA2 hastalarının WCST'de perseveratif hata sayılarının anlamlı düzeyde arttığı ve tamamlanan kategori sayısının norm değerinin altında kaldığı bulunmuştur. Bu sonuç serebellumun mental esneklik ve set değiştirme becerilerine katkıda bulunduğunu ve hasarında bu becerilerin etkilendiğini göstermektedir. Destekler şekilde Shin ve arkadaşları (2024) SCA hastalarında perseveratif hataların serebellumun sol crus II ve lobül VIIb bölgelerinin frontal ve parietal kortekslerle olan fonksiyonel bağlantılarındaki değişimlerle ilişkili olduğunu göstermiştir.

İnhibisyon

İnhibisyon becerisini değerlendirmek için en sık başvurulan nöropsikolojik test olan Stroop Test'te SCA hastalarında her ne kadar ileri düzeyde patolojik bozulmalar saptanmamış olsa da çalışmalar ılımlı düzeyde etkilenime işaret etmektedir (Wedding ve ark. 2013; Feng ve ark. 2014; Ulasoglu-Yildiz ve Gurvit 2020; Pereira ve ark. 2017, Bolzan ve ark. 2024; Colucci ve ark. 2024). Örneğin, SCA 3 hastalarının Stroop Test performansında enterferans sürelerinin sağlıklı kontrollerle benzer olmasına karşın hata sayısının anlamlı düzeyde yüksek olduğu bildirilmiştir (Bolzan ve ark. 2024). SCA2 ile ilişkili geni taşıyan bireylerde ise hastalık klinik olarak ortaya çıkmadan önce dahi Stroop Test performansında düşüşler gözlenmiştir (Velázquez-Pérez ve ark. 2014). Bu bulgu, inhibisyon süreçlerindeki bozulmanın prodromal dönemde dahi ortaya çıkabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte Stroop testten elde edilen enterferans ölçümü yorumlanırken motor bileşenlerin olası etkisi göz önünde bulundurulmalıdır. Nitekim Martínez-Regueiro ve arkadaşlarının (2020) çalışmasında hem kelime okuma hem renk söyleme performanslarının normun altında olduğu ve bu düşüşlerin ataksi şiddetiyle ilişkili olduğu gösterilmiştir. Buna karşın enterferans skorunun norm düzeyinde kalmış olması, inhibisyon becerisinin korunmuş olabileceği şeklinde yorumlanabileceği gibi, motor konuşma yavaşlamasının görev bileşenlerini eşit

olmayan biçimde etkilemesi sonucu enterferansın olduğundan küçük görünmesiyle ilişkili olabilir.

Go/No Go, inhibisyon süreçlerini değerlendirmek için kullanılan bir görevdir. Literatürde basit motor tepki gerektiren manuel bir görev olarak uygulandığı gibi daha karmaşık ve bilgisayar temelli bir görev olarak da kullanıldığı görülmektedir. Örneğin, Tamura ve arkadaşları (2018) parmak vurma formatında uyguladıkları Go/No Go görevinde SCA3 hastalarının normal düzeyde performans gösterdiğini bildirmiştir. Buna karşılık TAP Bataryasının içinde yer alan bilgisayar versiyonunun kullanıldığı çalışmalarda SCA hastalarında inhibitör kontrol sorununa rastlanmıştır (Lupo ve ark. 2018; Schmitz-Hübsch ve ark. 2021). Ayrıca Lupo ve arkadaşları (2018), bu görevdeki başarı düzeyinin korunan vermal lobül VI hacmi ile korele olduğunu rapor etmiştir.

2.3. Öğrenme ve Bellek

Öğrenme ve bellek süreçleri, birbiriyle etkileşim halinde çalışarak yeni bilgilerin kazanılmasını ve bireyin sinir sistemi üzerinde kalıcı etkiler bırakabilmesini mümkün kılar. Öğrenme sonucunda ortaya çıkan davranışsal veya kognitif değişimlerin süreklilik kazanması bellek sistemleri tarafından desteklenmesine bağlıdır (Kandel ve ark. 2014).

Bellek süreçlerinin sınıflandırılması öğrenilen bilginin özelliklerine ve edinilişine ilişkin ayrımlarla ilişkilidir. En temel sınıflandırma ölçütlerinden biri bilginin kapasitesi ve korunma süresidir. Bu ölçüte göre bellek, kısa süreli ve uzun süreli bellek olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Gazzaniga ve ark. 2019).

Kısa süreli bellek, öğrenme sırasında edinilen bilginin sınırlı bir süre boyunca etkin tutulmasıyla ilişkilidir. Klasik davranışsal çalışmalar kısa süreli belleğin kapasite ve süre bakımından sınırlı olduğunu göstermiştir (Miller 1956). Kısa süreli bellek ile çalışma belleği kavramları sıklıkla birbirinin yerine kullanılsa da, çalışma belleğinin kuramsal çerçevesi literatürde farklı biçimlerde ele alınmaktadır. Erken dönem yaklaşımlarda çalışma belleği kısa süreli belleğe yakın bir yapı olarak değerlendirilirken (Atkinson ve Shiffrin 1968), daha sonraki modellerde kısa süreli belleğin işlevsel bir uzantısı (Baddeley ve Hitch 1974) ya da bir yürütücü işlev bileşeni olarak (Cowan 1988; Diamond 2013) kavramsallaştırılmıştır. Bu farklı yaklaşımların uzlaştığı nokta, çalışma belleğinin sınırlı ögeler üzerinde manipülasyon yapılmasını sağlayan bir sistem olduğudur. Örneğin, bir problemi çözmeye çalışırken sayıları zihinde tutup üzerinde işlemler yapabilmek çalışma belleği sayesinde mümkündür.

Öğrenmenin davranışa yerleşmesi ve dakikalardan yıllara uzanan zaman zarfında saklanabilmesi uzun süreli bellek aracılığıyla gerçekleşmektedir. *Uzun süreli bellek* içerisinde yapılan klasik açık (dekleratif) ve örtük (dekleratif olmayan) bellek ayrımı, öğrenilen bilginin sözel veya simgesel raporlanabilirliği temelinde yapılan, ağırlıklı olarak işlevsel bir sınıflamadır (Squire ve Dede 2015).

Açık bellek, bireyin neyi öğrendiğinin farkında olduğu, öğrendiğini ifade edebildiği ve istemli olarak geri çağırabildiği öğrenme biçimleri sonucunda oluşmaktadır. Bu tip öğrenme biçimleri genellikle kasıtlıdır; birey öğrenme hedefinin farkındadır ve öğrenme süreci genellikle açık geri bildirimle desteklenmiştir. Açık bellek, öğrenilmiş bilginin içeriğine göre epizodik ve semantik olmak üzere iki alt alana ayrılır. *Epizodik bellek*, bireyin öznel deneyimlerini ve bunların bağlamına ilişkin bilgileri kapsarken, *semantik bellek* bağlamdan görece bağımsız olan genel geçer bilgi yapılarını içerir (Tulving 2002).

Uzun süreli belleğe aktarılmış bilgiler sinaptik düzeyde yeniden yapılandırmayla ilişkilendirilir. Bu süreçte hippokampus ve ilişkili medial temporal lob yapıların yeni bilginin bağlamsal ve ilişkisel biçimde kodlanmasında kritik rol oynamaktadır. Bu bölgelerde hasarı bulunan vakalarda yeni açık bilgilerin ediniminde belirgin bozulmalar raporlanmıştır. Buna karşın, beceri öğreniminin ve çeşitli performans temelli kazanımların korunmuş olması, açık ve örtük bellek arasında işlevsel bir ayrım yapılmasına olanak tanımıştır (Scoville ve Milner 1957; Squire 2004).

2.3.1. Örtük Öğrenme ve Örtük Bellek

Örtük bellek, sıklıkla tekrarlı maruziyete veya deneyime dayalı olarak tesadüfen gerçekleşen öğrenmelerle şekillenen ve anlatıya dökülemeyen bellek türüdür (Squire ve Dede 2015; Kaufman ve ark. 2010). Bu bellek türünde, açık bellekte olduğu gibi niyetli süreçlerin aksine, farkındalık dışı ve yavaş gelişen adaptif değişimler söz konusudur. Bu değişimlerin hem kazanımı hem de farkına varılması ve sözel yollarla ifade edilmesi oldukça zordur. Bu nedenle örtük öğrenmenin varlığı genellikle performansta, yanıt sürelerinde ve/veya hata oranlarındaki sistematik değişimler üzerinden değerlendirilmektedir (Reber 2013).

Örtük öğrenme, kendi içerisinde dört temel alt alana ayrılmaktadır: Non-asosiyatif öğrenme, asosiyatif öğrenme, prosedürel öğrenme ve algısal hazırlama (Tablo 2-1).

Non-asosiyatif öğrenme, herhangi bir ilişkisel bağ kurulmadan yanıtların deneyime bağlı düzenlenmesine dayanan temel öğrenmelerdir. Alışma veya duyarlılaşma şeklinde gerçekleşebilir. Alışma, tekrarlayan uyaranlarla ilgili yanıt genliğinin azalmasıyla karakterize edilirken duyarlılaşma yinelenen ve yoğun uyaranlara maruziyetin devamında yanıtın güçlenmesiyle ortaya çıkmaktadır. Bu tip öğrenme biçiminde refleks yolakları önemlidir (Kandel ve LeDoux 2021 pp. 1312-1313).

Tablo 2-1: Örtük bellek biçimleri

Örtük bellek türü		***Nöral temeli***	***Örnek***
Non-asosiyatif	Alışma	Refleks yolakları	Mutfaktaki aspiratör sesinin bir süre sonra rahatsız etmemesi.
	Duyarlılaşma		Şiddetli bir gürültüden sonra küçük seslerde bile irkilmek.
Asosiyatif	Emosyonel	Amigdala	Korku koşullaması.
	Motor	Serebellum	Göz kırpma koşullaması.
Algısal hazırlama		Neokorteks	Önceden gösterilen kelimelerin daha hızlı tanınması.
Prosedürel		Striatum	Ayakkabı bağcığı bağlamak.

Asosiyatif öğrenme, uyaranlar arası veya uyaranlar ile ortaya çıkan davranışsal, emosyonel veya fizyolojik tepkiler arasındaki düzenli ilişkileri içeren koşullanmalardır. Emosyonel atıf içeren biçimlerinde amigdala temelli ağların (LaBar ve ark. 1998; Cheng ve ark. 2003), çıktının motor ağırlıklı olduğu süreçlerde serebellumun (Cheng ve ark. 2014) merkezi bir rol oynadığı bilinmektedir.

Algısal hazırlama, örtük belleğin kortikal temelli bileşenlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Bu bellek biçiminde daha önce karşılaşılmış olan bir uyaranın sonraki karşılaşmalarda daha az kognitif kaynak kullanılarak işlendiği görülmektedir.

Örneğin, belirli bir markanın logosuna defalarca bilinçsiz olarak maruz kalan bir birey, bir alışveriş ortamında bu logoyu diğerlerine kıyasla daha hızlı bir şekilde ayırt edebilir.

Prosedürel bellek, örtük belleğin günlük yaşamla en doğrudan ilişkili bileşenlerinden biridir. Bu bellek türü, bir beceriye ilişkin ardışık işlem adımlarını depolayarak becerinin otomatik bir şekilde yürütülmesine hizmet etmektedir. Kravat bağlama veya örgü örme gibi günlük yaşamda sık karşılaşılan beceriler, prosedürel belleğin işleyişine dair iyi birer örnektir. Bu becerilerin adımlarını ifade etmek oldukça zorlayıcıdır. Buna karşın herhangi bir kasıtlı hatırlama, planlama veya karar verme sürecine girilmeden beceri akıcı bir şekilde icra edilebilir. Bu beceriler yoğun antrenman ile öğrenilmiş ve zamanla otomatikleşerek en düşük kognitif yükle yürütülebilir hale gelmiştir. Prosedürel öğrenme süreci tekrarlayan uygulamalara dayanmakta olup görece yavaş gelişmektedir. Ancak süreç sonunda kazanılan beceriler kaybolmaya ve performans bozulmasına karşı oldukça dirençlidir. Örneğin, uzun yıllar sonra yeniden bisiklete binildiğinde saniyeler ya da dakikalar içerisinde önceki performans düzeyine hızla dönülebilir.

Prosedürel öğrenme motor düzlemde gerçekleşebileceği gibi aynı zamanda algısal ve bilişsel olarak da gerçekleşebilir (Rose ve ark. 2011; Gheysen ve ark. 2011). Kategorileri, istatistiksel düzenlilikleri ve örüntü basamaklarını öğrenme gibi süreçler de prosedürel öğrenmenin çıktılarıdır. Örneğin, giyinme sırasındaki basamakları doğru sırayla otomatik bir biçimde gerçekleştirmek, cep telefonun menüleri arasında gezinirken hangi adımın hangi adımdan sonra geleceğini düşünmeden doğru butonlara yönelmek bu tip bir öğrenmenin işleyişini yansıtmaktadır.

Nörobiyolojik düzeyde başlıca bazal gangliyonlar olmak üzere motor korteks ve serebellumla ilişkilendirilmiştir (Janacsek ve ark. 2020; Arioli ve ark. 2025). Parkinson hastalığında dopaminerjik kaybın ilişkili kortiko-striatal devreleri etkilemesi sonucunda prosedürel öğrenmenin belirgin biçimde bozulduğuna dair tutarlı bir literatür bulunmaktadır (Siegert ve ark. 2006; Muslimović ve ark. 2007; Clark ve ark. 2014). Huntington hastalığında ise bazal gangliyon dejenerasyonuna bağlı olarak hem motor hem bilişsel düzlemde prosedürel öğrenme süreçlerinde bozulma gözlenmektedir (Knopman ve Nissen 1991, Ghilardi ve ark. 2008). Öte yandan Alzheimer hastalığında prosedürel becerilerin görece korunması, bu tip belleğin açık süreçlerden bağımsız yapısını desteklemektedir (De Wit ve ark. 2021).

2.3.1.1. Örtük Sekans Öğrenme

Örtük sekans öğrenme, sıklıkla prosedürel bellek kapsamında ele alınan ve ardışık uyaranlar arasındaki düzenliliklerin bilinçdışı düzeyde edinilmesine dayanan bir öğrenme biçimidir. Bu süreçte belirli bir örüntüye göre yapılandırılmış uyaran dizileri tekrarlı sunumlar yoluyla farkındalık gerektirmeksizin öğrenilmektedir (Nissen ve Bullemer 1987; Janacsek ve ark. 2020).

Örtük sekans öğrenme, laboratuvar ortamında en yaygın biçimde Seri Tepki Süresi (Serial Reaction Time, SRT) görevi aracılığıyla değerlendirilmektedir (Nissen ve Bullemer 1987). Bu paradigmanın klasik formunda katılımcılara ekranda ardışık olarak beliren görsel uyaranlara karşılık gelen klavye tuşlarıyla yanıt vermeleri istenir. Bu testin başlıca özelliği katılımcı farkında olmaksızın uyaranların sunum sıralarının belirli bir sekans içermesidir. Başka bir ifadeyle, rastlantısal olarak görünen uyaran dizileri arkaplanda tekrarlayan bir örüntüyü izlemektedir. Katılımcılar bu sekansın farkında olmaksızın görev performanslarını sürdürürken, ardışık uyaranların sıralamasını zaman içinde örtük olarak öğrenmektedir (Robertson 2007).

SRT görevinde öğrenme çoğunlukla yanıt sürelerinde zamana yayılan bir azalma ile karakterize edilmekte ve belirgin bir öğrenme eğrisiyle kendini göstermektedir. Ek olarak, uyaranların randomize sunulduğu bloklarda gözlenen performans düşüşü, sekans bilgisinin edinildiğine işaret eden diğer bir davranışsal göstergedir (Robertson 2007). Görevin görece kolay olması hata oranlarının genellikle düşük düzeyde seyretmesine yol açmakta; bu durum da hata ölçütünün öğrenme sürecine ilişkin bilgi sağlamasını çoğu durumda sınırlamaktadır (Schorn ve Knowlton 2022 p.156).

Erken dönem çalışmalarda örtük sekans öğrenme büyük ölçüde motor bir süreç olarak ele alınmış ve performanstaki iyileşmenin temel olarak motor tepkilerin otomatikleşmesine dayandığı varsayılmıştır. Ancak ilerleyen yıllarda yapılan çalışmalar örtük sekans öğrenmenin yalnızca motor bileşenlerle açıklanamayacağını, aynı zamanda algısal süreçlerin de katkısı bulunduğu ortaya koymuştur (Robertson ve ark. 2001). Zira SRT paradigmalarında sekans yapısı yalnızca motor yanıtların ve ilişkili parmak hareketlerinin sıralanmasını değil; aynı zamanda uyaranların uzamsal konumları ile bu uyaranlara verilen yanıtlar arasındaki ilişkilerin tutarlı biçimde eşleştirilmesini gerektirmektedir. Bu noktada klasik SRT görevini salt motor öğrenme yerine, algısal bileşenine atıf yaparak, vizyomotor öğrenme olarak nitelendirmenin gerekliliği öne sürülmüştür (Robertson 2007; Pedraza ve ark. 2023).

SRT görevinde sekans öğrenmenin hangi bileşenler üzerinden gerçekleştiğini daha net biçimde ortaya koymak amacıyla motor ve algısal süreçlerin katkıları sistematik olarak ayrıştırılmıştır. Bu araştırmalarda öğrenmenin hem algısal düzenliliklerden bağımsız olarak motor çıktı düzeyinde (motor sekans öğrenme) hem de motor örüntü içermeksizin zamansal ve/veya uzamsal düzenliliklerin edinilmesi (algısal sekans öğrenme) yoluyla gerçekleşebileceği gösterilmiştir (Rose ve ark. 2011; Gheysen ve ark. 2011).

Algısal sekans öğrenme farklı duyusal ve özellik temelli boyutlarda ortaya çıkabilmektedir. Bu öğrenme biçimi uyaranların renk ve şekli gibi görsel özellikleri ile uzamsal konumları üzerinden görsel modalitede gerçekleşebileceği gibi, işitsel uyaran dizileri üzerinden de gerçekleşebilmektedir. Bu çalışma kapsamında ise ağırlıklı olarak görsel algısal sekans öğrenme ele alınacaktır.

Örtük öğrenmenin davranışsal göstergeleri incelendiğinde algısal sekans öğrenmenin motor sekans öğrenmeye kıyasla daha geç ve zayıf biçimde ortaya çıktığı görülmektedir (Rose ve ark. 2011; Gheysen ve ark. 2011).

Sekans öğrenmeyle ilişkili nörogörüntüleme bulgularını ele alan meta analizler kısmen farklılaşan sonuçlar ortaya koymaktadır. Janacsek ve arkadaşları (2020) tarafından gerçekleştirilen meta-analiz çalışmasında vizyomotor sekansa özgün öğrenmenin büyük ölçüde bazal gangliyonlarla sınırlı olduğu ileri sürülmüştür. Bununla birlikte daha güncel bir meta analiz, bu sonucun yöntemsel sınırlılıklar içerdiğini göstermektedir. Arioli ve arkadaşları (2025) tarafından yürütülen bu çalışmada, önceki meta-analizlerden farklı olarak yalnızca vizyomotor görevlerle sınırlı kalmayıp motor, vizyomotor, kognitif (saf algısal) ve sosyal sekans öğrenme alanlarını kapsayan bir yaklaşım benimsenmiş ve serebellumun yeterince örneklenmemesi sorununu gidermek amacıyla daha geniş görüntüleme kapsamı olan çalışmalar analize dahil edilmiştir. Elde edilen sonuçlar sekans öğrenmenin bazal gangliyonlarla sınırlı olmadığını; serebellum ve frontoparietal kortikal bölgeleri de dahil olduğu bütünleşik bir ağ tarafından desteklendiğini göstermiştir. Ayrıca algısal sekans öğrenme baskın olarak posterior serebellumla, motor sekans öğrenme ise motor korteksle ilişkili bulunmuş; böylece iki örtük öğrenme biçiminin aynı ağ içerisinde ayrıştığı ortaya konmuştur (Arioli ve ark. 2025).

2.3.1.2. Örtük Öğrenme ve SCA

Serebellumun motor kontrolde hata düzeltme işlevi göz önünde bulundurulduğunda, serebellar dejenerasyonlarla seyreden klinik tablolarda örtük öğrenme süreçlerine ilişkin baskın beklenti, motor öğrenmenin seçici biçimde bozulacağı yönünde olmuştur. Nitekim, çalışmalar bu beklentiyi büyük ölçüde doğrulamıştır. SCA hastalarında motor asosiyatif öğrenmenin etkilendiği (Timmann ve ark. 2004), hata temelli motor adaptasyonun zayıfladığı (Schlerf ve ark. 2013; Vaca-Palomares ve ark. 2013; Tsay ve ark. 2023) ve vizyomotor sekans öğrenmenin (Tzvi ve ark. 2017; Morgan ve ark. 2021; Elyoseph ve ark. 2020) bozulduğu gösterilmiştir. Bununla birlikte, yeni bir çalışmadan elde edilen bulgular serebellumun motor öğrenme süreçlerinde farklı roller üstlendiğine işaret etmektedir. Hadjiosif ve arkadaşları (2024) bu hastalarda sensörimotor öğrenme görevinde hızlıca sönümlenen kısa süreli öğrenmenin büyük ölçüde korunduğunu, ancak uzun süreli ve kalıcı öğrenmenin belirgin biçimde bozulduğunu bildirmiştir. Bu ayrışma serebellumun öğrenilmiş sensörimotor bilginin kalıcı hale gelmesinde rol oynayabileceğini düşündürmektedir.

SCA hastalarında motor dışı örtük öğrenme süreçlerinin de serebellar dejenerasyondan olumsuz etkilendiği raporlanmıştır. Bu kapsamda motor olmayan asosiyatif öğrenmede performans düşüşleri (Gerwig ve ark. 2010; Drepper ve ark. 1999; Timmann ve ark. 2002) ve görsel bağlamsal düzenliliklerden yararlanma kapasitesinde azalma (Ulasoglu-Yildiz ve Gurvit 2020) dikkat çekicidir. Bu bulgular, serebellar katkının yalnızca motor çıktıya indirgenemeyeceğini, algısal örüntünün çıkarımı ve öngörücü entegrasyonu gibi motor dışı süreçlerin de serebellar dejenerasyondan etkilenebileceğini ortaya koymaktadır.

Öte yandan, örtük öğrenme tekil bir yapı değildir. Dolayısıyla serebellar dejenerasyonlarda örtük öğrenme biçimlerinin eşit düzeyde etkilenmediği de görülmektedir. Örneğin, Elyoseph ve arkadaşları (2020) SCA3 hastalarının olasılıksal sınıflama temelli öğrenme görevi performanslarının vizyomotor sekans öğrenmeye kıyasla korunmuş olduğunu bildirmiştir. Benzer biçimde bazı çalışmalarda SCA hastalarında açık stratejilere dayalı ya da alternatif kortikal mekanizmalar tarafından desteklenen öğrenme süreçlerinin görece korunabildiği, buna karşın otomatik, örtük ve öngörüye dayalı süreçlerin daha kırılgan olduğu öne sürülmektedir (Wong ve ark. 2019; Morgan ve ark. 2021).

2.3.1.3. Örtük Öğrenme ve Yürütücü İşlevler

Örtük öğrenme ve yürütücü işlevler, tanımları gereği birbirinden bağımsız işleyen süreçler gibi görünmektedir. Düşük kontrolle ve bilinçli farkındalığa ulaşmadan gerçekleşen bir süreç olması, örtük öğrenmeyi yüksek kontrollü ve bilinçli süreçler bütünü olan yürütücü işlevlerden ayırmaktadır.

Yürütücü işlevlerin diğer kognitif işlevlerin etkinliğini etkileyebileceğine dair süregiden bir anlayış mevcuttur. Bu etkinin en belirgin ortaya çıktığı öğrenme süreçlerinde verimliliğin ve sürekliliğin yürütücü işlevler tarafından düzenlediği düşünülmektedir. Ancak bu bulgular büyük ölçüde açık öğrenme paradigmalarına dayanmaktadır. Klinik nöropsikolojik değerlendirmelerde de bu anlayışı destekleyen bulgular mevcuttur: Bellek testlerinde primer kayıt sorunu olmaksızın gözlenen öğrenme güçlüklerinin sıklıkla azalmış karmaşık dikkat kapasitesi, yetersiz strateji kullanımı ve inhibitör kontrol sorunlarına sekonder olduğu bildirilmektedir (Lezak ve ark. 2012). Buna karşın, örtük öğrenme bağlamında tablo farklılaşmaktadır. Birçok çalışmada yürütücü işlev testlerinden alınan puanlar ile örtük öğrenme göstergeleri arasında negatif yönde korelasyon olduğu gösterilmiştir (Virag ve ark. 2015; Park ve ark. 2020; Pedraza ve ark. 2024; Petok ve ark. 2024; Berta ve ark. 2026). Başka bir ifadeyle, yürütücü kontrol düzeyi arttıkça örtük öğrenme performansı azalıyor gibi görünmektedir. Bu sonuçlar, öğrenmenin birden fazla sistem arasında sınırlı kognitif kaynakların paylaşımına dayandığını öne süren rekabetçi yaklaşımlarla uyumludur. Bu yaklaşımlara göre, açık/dekleratif ve örtük/prosedürel öğrenme sistemleri, dikkat ve çalışma belleği gibi kapasitesi sınırlı kaynaklar için rekabet içerisindedir (Poldrack ve ark. 2001; Poldrack ve Packard 2003; Freedberg ve ark. 2020). Bu iki sistemden hangisinin baskın hale geleceğini yönlendirdiği öne sürülen birçok faktör ve mekanizma bulunmaktadır: öğrenme görevi ve ortamıyla ilişkili dışsal faktörler ile nörotransmitterler, hippokampus ve prefrontal korteksle ilişkili yürütücü işlevler de dahil olmak üzere içsel faktörler (McDonald ve Hong 2013).

Yürütücü işlevlerin iki öğrenme sistemi arasında düzenleyici bir rol üstlediği ileri sürülmektedir (Poldrack ve Rodriguez 2004). Yürütücü kontrolün yoğun olarak kullanıldığı durumlarda bireylerin dikkatlerini bilinçli strateji kullanımı ve kural çıkarımı gibi süreçlere yönlendirme eğilimi artmakta, bu da mevcut rekabette dekleratif sistemin galip gelme olasılığını arttırmaktadır. Böylece dekleratif sistem baskın hale gelirken prosedürel sistemin ihtiyaç duyduğu kaynaklara erişimi sınırlanmaktadır. Bu

çerçevede yürütücü işlevler ile örtük öğrenme arasında gözlenen negatif ilişki, kimi araştırmacılar tarafından üst düzey bilinçli ve kontrol odaklı süreçlerin daha otomatik öğrenme sistemlerini baskıladığı şeklinde yorumlanmaktadır (Vaquero ve ark. 2020).

Yürütücü işlevler ve örtük öğrenme arasındaki ilişkinin literatürde çoğunlukla yürütücü sistemin örtük süreçler üzerinde baskılayıcı bir denetim kurduğu biçiminde tek yönlü olarak ele alındığı görülmektedir. Diğer taraftan, bu ilişkinin karşılıklı etkileşim içerebileceği de göz ardı edilmemelidir. Özellikle prosedürel öğrenme kapsamında ardışık düzenlilikler uyarana ilişkin beklenti geliştirilmesini sağlayarak uygun tepki seçimini kolaylaştırabilir. Böylece örtük öğrenme özellikle üst düzey yürütücü işlevlerin kullanılması gereken görevlerde yürütücü sistemin yükünü azaltabilir (Deroost ve ark. 2012; Koziol ve ark. 2012; Egner 2014; Tyson ve ark. 2014; Zhao ve ark. 2014; Peterburs ve ark. 2019; Takacs ve Beste 2023).

Deroost ve arkadaşları (2012) tarafından yürütülen deneysel çalışmalarda örtük algısal sekansların Stroop çatışmasını destekleyip desteklenmediği incelenmiştir. Bu deneyler sonucunda sekans öğrenmenin doğrudan Stroop çatışmasını azaltmadığı, ancak yüksek çatışma içeren koşullarda yürütücü sistemin örtük düzenliliklerden daha fazla yararlandığı bulunmuştur (Deroost ve ark. 2012). Bu sonuç, örtük olarak öğrenilen ardışık düzenliliklerin yürütücü kontrol taleplerinin arttığı durumlarda performansı destekleyebildiğini düşündürmektedir. Takacs ve Beste (2023) örtük öğrenmenin özellikle Stroop çatışmasının yüksek olduğu koşullarda inhibisyon performansını artırdığını göstermiştir. Jiménez ve arkadaşları (2020) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise, katılımcıların ardışık denemeler arasındaki uyaran-tepki ilişkilerini öğrenebilirken bu öğrenmenin Stroop görevinde yaklaşan çatışma düzeyine ilişkin bir öngörü oluşturmadığı gösterilmiştir. Başka bir deyişle, sonuçlar örtük öğrenme çatışma adaptasyonu gibi süreçleri doğrudan etkilemekte sınırlı kaldığına ve Deroost ve arkadaşlarının (2012) gösterdiği gibi daha çok ikincil destekleyici bir rol oynadığına işaret etmektedir.

Bu kuramsal çerçevede, örtük öğrenme yoluyla edinilen düzenliliklerin karmaşık ve çatışma içeren görevlerde sürekli ve yoğun yürütücü kontrol gereksinimini azaltabilecek bir potansiyel taşıdığı ileri sürülebilir. Özellikle Stroop paradigmasında renk bileşeninin belirli bir sekans içermesi, uygun tepkiye ilişkin beklenti oluşmasını sağlayarak çeldiricinin bastırılmasını fasilite edebilir. Serebellumun arka plandaki

sekansları tanıyarak ileriye dönük öngörücü modeller oluşturduğu düşünüldüğünde, serebellum tam da bu noktada kritik bir önem kazanmaktadır. Dolayısıyla motor sisteme ek olarak kognitif süreçlerin verimliliğini de artırabilen bir düzenleyici mekanizma olarak konumlanmaktadır (Ito 2008; Koziol ve ark. 2012; D'Mello ve ark. 2020; Clark ve ark. 2021). Bu perspektiften bakıldığında örtük olarak edinilmiş algısal sekansların yürütücü kontrol gerektiren bir göreve entegre edilmesi, serebellar öngörü sisteminin kognitif düzeydeki işlevsel katkısının incelenmesine olanak sağlayan bir deneysel manipülasyon olarak değerlendirilebilir. Serebellumun izole nörodejenerasyonuyla seyreden SCA olguları ise bu varsayımın sınanması açısından özgün bir model oluşturmaktadır. Bu doğrultuda mevcut çalışmada örtük olarak sunulan algısal sekansların Stroop görevindeki performans üzerindeki etkisinin SCA hastaları ve sağlıklı kontroller arasında karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Katılımcılar

Çalışmaya serebellumun ilerleyici diffüz atrofisi nedeniyle ile takip edilen 16 hasta dahil edilmiştir. Hasta grubu ile yaş, cinsiyet ve eğitim durumu açısından benzer olan 27 sağlıklı katılımcı ise kontrol grubunu oluşturmuştur (Tablo 4-1).

3.1.1. Araştırmaya Dahil Etme ve Araştırmadan Dışlama Kriterleri

Hasta grubu için çalışmaya dahil etme kriterleri:

- İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Nöroloji Anabilim Dalı, Davranış Nörolojisi ve Hareket Bozuklukları Birimi tarafından serebellumun izole ilerleyici nörodejenerasyonu ile takip ediliyor olmak.
- 18-65 yaş aralığında bulunmak.
- En az ilkokul mezunu olmak.
- Baskın olarak sağ elini kullanıyor olmak.
- Çalışmaya gönüllü olarak katılmayı kabul etmek.

Sağlıklı kontrol grubu için çalışmaya dahil etme kriterleri:

- Hasta grubu ile yaş, cinsiyet ve eğitim düzeyi açısından benzer düzeyde olmak.
- Baskın olarak sağ elini kullanıyor olmak.
- Çalışmaya gönüllü olarak katılmayı kabul etmek.

Hasta ve kontrol grubu için çalışmadan dışlama kriterleri:

- Psikiyatrik veya nörolojik bir tanı almış olmak (Hasta grubu için serebellumun dejenerasyonu haricinde herhangi bir nörolojik hastalık tanısı bulunmamalıdır).
- Çalışmaya katılımı engelleyebilecek düzeyde görme veya işitme yetersizliğine sahip olmak.
- Beck Depresyon Ölçeği'nden 17 ve üzeri puan almak.
- İlkokul seviyesinden daha düşük eğitime sahip olmak.
- Renk körü olmak.
- Araştırmaya katılmayı reddetmek.

3.2. Veri Toplama

Bu araştırma, İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Klinik Araştırmaları Etik Kurulu tarafından 15/11/2024 tarihli 22 sayılı toplantıda görüşülmüş ve etik ilkeler açısından uygun bulunarak onaylanmıştır (Dosya no: 2024/2131). Çalışmaya dahil edilmesi planlanan tüm katılımcılara araştırmanın amacı, ölçüm yöntemleri, olası riskleri ve beklentilerini içeren kapsamlı bir bilgilendirme yapılmıştır. Bu bilgilendirme sürecinin ardından gönüllülük esasına dayalı katılımı kabul eden bireylerden yazılı aydınlatılmış onam alınmıştır. Veri toplama süreci, 11/11/2025 – 23/04/2026 tarihleri arasında İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Nöroloji Anabilim Dalı'na bağlı Davranış Nörolojisi ve Hareket Bozuklukları Birimi'nde yürütülmüştür.

3.3. Araştırmada Kullanılan Materyaller

Deneysel görev dışında katılımcıların dikkat ve yürütücü işlev performanslarını değerlendirmek amacıyla hedefe yönelik bir nöropsikolojik değerlendirme bataryası oluşturulmuştur. Bu kapsamda Sayı Menzili ve Görsel Menzil Testleri, Sembol Sayı Modaliteleri Testi, Wisconsin Kart Eşleme Testi ve Stroop Test uygulanmıştır. Klinik değerlendirme kapsamında katılımcıların duygudurum düzeyleri Beck Depresyon Ölçeği kullanılarak belirlenmiştir. Ayrıca SCA grubunda hastalığa özgü ataksi şiddetinin nicel olarak belirlenmesi amacıyla Uluslararası Kooperatif Ataksi Derecelendirme Ölçeği kullanılmıştır (Tablo 3-1).

Tablo 3-1: Çalışmada kullanılan ölçüm araçları

Nöropsikolojik Testler		
Dikkat ve çalışma belleği	İşitsel	Sayı Menzili Testi
	Görsel	Görsel Menzil Testi
Bilgi işleme hızı		Sembol Sayı Modaliteleri Testi
Yürütücü işlevler	Mental esneklik ve set değiştirme	Wisconsin Kart Eşleme Testi
	İnhibisyon	Stroop Test
Duygudurum Değerlendirme		Beck Depresyon Ölçeği
Klinik Ölçekler		Uluslararası Kooperatif Ataksi Derecelendirme Ölçeği

3.3.1. Sayı Menzili ve Görsel Menzil Testleri

Sayı Menzili ve Görsel Menzil testleri, işitsel ve görsel modalitede dikkat ve çalışma belleğinin değerlendirilmesinde kullanılan pratik ölçüm araçlarıdır. İlk olarak Wechsler (1945) tarafından geliştirilmiş olup 1987'de revize edilen Wechsler Bellek Ölçeği (WMS-R) içinde yer almıştır (Wechsler 1987 akt. Karakaş 2004). Testler Türk örneklemi için BİLNOT bataryası kapsamında standardize edilmiş ve normatif verileri oluşturulmuştur (Karakaş ve ark. 1996; Karakaş 2004).

Sayı Menzili testi, basit dikkatle ilişkili ileri menzil ve çalışma belleğiyle ilişkili geri menzil olmak üzere iki bileşenden oluşmaktadır. Katılımcıdan kendisine işitsel olarak sunulan sayı dizilerinin aynı sırayla ve tersten tekrar etmesi istenir. Doğru biçimde sözel olarak tekrar edilebilen en uzun dizi sayı menzili kapasitesini göstermektedir. Literatürde ileri sayı menzili için normal performans 6±1 olarak kabul edilmekte; geri sayı menzilinin ise ileri menzilden en fazla iki birim düşük olması beklenmektedir (Lezak ve ark. 2012).

Görsel Menzil Testi, dikkat ve çalışma belleğini görsel modalitede değerlendirmektedir. Katılımcının kendisine sekiz kare içeren kartlar aracılığıyla sunulan dizileri ilk aşamada aynı sırayla, ikinci aşamada ters sırayla taktil olarak tekrarlaması istenir. Doğru sırayla tekrarlanılabilen en uzun dizi, bireyin görsel menzil kapasitesini göstermektedir. Görsel menzil kapasitesinden beklenen sayı menzili kapasitesinden bir ya da iki birim düşük olmasıdır (Mesulam 2000 s. 129).

3.3.2. Sembol Sayı Modaliteleri Testi

Sembol Sayı Modaliteleri Testi (Symbol Digit Modalities Test; SDMT) bilgi işleme hızını ve sürdürülebilir dikkati değerlendirmek için kullanılan bir ölçüm aracıdır (Smith 1973).

Test formunun üst bölümünde her biri 1'den 9'a kadar bir sayıya denk gelen farklı semboller bulunduğu bir referans tablosu yer almaktadır. Katılımcının görevi, aşağıda kendisine karışık olarak verilen sembollerin karşılığı olan rakamları bulmaktır. Uygulama katılımcının görevi anladığına ilişkin on maddeden sonra başlayan doksan saniyelik süre ile sınırlıdır. Bu süre boyunca katılımcıların toplam doğru cevapları hesaplanır. Bu çalışmada test sözel olarak uygulanmıştır.

3.3.3. Wisconsin Kart Eşleme Testi

Wisconsin Kart Eşleme Testi (Wisconsin Card Sorting Test; WCST), ilk olarak Berg tarafından 1948'de geliştirilmiş ve daha sonra Heaton tarafından güncellenerek mevcut halini almıştır (Berg 1948; Heaton 1981, 1993). Testin normatif verileri Karakaş ve arkadaşları (2004) tarafından BİLNOT Bataryası çerçevesinde toplanmıştır.

WCST, nöropsikolojik değerlendirmelerde soyutta düşünme, kuralların öğrenilmesi, şartlar değiştiğinde mental esneklik gösterebilme, set değiştirebilme, dikkatin sürdürülebilmesi ve karar verebilme yeteneklerini ölçen kapsamlı bir değerlendirme aracıdır.

Testin uygulaması dört adet anahtar kart ve bu anahtar kartlara göre eşleme yapılması beklenen altmış dört kart içeren iki adet desteyi gerektirmektedir. Anahtar kartlar ile eşleme kartları renk, şekil ve miktar olmak üzere en az bir kurala göre benzemektedir. Testin yönergesinde eşlemenin hangi kurala göre yapılacağı bilgisi katılımcıya verilmemekte olup katılımcının doğru kuralı keşfetmesi beklenmektedir. Her yanıttan sonra verilen geri bildirim ile katılımcının eşleme kuralı doğruysa devam ettirmesi, değilse stratejisini yeniden düzenlemesine olanak sağlanmaktadır. Renk, şekil, miktar kategorileri ikişer kez tamamlandığında ya da tüm kartlar tükendiğinde test bitirilmektedir.

WCST, toplam tepki sayısı, doğru tepki sayısı, yanlış tepki sayısı, tamamlanan kategori sayısı, perseveratif tepki sayısı, perseveratif hata sayısı, perseveratif olmayan hata sayısı, kavramsal düzey tepki sayısı, kavramsal düzey tepki yüzdesi, kurulum sürdürme başarısızlığı ve öğrenmeyi öğrenme puanı olmak üzere on üç performans ölçütüne dayanmaktadır (Heaton 1981; Karakaş 2004 s. 231). Bu tez çalışması kapsamında manuel olarak uygulanmıştır.

3.3.4. Stroop Test

Stroop Test, rekabet eden kognitif süreçler karşısında seçici dikkat ve yanıt inhibisyonunu değerlendiren köklü bir yürütücü işlev testidir. İlk olarak Stroop (1935) tarafından tanımlanan Stroop paradigmasının zamanla birçok farklı versiyonu geliştirilmiştir. Mevcut çalışmada İstanbul Tıp Fakültesi Nöroloji Anabilim Dalı Nöropsikoloji Laboratuvarı'nda standardize edilen; geçerlik, güvenirlik ve norm

çalışmaları Emek-Savaş ve arkadaşları (2019) tarafından gerçekleştirilen Çapa formu kullanılmıştır.

Uygulama üç aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada katılımcının belirli renklere sahip kutucukların renklerini adlandırması gerekmektedir. İkinci aşamada aynı renklerle yazılmış kelimelerin okunması beklenmektedir. Üçüncü aşamada ise yazılı kelimelerin mürekkep renkleri adlandırılmakta ancak kelimenin semantik içeriği ile mürekkep rengi arasında sistematik bir uyumsuzluk bulunmaktadır. Her üç koşulda da katılımcıların yanıt süreleri ölçülmektedir. En uzun süreli tepki süresinin üçüncü koşulda, en kısa süreli tepki süresinin ikinci koşulda gerçekleşmesi beklenmektedir. Bu durum (Stroop etkisi) rekabet halinde olan otomatik okuma sürecinin, kognitif kontrol gerektiren renk adlandırma sürecine baskın gelmesiyle ortaya çıkmaktadır (Mesulam 2000 s. 130).

Stroop testi üç parametreye sahiptir. Üçüncü aşamadaki tepki süresi ile ikinci aşamadaki tepki süresinin farkı enterferans süresi olarak hesaplanmaktadır. Üçüncü aşamadaki yanlış yanıtların toplamı hata sayısını, o an düzeltilen yanlış yanıtların toplamı ise spontan düzeltme sayısını oluşturmaktadır. Stroop Testi'nde bu ölçütlerde gözlenen artış yürütücü işlevlerde bozulma ile ilişkilendirilmekte olup kognitif kontrol mekanizmalarındaki yetersizlikleri yansıtmaktadır (Alvarez ve Emory 2006). Bu çalışmada Stroop Testi, katılımcıların yürütücü işlev performanslarının objektif olarak değerlendirilmesi amacıyla uygulanmıştır.

3.3.5. Sekans Destekli Bilgisayarlı Stroop Görevi

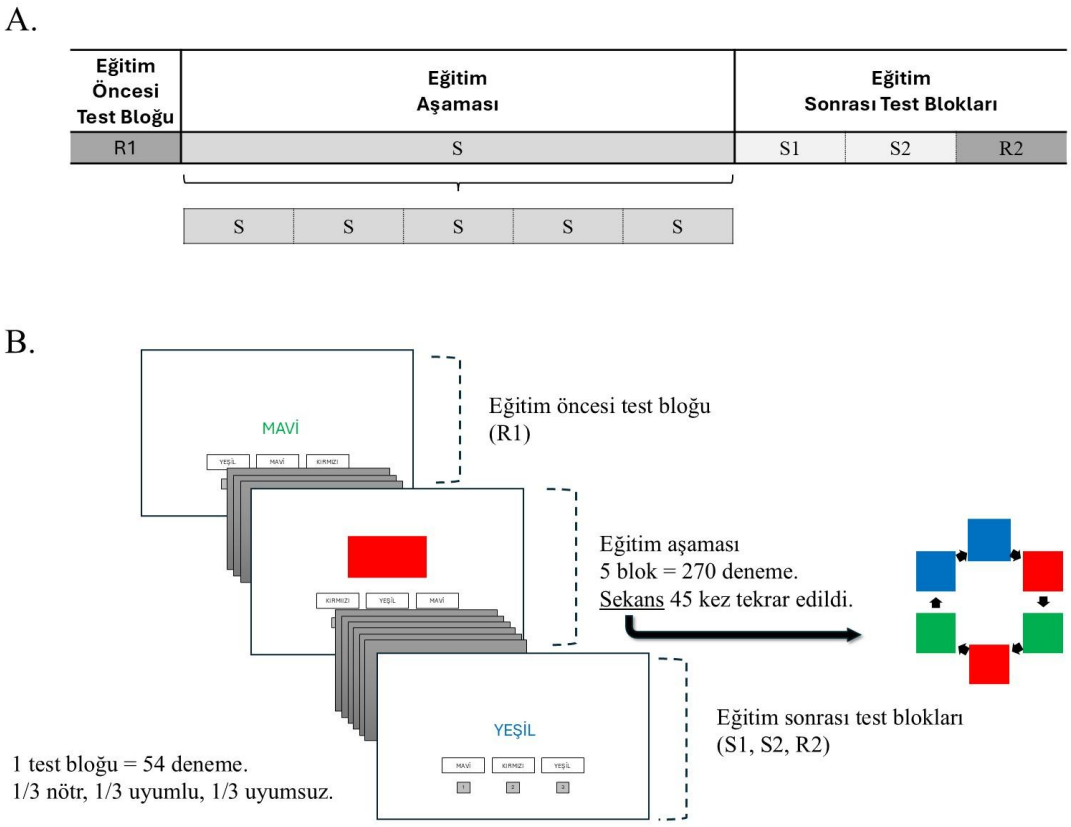
Stroop paradigması, dikkatsel çatışma durumlarında otomatikleşmiş tepkiyi baskılama ve çeldirici girdiyi inhibe etme kapasitesini değerlendiren klasik bir yürütücü işlev ölçümüdür. Özellikle uyumlu ve uyumsuz uyaranlara verilen yanıt süresi ve doğruluk oranı farkları bireyin yürütücü kontrol, inhibisyon ve seçici dikkate ilişkin göstergeler sunmaktadır. Bu nedenle yürütücü işlevlerin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan Stroop paradigmasının geleneksel kağıt-kalem formlarına ek olarak çok sayıda bilgisayar tabanlı versiyonları da geliştirilmiştir (Basu ve ark. 2023; Penner ve ark. 2012). Bilgisayarlı versiyonlar ile hem yanıt süresi temelli ölçümlerin güvenirliği artmış hem de deneysel manipülasyonlar ile kognitif süreçlerin ayrıntılı incelenmesi mümkün hale gelmiştir. Bu doğrultuda Stroop paradigmasının bilinçli çaba gerektiren yürütücü kontrol becerileri ile otomatik olan örtük öğrenme arasındaki

etkileşim için elverişli bir yöntem sunduğu söylenebilir. Nitekim bu nitelikte çalışmalar da mevcuttur (Deroost ve ark. 2012; Takacs ve Beste 2023).

Mevcut çalışmada Stroop görevine entegre edilen algısal bir renk sekansı aracılığıyla örtük algısal sekans öğrenmenin yürütücü işlev performansı üzerindeki etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

3.3.5.1. Deneysel Görev Tasarımı

Bu çalışmada kullanılan deneysel görev, klasik renk-kelime Stroop paradigması temel alınarak geliştirilmiş ve örtük algısal sekans öğrenmesini içerecek biçimde yapılandırılmıştır.

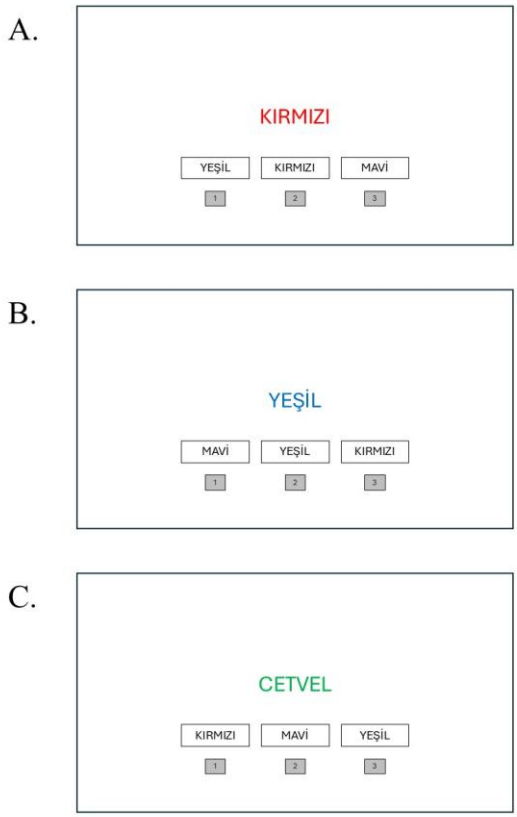


Şekil 3-1: Deneysel görevin tasarımı

(A) Blok tasarımı; (B) Deney akışının görsel şeması.

Deneysel görev için farklı amaçlara hizmet eden iki farklı koşul kurgulanmıştır. Bu doğrultuda görev; eğitim öncesi randomize test bloğu, eğitim blokları, eğitim sonrası test blokları ve tanıma testinden oluşmaktadır (Şekil 3-1). Eğitim öncesi randomize blok, katılımcıların sekans öğrenimine maruz kalmadan önceki temel Stroop performanslarını değerlendirmek amacıyla uygulanmıştır. Bu blokta uyaranlar rastgele sunulmuş olup herhangi bir algısal sekans içermemiştir. Böylece sekans eğitimi ve pratik etkisinden bağımsız bir başlangıç düzeyi ölçümü sağlanmıştır. Eğitim aşaması ise örtük sekans öğrenmesini desteklemek üzere tasarlanan beş bloktan oluşmuştur. Bu bloklarda kelimeler yerine renkli kutuların renklerinin belirlenmesine ilişkin basit bir paradigma kullanılmıştır. Eğitim aşamasının temel amacı, katılımcıların bilinçli farkındalığı olmaksızın tekrar eden bir algısal düzenliğe maruz kalmalarını sağlamak ve bu düzenliliğin zaman içerisinde öğrenilmesini desteklemektedir. Eğitim sonrası test aşaması ise, öğrenilen algısal sekansın yürütücü işlev performansı üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla yapılandırılmıştır. Bu aşamada eğitim aşamasında arkaplanda sunulan algısal sekansın mürekkep renkleri üzerinden tekrar ettiği iki bloğa ek olarak eğitim sonrası randomize blok adı verilen, uyaran renklerinin herhangi bir sekans oluşturmadığı bir randomize blok yer almıştır. Böylece Stroop görevindeki performans değişimlerinin genel pratik etkilerinden mi yoksa öğrenilen sekansın varlığından mı kaynaklandığının incelenmesi hedeflenmiştir.

Eğitim öncesi ve eğitim sonrası Stroop test bloklarında her bir deneme, beyaz ekranın merkezinde sunulan yazılı bir kelimeden oluşmaktadır. Bu kelimeler kırmızı, mavi veya yeşil mürekkep renginde sunulmuş olup içerik bakımından nötr kelimeler ve renk ifade eden kelimelerden oluşmaktadır. Nötr denemelerde kelimeler anlamsal olarak herhangi bir renk ifade etmemektedir (bakınız Şekil 3-2 C). Renk denemelerinde ise kelimenin anlamsal içeriği, kullanılan mürekkep renklerinden birinin adıyla örtüşmektedir. Renk denemeleri kendi içerisinde uyumlu (*congruent*; kelimenin anlamı ile mürekkep rengi aynı; bakınız Şekil 3-2 A) ve uyumsuz (*incongruent*; kelimenin anlamı ile mürekkep rengi farklı; bakınız Şekil 3-2 B) olacak şekilde düzenlenmiştir. Her bir Stroop denemesinde hedef kelimenin hemen altında, ekranın merkezine hizalanmış üç adet cevap seçeneği yer almaktadır. Bu seçenekler ile katılımcılardan "KIRMIZI", "MAVİ" ve "YEŞİL" seçenek renkleri arasından birini seçmeleri istenmiştir.



Şekil 3-2: Deneysel görevde kullanılan Stroop test denemelerine ilişkin örnekler

A. Uyumlu deneme: Kelimenin semantik anlamı ile yazıldığı renk aynı. Doğru cevap: 2. B. Uyumsuz deneme: Kelimenin semantik anlamı, yazıldığı renkten farklı. Doğru cevap: 1. C. Nötr deneme: Kelimenin semantik anlamı herhangi bir renk ifade etmiyor. Doğru cevap: 3.

Eğitim bloklarında ise uyaran olarak yazılı kelimeler yerine kırmızı, mavi veya yeşil renkte dikdörtgen kutucuklar kullanılmıştır. Bu sayede eğitim aşamasında Stroop çatışması veya sözel işleme yükünün örtük sekans öğrenmesini etkilemesi engellenmiştir. Bu bloklarda test bloklarına paralel olarak hedef kutunun altında üç yazılı seçenek sunularak katılımcının kutunun rengini belirlemesi istenmiştir. Kutucuk renkleri, yani doğru cevaplar "MAVİ – KIRMIZI – YEŞİL – KIRMIZI – YEŞİL – MAVİ" olmak üzere altı basamaklı bir algısal örüntü oluşturmuştur. Bu sekans bloklar içerisinde ardışık olarak tekrar etmiştir.

Görev kapsamında kullanılan tüm bloklar, deneme sayısı ve sekans tekrar sayısı açısından yapısal olarak eşleştirilmiştir. Böylece katılımcıların görev boyunca maruz kaldıkları genel deneme yapısı korunurken deneysel manipülasyonlar blok türlerine özgü içerikler üzerinden gerçekleştirilmiştir.

3.3.5.2. Uyaranların Hazırlanması

Uyaranların sunum sırası MATLAB R2023b (The Mathworks Inc., Natick, MA, USA) yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur. Tüm bloklar 54 denemeden oluşacak şekilde yapılandırılmıştır. Bir blok içerisinde cevap seçeneklerinin ekrandaki konumları her denemede rastgeleleştirilerek motor yanıtların sekans oluşturması engellenmiştir. Benzer şekilde her bir seçenek konumunun doğru cevap olma sayısı da dengelenerek belirli bir renk-cevap eğiliminin oluşmasının önüne geçilmiştir.

Eğitim aşamasında algısal sekans bir blok içerisinde dokuz kez; beş eğitim bloğu boyunca toplam kırk beş kez ardışık olarak sunulmuştur. Eğitim sonrası Stroop görevinde yer alan sekansiyel bloklarda da aynı algısal sekans yapısı korunmuş; sekans kelimelerin mürekkep renkleri üzerinden sürdürülmüştür. Eğitim öncesi ve eğitim sonrası randomize Stroop test bloklarında ise mürekkep renkleri algısal sekans oluşturmayacak biçimde rastgeleleştirilmiştir.

Stroop bloklarında sunulan hedef kelimeler 1/3 oranında nötr kelimelerden, 2/3 oranında ise renk ifade eden kelimelerden oluşmaktadır. Renk kelimelerinin yarısı mürekkep rengi ile anlamsal olarak uyumlu, yarısı ise uyumsuz olacak şekilde düzenlenmiştir. Buna göre her bir 54 denemelik blok içerisinde 18 nötr kelime; 18 uyumlu ve 18 uyumsuz olmak üzere renk ifade eden toplam 36 kelime yer almıştır.

3.3.5.3. Prosedür

Deney 15.6” ekran boyununa sahip dizüstü bilgisayarda E-Prime 3.0 (Psychology Software Tools, Pittsburgh, PA) ortamında gerçekleştirilmiştir. Katılımcılar dikkat dağıtıcı uyaranlardan arındırılmış sessiz bir odada, bilgisayar ekranının 50 cm karşısında olacak şekilde oturmuştur. Katılımcılar yanıtları bilgisayar klavyesindeki “J, “K” ve “L” tuşları aracılığıyla sağ ellerinin işaret, orta ve yüzük parmaklarını kullanarak vermiştir. Harflerin semantik olarak karışıklık yaratmaması adına ilgili tuşlara üzerinde sırayla “1” “2” ve “3” yazan etiketler yerleştirilmiştir.

Görev başlamadan önce katılımcılara görevle ilgili genel yönergeler verilmiş ancak görev sırasında sunulan uyaranlar arasında tekrar eden bir örüntü olabileceğine dair herhangi bir bilgi paylaşılmamıştır. Deneysel görev alıştırma aşaması ile başlamıştır. Bu aşamanın amacı, katılımcıların görev yapısına ve yanıt biçimine alışmalarını sağlamaktır. Alıştırma aşamasında sunulan denemeler analize dahil

edilmemiştir. Alıştırma aşamasının ardından deneysel görev sırasıyla eğitim öncesi randomize Stroop test bloğu, eğitim aşaması ve eğitim sonrası test aşaması olarak uygulanmıştır.

Eğitim öncesi randomize Stroop test bloğunda sekans içermeyen randomize bir blok Stroop görevi uygulanmıştır. Bunu takiben, beş bloktan oluşan eğitim aşaması uygulanmıştır. Bloklar arasında bilişsel yorgunluğu azaltmak amacıyla 5-10 saniyelik molalar verilmiştir. Bu aşamada katılımcılar farkındalık dışı olarak tekrar eden algısal renk sekansına maruz bırakılmıştır. Eğitim aşamasının tamamlanmasının ardından yaklaşık bir dakika mola verilmiştir.

Eğitim sonrası test aşaması üç bloktan oluşmuştur. İlk iki blokta eğitim aşamasında tekrar edilen algısal sekans Stroop görevi kapsamında devam ettirilmiştir. Katılımcılar eğitim aşamasında tekrarlı olarak sunulan sekanslara ilişkin bilgiye sahip olmadığı gibi bu bloklarda da sekansın varlığı katılımcılardan gizli tutulmuştur. Test aşamasının üçüncü bloğu ise sekans içermeyen randomize bir Stroop bloğundan oluşmaktadır. Blok geçişleri arasında yine on saniyelik molalar verilmiştir.

3.3.5.4. Deneysel Görevin Aşamaları

Eğitim Öncesi Stroop Test Aşaması

Eğitim öncesi aşama bir blok alıştırma ve takriben bir blok randomize Stroop bloğundan oluşmuştur. İlk blok olan alıştırma bloğu analize dahil edilmemiştir. Aşağıdaki yönerge hem sözel olarak hem de ekranda yazılı olarak sunulduktan sonra alıştırma bloğuna geçilmiştir. Klavyenin merkezinde yer alan J, K, L tuşlarına sırasıyla 1, 2, 3 etiketleri yerleştirilerek katılımcıların cevap tuşlarına erişimleri kolaylaştırılmıştır.

"Birazdan ekranda bazı kelimeler göreceksiniz. Göreviniz, kelimenin yazıldığı rengi belirlemek. Fakat kelimelerin bazıları başka renkleri ifade edebilir. Sizin yapmanız gereken mürekkep renklerini seçmektir. Örneğin, ‘mavi’ kelimesi kırmızı renkte yazılmışsa doğru cevap kırmızı olacaktır. Cevaplarınızı mümkün olduğunca hızlı ve doğru vermeye çalışın. Cevaplarınızı klavyede işaretlenmiş olan 1, 2, 3 tuşları ile verebilirsiniz.”

Alıştırma bloğundan hemen sonra “Cevaplarınızı mürekkep rengine göre vermeye devam ediniz.” yönergesi sunulduktan sonra randomize Stroop bloğuna geçilmiştir.

Her bir uyaran ekranda en fazla 8000 ms süreyle sunulmuştur. Katılımcı yanıt verdiği anda ilgili deneme sonlanmış ve 1000 ms süreyle geri bildirim verilmiştir. Bu ekranda katılımcının verdiği yanıta göre ekranın üstünde "Doğru!" veya "Yanlış."; yanıtın zaman aşımına uğradığı durumlarda ise "Cevap vermediniz." şeklinde katılımcıya geribildirim verilmiştir. Geribildirimin ardından 100 ms beyaz bir boş ekran ile göz kırpma benzeri bir geçiş kullanılmış; ardışık denemelerin bağımsız olarak değerlendirilmesi sağlanmıştır. Devamında bir sonraki deneme başlamıştır.

Eğitim Aşaması

Eğitim öncesi Stroop aşaması tamamlandıktan sonra eğitim aşamasına geçilmiştir. Bu aşama aşağıdaki yönergenin hem sözel hem de ekranda yazılı olarak sunumunun ardından başlamıştır:

"Şimdi ekranda kutucuklar göreceksiniz. Yapmanız gereken kutucukların rengini seçmek. Ekranda yine seçenekleri görüyor olacaksınız. Cevap vermek için 1, 2, 3 tuşlarını kullanmaya devam edebilirsiniz."

Bu aşamada uygulanan bloklarda deneme yapısı ve zamanlama parametreleri Stroop bloklarıyla aynı şekilde korunmuştur.

Eğitim Sonrası Stroop Test Aşaması

Eğitim aşamasının tamamlanmasının ardından katılımcıların bilişsel yorgunluğunu azaltmak adına 1-2 dakika mola verilmiştir. Devamında aşağıdaki yönerge yine hem sözel hem yazılı olarak sunularak eğitim sonrası test aşaması başlamıştır:

"Şimdi ekranda yeniden farklı renklerde yazılmış kelimelerle karşılaşacaksınız. Göreviniz, daha önceki gibi kelimenin yazıldığı renge odaklanarak doğru rengi seçmektir. Mümkün olduğunca hızlı ve doğru bir şekilde cevap vermeye çalışın. Klavyedeki 1, 2, 3 tuşlarını kullanmaya devam edebilirsiniz."

Bu aşamada uyaran sunumu ve blok tasarımı eğitim öncesi test aşaması ile aynıdır.

Tanıma Testi

Deneysel görevin tamamlanmasının ardından katılımcıların algısal sekansa ilişkin farkındalık düzeylerini değerlendirmek amacıyla bir tanıma testi uygulanmıştır.

Bu testin amacı görev sırasında örtük olarak sunulan algısal sekansın katılımcılar tarafından bilinçli düzeyde fark edilip edilmediğini incelemektir.

Tanıma testi esnasında katılımcılara eğitim aşamasında kullanılan ekran düzeni sunulmuştur. Fakat bu aşamada bazı denemelerde kutucuklardan biri renksiz olarak gösterilmiştir. Katılımcılardan renksiz bırakılan kutucuğun hangi renk olması gerektiğini sezgilerine dayanarak tahmin etmeleri istenmiştir. Bu aşamada katılımcılara görev sırasında fark etmiş olabilecekleri örüntüleri bilinçli olarak hatırlamaya çalışmaları yönünde herhangi bir yönlendirme yapılmamıştır.

Test altı basamaklı algısal sekans temel alınarak yapılandırılmıştır. Sekansın her bir basamağı, test boyunca iki kez renksiz bırakılmış; böylece 72 denemeden ve tek bir bloktan oluşan bir tanıma testi elde edilmiştir. Denemelerin ardından geribildirim verilmemiş; her bir deneme arasında geçiş etkisi oluşturması için 100 ms süreyle boş bir ekran sunulmuştur.

3.3.6. Beck Depresyon Ölçeği

Depresif semptomların nicel olarak değerlendirilmesi amacıyla Beck ve arkadaşları (1961) tarafından geliştirilen Beck Depresyon Ölçeği, bireyin öznel bildirimine dayanmaktadır. Ölçeğin Türkçe formuna ilişkin geçerlik ve güvenirlik çalışmaları Hisli (1989) tarafından yürütülmüş; iç tutarlılık katsayısı 0,80, iki yarı güvenirlik katsayısı ise 0,74 olarak saptanmıştır.

Toplam 21 maddeden oluşmakta olan ölçekte her madde depresyona özgü belirtilerin şiddetini yansıtacak şekilde 0 ile 3 arasında puanlanır. Ölçekten alınabilecek toplam puan 0 ila 63 arasında değişmekte olup puanlardaki artış depresif semptomların şiddetlenmesiyle paralel olarak yorumlanmaktadır. Kesme puanı 17 olarak belirlenen envanter (Hisli 1989) bu çalışmada dışlama kriteri olarak kullanılmıştır.

3.3.7. Uluslararası Kooperatif Ataksi Derecelendirme Ölçeği

Uluslararası Kooperatif Ataksi Derecelendirme Ölçeği (International Cooperative Ataxia Rating Scale; ICARS), postür ve yürüyüş, kinetik fonksiyonlar, konuşma (dizartri) ve okülomotor işlevleri kapsayan, ataksinin şiddetini nicel olarak değerlendirmeye yönelik kapsamlı bir ölçüm aracıdır. Trouillas ve arkadaşları (1997) tarafından geliştirilen ICARS için belirlenen maksimum puanlar şu şekildedir: postür ve yürüme bozuklukları için 34 puan, kinetik fonksiyon bozuklukları için 52 puan, dizartri

için 8 puan ve okülomotor bozukluklar için 6 puan. Ölçekten alınabilecek toplam maksimum puan ise 100'dür ve daha yüksek puanlar, bireydeki motor disfonksiyonun şiddetinin arttığını göstermektedir (Trouillas ve ark. 1997).

3.4. Veri Analizi

İstatistiksel analizler, IBM SPSS 24.0 yazılımı kullanılarak yürütülmüştür. Tüm analizlerde anlamlılık düzeyi 0,05 olarak kabul edilmiştir. Analiz sürecinde varsayım kontrolleri her bir veri türü ve analiz düzeyi için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Çoklu karşılaştırmalarda Bonferroni düzeltmesi uygulanmıştır. Tekrarlı ölçümler varyans analizlerinde (ANOVA) küresellik varsayımı Mauchly testi ile değerlendirilmiş, varsayımın ihlal edildiği durumlarda uygun düzeltmeler kullanılmıştır. Normallik varsayımları basıklık-çarpıklık değerleri, Shapiro-Wilk testi, histogramlar ve Q-Q grafikleri incelenerek değerlendirilmiştir. Varsayımların karşılandığı durumlarda parametrik testler, ihlal edildiği durumlarda non-parametrik alternatifler tercih edilmiştir.

Deneysel görevden elde edilen doğruluk verileri ve yanıt süreleri analiz öncesinde ön işleme prosedüründen geçirilmiştir. Doğruluk oranları yüzde cinsinden incelenmiştir. Yanıt süresi analizleri yalnızca doğru yanıt verilen denemeler üzerinden yürütülmüştür. Aykırı değer analizi katılımcı bazında ve blok düzeyinde gerçekleştirilmiştir. Her bir katılımcı için ilgili blokta hesaplanan ortalama yanıt süresinin ± 2 standart sapma sınırları dışında kalan değerler analiz dışı bırakılmıştır.

Deneysel görev kapsamında test blokları randomize ve sekansiyel olmak üzere iki koşula ayrılmıştır. Randomize koşul, eğitim aşamasından öncesinde uygulanan randomize Stroop bloğu (R1) ile eğitim aşaması sonrasında uygulanan randomize Stroop bloğunun (R2) ortalama yanıt sürelerinin ve başarısız yanıtların aritmetik ortalaması alınarak oluşturulmuştur. Sekansiyel koşul ise eğitim sonrasında uygulanan iki sekansiyel Stroop bloğunun (S1 ve S2) ortalaması üzerinden tanımlanmıştır. Stroop enterferans etkisi, her katılımcı ve her koşul için uyumsuz denemelerdeki ortalama yanıt süresinden nötr denemelerdeki ortalama yanıt süresinin çıkarılması yoluyla hesaplanmıştır.

Nöropsikolojik testlerden ve klinik ölçeklerden elde edilen puanlar test yönergelerine uygun biçimde hesaplanmıştır. Dikkat ve çalışma belleği göstergeleri olarak Sayı Menzili Testi ileri ve geri puanları ile Görsel Menzil Testi ileri ve geri

puanları; işlem hızı göstergesi olarak Sembol Sayı Modaliteleri Testi toplam doğru yanıt sayısı; yürütücü kontrol ve inhibisyon göstergesi olarak klasik Stroop Test alt bileşenleri (enterferans süresi, hata ve spontan düzeltme sayıları); mental esneklik, set değiştirme, soyutlama ve dikkati sürdürebilme göstergesi olarak Wisconsin Kart Eşleme Testi perseveratif hata oranı, tamamlanan kategori sayısı ve kurulumu sürdürememe puanı; klinik ölçeklerden depresyon puanı Beck Depresyon Ölçeği'nden alınan toplam puan ve hasta grubunda ataksi şiddeti göstergesi olarak ICARS toplam puanına ek olarak ilgili modalitelerde dizartri alt puanları analize dahil edilmiştir.

3.4.1. Nöropsikolojik Testler ve Klinik Verilerin Analizi

Gruplar arası karşılaştırmalarda parametrik varsayımların sağlandığı durumdarda bağımsız örneklemler t-testi uygulanmıştır. Varyans homojenliği Levene testi ile değerlendirilmiş; homojenlik varsayımının ihlal edildiği durumlarda ilgili düzeltmeler dikkate alınmıştır. Normallik veya varyans homojenliği varsayımlarının karşılanmadığı değişkenlerde ise Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. SCA grubunda klinik değişkenler ve nöropsikolojik test performansları arasındaki ilişkiler Spearman sıra farkları korelasyon analizi ile incelenmiştir.

3.4.2. Deneysel Görevin Analizi

Arkaplandaki sekansa dair bilinçli farkındalık sorgulanmış ve ayrıca tanıma testiyle incelenmiştir. Sağlıklı kontrol grubundan iki kişi tanıma testinde şans düzeyi üzerinde performans gösterdiği için tüm analizlerden dışlanmıştır.

Eğitim aşamasındaki örtük sekans öğrenimini değerlendirmek amacıyla beş eğitim bloğuna ait ortalama yanıt süreleri üzerinden 5 (Blok: 1-5) x 2 (Grup: SCA, sağlıklı kontrol) karma desenli tekrarlı ölçümler için ANOVA uygulanmıştır.

Test bloklarına ait verilerde öncelikle temel performans ölçümleri incelenmiş ve eğitim öncesi aşamada (R1) gruplar arası farklılıklar değerlendirilmiştir. Uyaranlara ait doğruluk oranlarının gruplar arası karşılaştırmasında Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. Doğruluk oranlarının bloklar arasındaki değişimini incelemek amacıyla 2 (Grup: SCA, sağlıklı kontrol) x 2 (Uyaran türü: Uyumsuz, nötr) x 4 (Blok: R1, S1, S2, R2) karma desenli ANOVA uygulanmıştır. Ayrıca bloklar arası değişimin yönünü

incelemek amacıyla grup içi karşılaştırmalarda Wilcoxon İşaretli Sıralar Toplamı testi kullanılmıştır.

Yanıt sürelerinin analizinde başlangıç düzeyindeki grup farklılıklarını incelemek amacıyla 2 (Grup: SCA, sağlıklı kontrol) x 3 (Uyaran türü: Uyumlu, uyumsuz, nötr) karma desenli ANOVA uygulanmıştır. Uyaran türü x grup etkileşimi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamakla birlikte uyaran türüne bağlı yanıt süresi profillerini daha ayrıntılı incelemek amacıyla keşfedici nitelikte grup içi basit etkiler analiz edilmiştir.

Genel yanıt sürelerinin koşullara göre değişimindeki grup farklılıklarını incelemek amacıyla 2 (Grup: SCA, sağlıklı kontrol) x 2 (Koşul: Random, Sekansiyel) karma desenli ANOVA yürütülmüştür.

Enterferans etkisini değerlendirmek için uyumsuz uyaranlara verilen ortalama yanıt süresinden nötr uyaranlara verilen ortalama yanıt süresi çıkarılarak enterferans süresi hesaplanmıştır. Randomize koşullarda negatif enterferans değerine sahip katılımcılar analiz dışı bırakılmıştır. Randomize ve sekansiyel koşullara ait enterferans sürelerinin karşılaştırılması amacıyla her grup içerisinde Wilcoxon İşaretli Sıralar Toplamı testi uygulanmıştır.

3.4.3. Korelasyon Analizleri

Deneysel göreve ilişkin analizlerde sekans kazancı hesaplanmıştır. Sekans kazancı, randomize koşullardaki ortalama enterferans süresinden sekansiyel koşullardaki ortalama enterferans süresinin çıkarılmasıyla elde edilmiştir. Enterferans kazancı ile nöropsikolojik test performansları arasındaki ilişkiler her grup içerisinde Spearman sıra farkları korelasyon analizi ile değerlendirilmiştir. Korelasyon analizlerinde kullanılan nöropsikolojik değişkenler araştırmanın kuramsal çerçevesi doğrultusunda Stroop Test'in enterferans süresi, hata ve spontan düzeltme sayıları ile Wisconsin Kart Eşleme Testi'nin tamamlanan kategori sayısı ve perseveratif hata yüzdesi analizlere dahil edilmiştir. Araştırma hipotezlerinin yönlü olması nedeniyle korelasyon analizlerinde tek uçlu anlamlılık testleri tercih edilmiştir.

SCA grubunda enterferans kazancı ile klinik değişkenler (ataksi şiddeti ve hastalık süresi) arasındaki ilişkiler Spearman sıra farkları korelasyon analizi ile incelenmiştir.

4. BULGULAR

4.1. Demografik ve Klinik Bulgular

Araştırmaya deneysel görevin tanıma testinde şans düzeyi ve altında performans gösteren 16 SCA hastası ve 25 sağlıklı kontrol dahil edilmiştir. Gruplar arasında yaş ($t(39) = -0{,}867$, $p = 0{,}391$), eğitim ($t(39) = -0{,}123$, $p = 0{,}903$) ve cinsiyet dağılımı (χ^2 (1, N = 41) = 0,016, $p = 0{,}901$) ile depresyon puanları ($U = 189{,}50$, $p = 0{,}778$) bakımından anlamlı fark bulunmamıştır (Tablo 4-1).

Tablo 4-1: Grupların demografik özellikleri ve depresyon puanlarına ait betimsel veriler

	SCA (*N* = 16)		**Kontrol** (*N* = 25)	
	Ort. ± SS	Medyan (Min-Maks)	Ort ± SS	Medyan (Min-Maks)
Yaş*	43,50 ± 11,87	44 (19 – 60)	46,60 ± 10,70	50 (20 – 61)
Eğitim*	10,75 ± 4,73	9,50 (5 – 21)	10,92 ± 4,04	11 (5 – 20)
Cinsiyet # (K/E)	8/8		12/13	
BDÖ	5,50 ± 2,76	5,50 (1 – 11)	5,64 ± 4,09	5 (1 – 16)

Ort: Ortalama; SS: Standart Sapma; Min: En küçük değer; Maks: En büyük değer; *: Yıl; #: Sayı; BDÖ: Beck Depresyon Ölçeği

SCA grubuna ait ataksi puanları ile hastalık süresine ilişkin betimsel veriler Tablo 4-2'de verilmiştir.

Tablo 4-2: Hasta grubunun klinik parametrelerine ait betimsel veriler

	N	Minimum	Maksimum	Ort. ± SS
Hastalık süresi*	16	3	28	13,38 ± 7,05
Ataksi toplam†	16	16	70	40,96 ± 16,05
Postür ve yürüyüş‡	16	0	28	15,00 ± 8,66
Kinetik‡	16	10	39	20,75 ± 8,23
Dizartri‡	16	1	5	2,81 ± 1,42
Okülomotor‡	16	0	4	1,50 ± 1,55

Ort: Ortalama; SS: Standart Sapma; *: Yıl, †: ICARS toplam puanı (0-100 aralığında olup artan puanlar şiddetli ataksi düzeyini gösterir), ‡: ICARS alt ölçek puanları (postür ve yürüyüş: 0 – 34, kinetik: 0 – 52, dizartri: 0 – 8, okülomotor: 0 – 6)

4.2. Nöropsikolojik Testlere İlişkin Bulgular

Nöropsikolojik test puanlarına ait veriler Tablo 4-3'te sunulmuştur.

Tablo 4-3: Grupların nöropsikolojik test puanları ve gruplar arası karşılaştırma sonuçları

	SCA (*N* = 16)	**Kontrol** (*N* = 25)	**test**	***p***
Ölçüm	Ort. ± SS Medyan (Min-Maks)	Ort. ± SS Medyan (Min-Maks)		
Dikkat ve Çalışma Belleği				
Sayı Menzili – İleri	5,31 ± 1,01 5 (4 – 7)	5,68 ± 1,03 6 (4 – 7)	*U* = 159,50	0,261[a]
Sayı Menzili – Geri	3,75 ± 1,29 4 (2 – 6)	4,56 ± 1,16 4 (3 – 7)	*U* = 130,50	0,051[a]
Görsel Menzil – İleri	4,81 ± 0,66 5 (4 – 6)	5,16 ± 1,07 5 (3 – 7)	*U* = 155,50	0,198[a]
Görsel Menzil – Geri	4,00 ± 0,89 4 (2 – 6)	4,64 ± 1,19 4 (3 – 7)	*U* = 142,00	0,100[a]
Bilgi İşleme Hızı				
SDMT	28,44 ± 8,43 29 (16 – 45)	47,72 ± 10,85 48 (27 – 64)	*t* = -6,03	**<0,001**
Mental Esneklik ve Set Değiştirme				
WCST – Tamamlanan kategori #	4,88 ± 1,31 5,50 (2 – 6)	5,76 ± 0,66 6 (3 – 6)	*U* = 124,00	**0,011**[b]
WCST – Perseveratif hata %	16,66 ± 6,42 15,61 (9,09 – 32,03)	12,61 ± 5,12 13,28 (5,48 – 27,34)	*t* = 2,24	0,031[b]
WCST – Kurulumu sürdürememe #	0,81 ± 0,91 1 (0 – 3)	0,64 ± 0,64 1 (0 – 2)	*U* = 186,50	0,69[b]
İnhibisyon				
Stroop Test – Enterferans (sn)	53,56 ± 22,68 51,50 (22 – 118)	36,88 ± 13,69 36,00 (16 – 64)	*t* = 2,94	**0,005**[b]
Stroop Test – Yanlış #	3,81 ± 6,71 1 (0 – 26)	0,76 ± 1,51 0 (0 – 6)	*U* = 135,50	0,053[b]
Stroop Test – Spontan Düzeltme #	2,19 ± 2,64 1 (0 – 9)	1, 36 ± 1,35 1 (0 – 5)	*U* = 178,00	0,540[b]

Ort: Ortalama; SS: Standart Sapma; Min: En küçük değer; Maks: En büyük değer; SDMT: Sembol Sayı Modaliteleri Testi; WCST: Wisconsin Kart Eşleme Testi; #: sayı; %: yüzde; sn: saniye; a: Bonferroni düzeltmesi sonrasında anlamlılık sınırı $p < 0,0125$; b: Bonferroni düzeltmesi sonrasında anlamlılık sınırı $p < 0,017$.

Sayı Menzili testinin ileri ve geri bileşenleri ile Görsel Menzil testinin ileri ve geri bileşenlerinde SCA grubu ile sağlıklı kontroller arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır (tüm *p* değerleri >0,0125)[2] (Tablo 4-3).

SDMT sonuçları incelendiğinde SCA grubunun sağlıklı kontrollere kıyasla anlamlı düzeyde daha düşük performans sergilediği görülmüştür ($t(39) = -6,03$, $p < 0,001$) (Tablo 4-3).

WCST'den elde edilen kurulumu sürdürememe ve perseveratif hata yüzdesi açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (*p* değerleri>0,017)[3] Öte yanda SCA grubu (*Mdn*. = 5,50) kontrol grubuna kıyasla (*Mdn*. = 6) anlamlı düzeyde daha az kategori tamamlamıştır ($U = 124,00$; $p = 0,011$) (Tablo 4-3).

Stroop test sonuçları incelendiğinde enterferans süresi bakımından gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmuştur ($t(39) = 2,94$, $p = 0,005$). Buna göre SCA grubunun enterferans süresi (*Ort.* = 53,56, *SS* = 22,68), kontrol grubuna (*Ort.* = 36,88, *SS* = 13,69) kıyasla anlamlı düzeyde daha uzundur. Öte yandan Stroop yanlış sayısı ve spontan düzeltme sayısı açısından gruplar arasında anlamlı fark bulunmamıştır (her iki değişken için *p* değerleri $p > 0,017$)[4] (Tablo 4-3).

4.3. Deneysel Göreve İlişkin Bulgular

Deneysel göreve dahil edilen katılımcılardan eğitim ve test aşamalarında arka planda sunulan sekansa ilişkin açık farkındalık bildiren katılımcı olmamıştır.

4.3.1. Eğitim Aşamasına İlişkin Bulgular

Eğitim aşamasına ait yanıt süresi verileri, grup (SCA, sağlıklı kontrol) ve blok (1-5) faktörlerini içeren karma tasarımlı ANOVA ile incelenmiştir. Analiz sonuçları Tablo 4-5'te özetlenmiştir.

---

[2] Çoklu karşılaştırmalar için Bonferroni düzeltmesi uygulanmış ve anlamlılık sınırı $p < 0,0125$ olarak kabul edilmiştir.

[3] Çoklu karşılaştırmalar için Bonferroni düzeltmesi uygulanmış ve anlamlılık sınırı $p < 0,017$ olarak kabul edilmiştir.

[4] Çoklu karşılaştırmalar için Bonferroni düzeltmesi uygulanmış ve anlamlılık sınırı $p < 0,017$ olarak kabul edilmiştir.

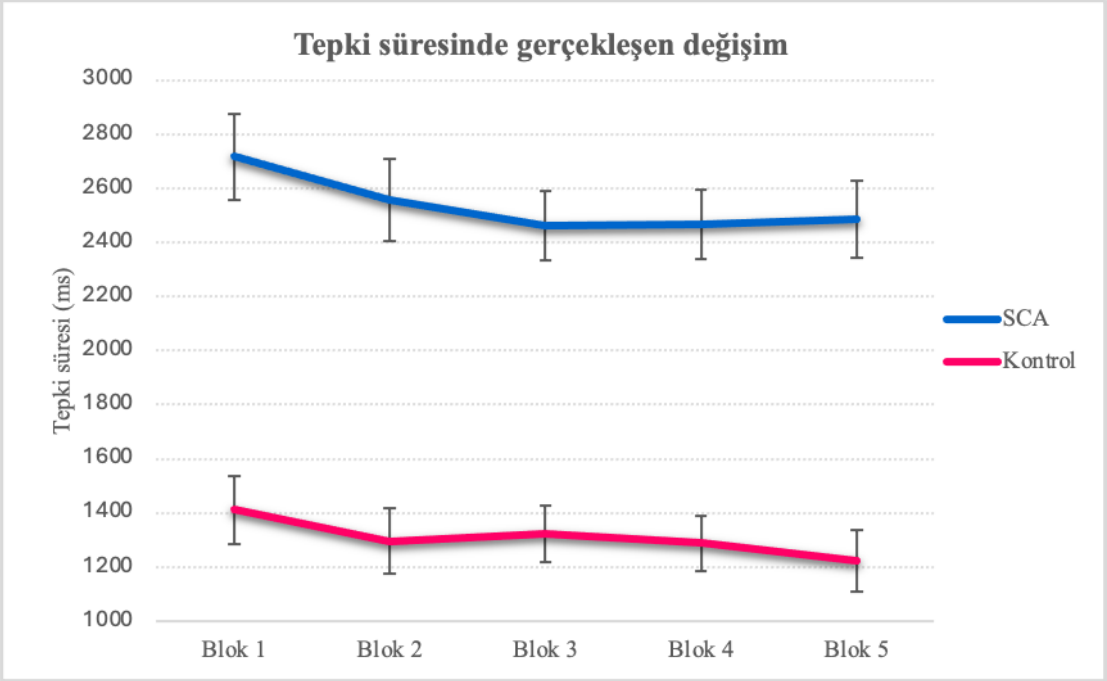
Grup ana etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur [$F(1, 39) = 48{,}173$, $p < 0{,}001$, $\eta_p^2 = 0{,}553$]. Buna göre SCA grubunun eğitim aşamasındaki ortalama yanıt süresi (*Ort.* = 2537,401 ms, *SH* = 138,357 ms), sağlıklı kontrol grubuna (*Ort.* = 1307,619 ms, *SH* = 110,686 ms) kıyasla anlamlı biçimde daha yüksektir. *Blok* ana etkisi anlamlı bulunmuştur. Küresellik varsayımının ihlali nedeniyle Greenhouse-Geisser düzeltmesi uygulanarak elde edilen sonuçlar, bloklar arasında yanıt süresinin anlamlı biçimde farklılaştığını ortaya koymuştur [$F(2{,}915, 113{,}690) = 13{,}259$, $p < 0{,}001$, $\eta_p^2 = 0{,}254$]. Bonferroni düzeltmeli çoklu karşılaştırmalar, ilk bloğa kıyasla izleyen tüm bloklarda yanıt sürelerinin anlamlı düzeyde azaldığını göstermiştir (tüm p değerleri < 0,001). Eğitim aşamasındaki bloklara ait yanıt süreleri ve ilk blok ile izleyen blokların ikili karşılaştırmaları Tablo 4-4'te verilmiştir.

Tablo 4-4: Tekrar ölçümlü ANOVA sonuçlarına göre eğitim aşaması bloklarına ait tahmini marjinal yanıt süresi ortalamaları ve B1'e kıyasla ikili karşılaştırmaları

	Grup ($N = 41$)		
Blok	Ortalama[a] (SH)	Ortalama fark[b]	*p*
1	2063,06 (100,94)	–	–
2	1925,88 (97,11)	137,18	**<0,001**
3	1891,78 (81,94)	171,28	**<0,001**
4	1876,49 (81,73)	186,58	**<0,001**
5	1855,34 (91,05)	207,72	**<0,001**

SH: Standart hata; a: ANOVA'dan elde edilen tahmini marjinal ortalamalar kullanılmıştır. b: B1'e göre ortalama fark.

Grup ve blok etkileşimi istatistiksel olarak anlamlı değildir [Greenhouse-Geisser düzeltmesi ile, $F(2{,}915, 113{,}690) = 2{,}294$, $p = 0{,}083$, $\eta_p^2 = 0{,}056$]. Bloklar boyunca gözlenen yanıt süresinin azalma paterni gruplar arasında anlamlı düzeyde farklılaşmamıştır. SCA ve sağlıklı kontrol gruplarına ait yanıt sürelerinin eğitim aşaması boyunca değişimi Şekil 4-1'de gösterilmiştir.



Şekil 4-1: SCA ve sağlıklı kontrol gruplarında deneysel görevin eğitim aşamasına ait yanıt sürelerinin bloklar boyunca değişimi

Tablo 4-5: Eğitim aşamasına ait yanıt süresi verileri için karma tasarımlı ANOVA sonuçlarına ait özet tablo

	5 (blok) X 2 (grup) karma tasarımlı ANOVA	
Blok	$F(2{,}915,\ 113{,}690) = 13{,}259$, $\boldsymbol{p < 0{,}001}$, $\eta_p^2 = 0{,}254$	Tüm katılımcıların yanıt süresi bloklar arasında hızlandı.
Grup	$F(1,\ 39) = 48{,}173$, $\boldsymbol{p < 0{,}001}$, $\eta_p^2 = 0{,}553$	SCA grubunun yanıt süresi kontrollere göre daha yavaştı.
Blok*Grup	$F(2{,}915,\ 113{,}690) = 2{,}294$, $p = 0{,}083$, $\eta_p^2 = 0{,}056$	Yanıt süresindeki hızlanma paterni iki grup arasında farklılaşmadı.

4.3.2. Stroop Test Bloklarına Ait Doğruluk Oranı Bulguları

Başlangıç Düzeyi Farklılıkları

Gruplar arasındaki başlangıç düzeyi farklılıklarını ortaya koymak amacıyla, katılımcıların sekans eğitimi ve pratik etkisinden önceki temel düzey Stroop

görevindeki doğru yanıt oranları, Eğitim Öncesi Test Bloğu (R1) üzerinden değerlendirilmiştir (Tablo 4-6).

Doğruluk oranları temelinde gerçekleştirilen karşılaştırmalarda SCA grubunun uyumsuz uyaranlara verdikleri doğru yanıt oranlarının sağlıklı kontrol grubuna kıyasla anlamlı düzeyde daha düşük olduğu saptanmıştır (U = 121,50, p = 0,035). Benzer biçimde nötr uyaranlar için de SCA grubunun doğruluk oranlarının kontrol grubuna göre anlamlı düzeyde daha düşük olduğu bulunmuştur (U = 111,00, p = 0,017). Buna karşın, uyumlu uyaranlar açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir (p = 0,361).

Tablo 4-6: Grupların R1 bloğundaki temel düzey doğru yanıt oranlarının Mann-Whitney U testi ile karşılaştırılması

	SCA (N = 16)			**Kontrol** (N = 25)			***U***	***p***
Ölçüm	Mdn.	Min – Maks	Ç1 – Ç3	Mdn.	Min – Maks	Ç1 – Ç3		
Uyumlu	100,00	77,78 – 100,00	94,44 – 100,00	100,00	94,44 – 100,00	100,00 – 100,00	165,50	0,361
Uyumsuz	86,11	44,44 – 100,00	68,06 – 94,44	94,44	55,56 – 100,00	88,89 – 97,22	121,50	**0,035**
Nötr	97,22	72,22- 100,00	88,89 – 100,00	100,00	94,44 – 100,00	100,00 – 100,00	111,00	**0,017**

Min: En küçük değer; Maks: En büyük değer.

Başlangıç düzeyinde gruplar arası farklılığın özellikle nötr ve uyumsuz uyaranlarda ortaya çıkması nedeniyle takip eden doğruluk analizleri bu uyaranlar üzerinden yürütülmüştür.

Bloklar Arası Değişim

Uyumsuz ve nötr uyaranlara ait doğruluk oranları için *grup* (2: SCA, sağlıklı kontrol) gruplar arası faktör, *uyaran türü* (2: uyumsuz, nötr) ve *blok* (4: R1, S1, S2, R2)

grup içi faktörler olmak üzere son faktörde tekrar ölçümlü karma tasarımlı ANOVA yürütülmüştür. Analiz sonuçlarına ait veriler Tablo 4-7'de sunulmuştur.

Tablo 4-7: Uyaranların doğruluk oranlarının bloklar arasında değişimini gösteren ANOVA'ya ilişkin özet tablo

4 (blok) X 2 (uyaran) X 2 (grup) tekrar ölçümlü ANOVA		
Grup	$F(1,39) = 6,85$, $\boldsymbol{p = 0,013}$, $\eta_p^2 = 0,149$	SCA grubunun genel doğruluk oranı kontrollere kıyasla daha düşüktü.
Uyaran	$F(1, 39) = 37,99$, $\boldsymbol{p < 0,001}$, $\eta_p^2 = 0,493$	Tüm katılımcılar nötr uyaranlara daha yüksek oranda doğru yanıt verdi.
Blok	$F(2, 39, 93,23) = 5,50$ $\boldsymbol{p = 0,003}$, $\eta_p^2 = 0,124$	Tüm katılımcılar S1 bloğunda R1 bloğuna kıyasla daha yüksek oranda doğru yanıt verdi.
Grup*Uyaran	$F(1,39) = 2,19$, $p = 0,147$, $\eta_p^2 = 0,053$.	Uyaran tipleri arasındaki doğruluk farkı SCA ve kontrol grupları için benzer düzeydeydi.
Grup*Blok	$F(2,39, 93,23) = 3,06$, $\boldsymbol{p = 0,043}$, $\eta_p^2 = 0,073$.	Doğruluk performansındaki bloklara bağlı değişim paterni, SCA ve kontrol gruplarında farklılaştı.
Blok*Uyaran	$F(3, 117) = 8,87$, $\boldsymbol{p < 0,001}$, $\eta_p^2 = 0,185$	Doğruluk oranlarındaki bloklar boyunca değişim, uyaran tipine göre farklılaştı.
Grup*Uyaran*Blok	$F(3, 117) = 0,56$, $p = 0,644$, $\eta_p^2 = 0,014$.	Bloklara göre değişen uyaran tipi etkisi SCA ve kontrol gruplarında benzerdi.

Grup ana etkisi anlamlı bulunmuştur ($p = 0,013$). SCA grubunun genel doğruluk performansı (*Ort.* = 91,54, *SH* = 1,21) sağlıklı kontrol grubuna (*Ort.* = 95,58, *SH* = 0,97) kıyasla daha düşüktür (Tablo 4-7). *Uyaran türü* ana etkisi anlamlı bulunmuştur ($p < 0,001$). Doğruluk oranı nötr uyaranlarda (*Ort.* = 96,89, *SH* = 0,54), uyumsuz uyaranlara (*Ort*. = 90,23, *SH* = 1,22) kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksektir (Tablo 4-7). Blok ana etkisi için küresellik varsayımı ihlal edilmiş olup blok ana etkisi ile blok ve grup etkileşimi için Greenhouse-Geisser düzeltmesi kullanılmıştır. Buna karşılık blok ve uyaran türü etkileşimi ile grup, blok ve uyaran türünün üçlü etkileşimleri için küresellik varsayımı sağlandığından düzeltme uygulanmamıştır. *Blok* ana etkisi anlamlı bulunmuştur ($p = 0,003$). Bonferroni düzeltmeli ikili karşılaştırmalar, ilk blok performansının (*Ort.* = 91,16, *SH* = 1,31) ikinci blok performansından (*Ort.* = 95,17, *SH* = 0,72) anlamlı düzeyde düşük olduğunu göstermiştir. Bloklar arası diğer ikili

karşılaştırmalar anlamlı bulunmamıştır (tüm *p* değerleri > 0,05) (Tablo 4-7). Etkileşimler incelendiğinde *grup ve blok* etkileşimi anlamlı bulunmuştur. Bu bulgu, bloklar boyunca doğruluk değişiminin gruplar arasında farklılaştığını göstermektedir. *Blok ve uyaran türü* etkileşimi anlamlı bulunmuştur ($p < 0,001$). Buna göre uyaran türünün doğruluk üzerindeki etkisi bloklara göre değişmiştir. Buna karşın *grup ve uyaran tipi* etkileşimi ile *üçlü etkileşim* anlamlı değildir (tüm *p* değerleri > 0,05).

ANOVA'nın ardından blok ve uyaran türü etkileşiminin kaynağını incelemek amacıyla sekans eğitimi öncesi ve sonrası bloklar arasındaki doğruluk oranı değişimleri her grup için ayrı değerlendirilmiştir. Doğruluk oranlarının özellikle bazı koşullarda tavana yakın seyretmesi nedeniyle analizde parametrik olmayan Wilcoxon İşaretli Sıralar Toplamı testi tercih edilmiştir. Bu doğrultuda R1-S1 karşılaştırması sekansın erken etkisini, R1-S2 karşılaştırması sekans etkisinin bellekte tutulmasını, R1-R2 karşılaştırması ise görev tekrarına bağlı olası pratik etkilerini göstermektedir.

Erken Etki (R1 – S1)

SCA grubunda uyumsuz uyaranlara ait doğruluk oranlarının R1 bloğuna kıyasla S1 bloğunda anlamlı düzeyde arttığı görülmüştür ($Z = -2,48$, $p = 0,015$). Nötr uyaranlara ait doğruluk oranları açısından iki blok arasında anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p = 0,558$). Sağlıklı kontrol grubunda uyumsuz uyaranlara ait doğruluk oranlarının R1 ve S1 blokları arasında trend düzeyinde kaldığı görülmüştür ($p = 0,027$); nötr uyaranlar açısından anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p = 0,257$) (Tablo 4-8).

Sekans etkisinin bellekte tutulması (R1 – S2)

SCA grubunda uyumsuz uyaranlara ait doğruluk oranlarının S2 bloğunda R1 bloğuna kıyasla anlamlı düzeyde yüksek olduğu görülmüştür ($Z = 2,42$, $p = 0,015$). R1 ve S2 blokları arasında nötr uyaranlar açısıdan anlamlı farklılık bulunmamıştır ($Z = 1,00$, $p = 0,317$). Sağlıklı kontrol grubunda uyumsuz ve nötr uyaranlar açısından iki blok arasında anlamlı farklılık saptanmamıştır (*p* değerleri > 0,017) (Tablo 4-8).

Tablo 4-8: Uyumlu ve uyumsuz uyaranlara ait doğruluk oranlarının bloklar arası grup içi karşılaştırmaları için Wilcoxon İşaretli Sıralar Toplamı Testi sonuçları

	SCA (N = 16)							
	Referans Blok			**Karşılaştırılan Blok**				
	Medyan	Min – Maks	Ç1 – Ç3	Medyan	Min – Maks	Ç1 – Ç3	Z	p^a
R1 – S1								
Uyumsuz	86,11	44,44 – 100,00	68,06 - 94,44	94,44	72,22 – 100,00	83,33 – 100,00	-2,43	**0,015**
Nötr	97,22	72,22 – 100,00	88,89 – 100,00	94,44	83,33 – 100,00	94,44 – 100,00	-0,59	0,558
R1 – S2								
Uyumsuz	86,11	44,44 – 100,00	68,06 - 94,44	94,44	61,11 – 100,00	83,33 – 98,61	-2,42	**0,015**
Nötr	97,22	72,22 – 100,00	88,89 – 100,00	100,00	83,33 – 100,00	94,44 – 100,00	-1,00	0,317
R1 – R2								
Uyumsuz	86,11	44,44 – 100,00	68,06 - 94,44	94,44	66,67 – 100,00	79,17 – 94,44	-2,25	0,024
Nötr	97,22	72,22 – 100,00	88,89 – 100,00	100,00	83,33 – 100,00	94,44 – 100,00	-0,55	0,582
	Kontrol (N = 25)							
	Referans Blok			**Karşılaştırılan Blok**				
	Medyan	Min – Maks	Ç1 – Ç3	Medyan	Min – Maks	Ç1 – Ç3	Z	p^a
R1 – S1								
Uyumsuz	94,44	55,56 – 100,00	88,89 – 97,22	94,44	83,33 – 100,00	91,67 – 100,00	-2,21	0,027
Nötr	100,00	94,44 – 100,00	100,00 – 100,00	100,00	94,44 – 100,00	100,00 – 100,00	-1,13	0,257
R1 – S2								
Uyumsuz	94,44	55,56 – 100,00	88,89 – 97,22	94,44	72,22 – 100,00	88,89 – 97,22	-1,34	0,180
Nötr	100,00	94,44 – 100,00	100,00 – 100,00	100,00	83,33 – 100,00	94,44 – 100,00	-1,81	0,070
R1 – R2								
Uyumsuz	94,44	55,56 – 100,00	88,89 – 97,22	94,44	72,22 – 100,00	88,89 – 100,00	-1,95	0,050
Nötr	100,00	94,44 – 100,00	100,00 – 100,00	100,00	72,22 – 100,00	94,44 – 100,00	-2,81	**0,005**

Min: En küçük değer; Maks: En büyük değer; Ç1: Alt çeyrek; Ç3: Üst çeyrek; a: Bonferroni düzeltmesi sonrasında $p < 0,017$

Görev tekrarına bağlı pratik etkisi (R1 – R2)

SCA grubunda uyumsuz ve nötr uyaranlar için R1 ve R2 blokları arasında anlamlı farklılık görülmemiştir (tüm *p* değerleri > 0,017)[5]. Sağlıklı kontrol grubunda ise nötr uyaranlar açısından R1 ile R2 arasında anlamlı fark bulunmuştur (Z = 2,81, p = 0,005). Yönü incelendiğinde farkın R2 bloğunun aleyhine olduğu görülmüş, bu bulgu yorgunluğun yansıması olarak nitelendirilmiştir. Uyumsuz uyaranlar açısından anlamlı farklılık saptanmamıştır (p = 0,05) (Tablo 4-8).

4.3.3. Stroop Test Bloklarına Ait Yanıt Sürelerine İlişkin Bulgular

4.3.3.1. Başlangıç Düzeyi Farklılıklarına İlişkin Bulgular

SCA ve sağlıklı kontrol grupları arasındaki başlangıç düzeyi farklılıklarını belirlemek amacıyla katılımcıların temel Stroop performansı Eğitim Öncesi Test Bloğu (R1) üzerinden incelenmiştir.

Yanıt süreleri grup (2: SCA, kontrol) gruplar arası ve uyaran türü (3: uyumlu, uyumsuz, nötr) grup içi faktör olmak üzere karma tasarımlı ANOVA ile incelenmiştir (Tablo 4-9). *Grup* ana etkisi anlamlı bulunmuştur [F(1,39) = 37,169, p < 0,01, η_p^2 = 0,488]. Buna göre SCA grubunun ortalama yanıt süresi (*Ort.* = 3006,048 ms, *SH* = 178,519 ms), sağlıklı kontrol grubuna (*Ort.* = 1612,254 ms, *SH* = 142,815 ms) kıyasla daha yüksektir. *Uyaran türü* ana etkisi anlamlı bulunmuştur [Greenhouse-Geisser düzeltmesi ile, F(1, 522, 59,342) = 5,204, p = 0,014, η_p^2 = 0,118]. İkili karşılaştırmalar, uyumsuz uyaranlara verilen yanıt sürelerinin hem nötr (*Ort. fark* = 119,225 ms, p < 0,001) hem de uyumlu uyaranlara (*Ort. fark* = 108,849 ms, p = 0,037) kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksek olduğunu göstermiştir. Nötr ve uyumlu uyaranlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmemiştir (p = 0,836). Buna karşın *uyaran türü ve grup* etkileşimi istatistiksel olarak anlamlılığa ulaşmamıştır [F(1,522, 59,342) = 1,257, p = 0,284, η_p^2 = 0,031].

[5] Çoklu karşılaştırmalar için Bonferroni düzeltmesi uygulanmış ve anlamlılık sınırı p < 0,017 olarak kabul edilmiştir.

Tablo 4-9: R1 bloğuna ait yanıt süreleri için yürütülen tekrar ölçümlü ANOVA'ya dair özet tablo

3 (uyaran) X 2 (grup) tekrar ölçümlü ANOVA		
Uyaran	$F(1, 522, 59{,}342) = 5{,}204$, $\boldsymbol{p = 0{,}014}$, $\eta_p^2 = 0{,}118$	Uyumsuz uyaranlara verilen yanıt süresi uyumlu ve nötr uyaranlara kıyasla daha yavaştı.
Grup	$F(1{,}39) = 37{,}169$, $\boldsymbol{p < 0{,}01}$, $\eta_p^2 = 0{,}488$	Görevin genelinde SCA grubu kontrollere kıyasla daha yavaş tepki verdi.
Uyaran*Grup	$F(1{,}522, 59{,}342) = 1{,}257$, $p = 0{,}284$, $\eta_p^2 = 0{,}031$	Uyaran türlerine bağlı yanıt süresi değişimi gruplar arasında farklılaşmadı.

Örneklem büyüklüğünün sınırlı olması nedeniyle uyaran türü ve grup etkileşimine yansımayan olası farklılıkların değerlendirilebilmesi amacıyla SCA ve sağlıklı kontrol gruplarında uyaran türüne bağlı yanıt sürelerini değerlendirmek amacıyla iki ayrı tekrarlı ölçümler için ANOVA yürütülmüştür (Tablo 4-10).

Analiz sonucunda sağlıklı kontrol grubunda uyaran türü ana etkisinin anlamlı olduğu görülmüştür [$F(1{,}84, 44{,}22) = 10{,}78$, $p < 0{,}01$, $\eta_p^2 = 0{,}310$]. Bonferroni düzeltmeli ikili karşılaştırmalar, uyumsuz uyaranlara verilen yanıt sürelerinin hem nötr ($p = 0{,}002$) hem de uyumlu uyaranlara ($p = 0{,}001$) kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksek olduğunu göstermiştir. Nötr ve uyumlu uyaranlar arasında ise anlamlı farklılık gözlenmemiştir ($p = 0{,}276$).

SCA grubunda uyaran türü ana etkisi anlamlı düzeye ulaşmamıştır [Greenhouse-Geisser düzeltmesi ile, $F(1{,}31, 19{,}70) = 0{,}93$, $p = 0{,}373$, $\eta_p^2 = 0{,}058$]. Bonferroni düzeltmeli ikili karşılaştırmalarda uyaran türleri arasındaki ikili karşılaştırmalar içerisinde anlamlı farklılık bulunmamıştır.

Tablo 4-10: SCA ve sağlıklı kontrol gruplarında uyaran türleri arasındaki ikili yanıt süresi karşılaştırmaları

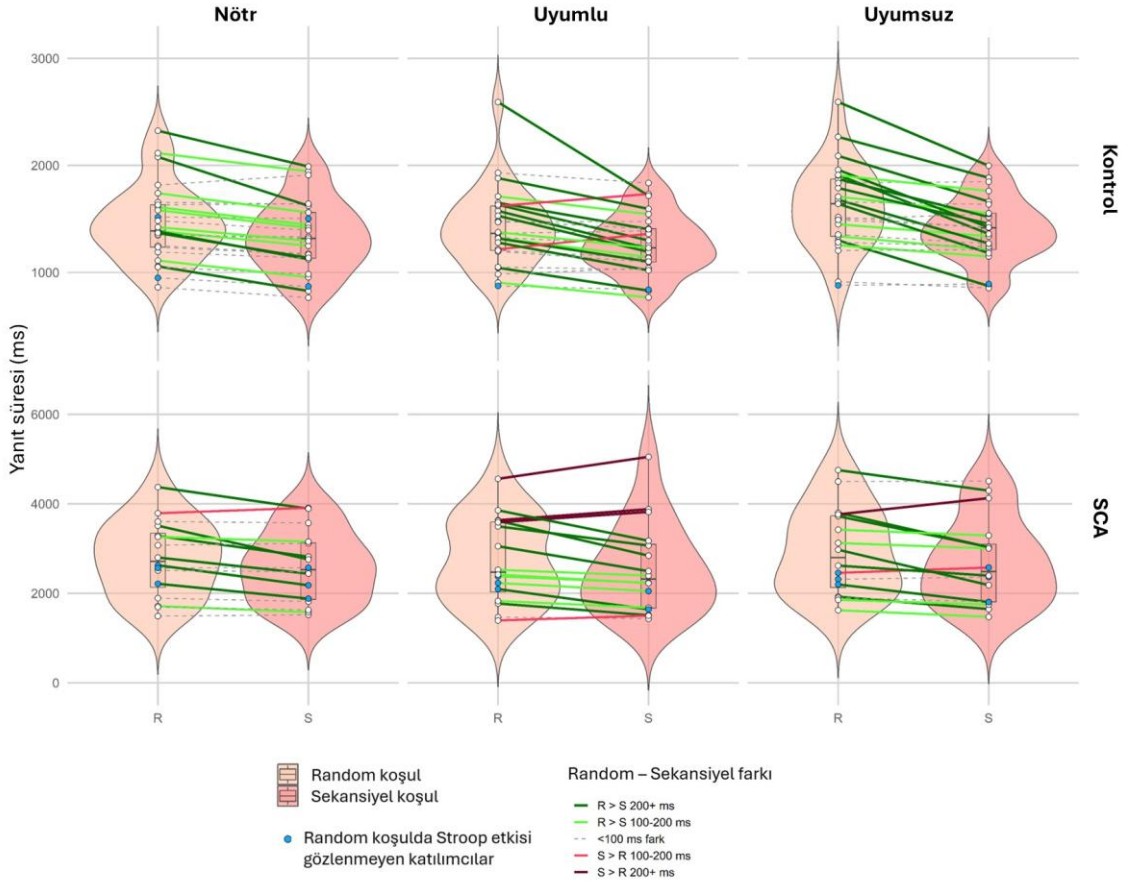
SCA (*N* = 16)				
Ölçüm (I) – Ölçüm (J)	Ortalama (SH)		Ortalama fark (I-J)	*p*
Uyumsuz – Uyumlu	3061,337 (249,513)	3010,632 (294,291)	50,705	1,000
Uyumsuz – Nötr	3061,337 (249,513)	2946,176 (221,588)	115,161	0,142
Uyumlu – Nötr	3010,632 (294,291)	2946,176 (221,588)	64,456	1,000
Kontrol (*N* = 25)				
Ölçüm (I) – Ölçüm (J)	Ortalama (SH)		Ortalama fark (I-J)	*p*
Uyumsuz – Uyumlu	1709,014 (92,158)	1542,022 (92,357)	166,992	**0,001**
Uyumsuz – Nötr	1709,014 (92,158)	1585,726 (86,457)	123,288	**0,002**
Uyumlu – Nötr	1542,022 (92,357)	1585,726 (86,457)	-43,704	0,828

4.3.3.2. Genel Yanıt Sürelerinin Değişimine İlişkin Bulgular

Genel yanıt sürelerini incelemek amacıyla grup (2: SCA, sağlıklı kontrol) x koşul (2: Random, sekansiyel) karma desenli ANOVA yürütülmüştür. Analiz sonucunda *grup* ana etkisi anlamlı bulunmuştur [F(1,39) = 43,70, $p < 0,001$, $\eta_p^2 = 0,528$]. Tahmini marjinal ortalamalar incelendiğinde SCA grubunun genel yanıt süresinin (*Ort*. = 2688,87 ms, *SH* = 150,57 ms), sağlıklı kontrollere (*Ort*. = 1419,19 ms, *SH* = 120,46 ms) anlamlı düzeyde daha uzun olduğu görülmüştür (*Ort. fark* = 1275,687, $p < 0,001$). *Koşul* ana etkisi anlamlı bulunmuştur [$F(1,39) = 38,97$, $p < 0,001$, $\eta_p^2 = 0,500$]. Random koşulda verilen ortalama yanıt süreleri (*Ort*. = 2145,20 ms, *SH* = 99,71 ms), sekansiyel koşulda verilen yanıt sürelerinden (*Ort*. = 1957,86 ms, *SH* = 95,39 ms) daha uzundur (*Ort. fark* = 187,341, $p < 0,001$). *Grup ve koşul* etkileşimi anlamlı

bulunmamıştır [$F(1,39) = 0,59$, $p = 0,449$, $\eta_p^2 = 0,015$]. Random koşuldan sekansiyel koşula geçişte gözlenen genel hızlanma gruplar arasında istatistiksel olarak farklılaşmamıştır.

Genel yanıt sürelerine ilişkin bulguları tamamlayıcı olarak, random ve sekansiyel koşullar arasındaki yanıt süresi değişimi uyaran türleri düzeyinde betimsel olarak görselleştirilmiştir. Şekil 4-2'de her bir uyaran türü için katılımcı bazında random ve sekansiyel koşullar arasındaki yanıt süresi değişimi sunulmuştur.



Şekil 4-2: Kontrol ve SCA gruplarında uyaran türlerine göre random ve sekansiyel koşullardaki yanıt sürelerinin bireysel dağılımları ve değişimleri

Her bir doğru, tek bir katılımcının iki koşul arasındaki yanıt süresi değişimini göstermektedir.

Şekil 4-2, sağlıklı kontrol grubunda özellikle uyumsuz uyaranlarda sekansiyel koşula geçişle birlikte yanıt sürelerinde daha tutarlı bir azalma eğilimi olabileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte bu görselleştirme genel yanıt süresi değişimini

yansıtmaktadır. Çalışmanın temel amacı sekansiyel düzenliliğin Stroop enterferansı üzerindeki etkisini değerlendirmek olduğu için izleyen analizde enterferans süresindeki değişim doğrudan analiz edilmiştir.

4.3.3.3. Enterferans Süresinin Değişimine İlişkin Bulgular

Enterferans etkisinin değişimini daha doğrudan değerlendirmek amacıyla çatışmasız koşul olarak nötr uyaranlar kullanılmıştır. Her blok için uyumsuz uyarana verilen yanıt süresi, nötr uyaranlara verilen yanıt sürelerinden çıkartılarak aşağıdaki indeks elde edilmiştir (4-1):

$$Enterferans\ süresi = RT_{Uyumsuz} - RT_{Nötr} \quad (4\text{-}1)$$

Random bloklar (R ve R2) ile sekansiyel blokların (S1 ve S2) ortalamaları alınmıştır. Random koşullarda negatif enterferansa sahip olan katılımcılar analiz dışı bırakılmıştır[6]. Analize 13 SCA hastası (6'sı kadın) ile 23 sağlıklı kontrol (11'i kadın) dahil edilmiştir. Gruplar arasında yaş (SCA: *Ort.* = 44,85, *SS* = 12,82; kontrol: *Ort.* = 46,43, *SS* = 10,70; $t(34) = -0{,}398$, $p = 0{,}693$), eğitim süresi (SCA: *Ort.* =10,77, *SS* = 4,94; Kontrol: *Ort* = 10,74, *SS* = 4,13; $t(34) = 0{,}20$, $p = 0{,}984$) ve cinsiyet (χ^2 (1, N = 36) = 0,009, $p = 0{,}923$) ile depresyon puanları (SCA: *Mdn.* = 6,00, Kontrol: *Mdn.* = 5,00; $U = 127{,}500$, $p = 0{,}465$) bakımından anlamlı fark saptanmamıştır.

Random ve sekansiyel koşullara ait enterferans süreleri her grup içinde Wilcoxon İşaretli Sıralar Toplamı Testi ile karşılaştırılmıştır (Tablo 4-11). Sağlıklı kontrol grubunda randomize koşullardaki ortalama enterferans süresinin, sekansiyel koşullara ait ortalama enterferans süresine kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu bulunmuştur ($p = 0{,}012$). SCA grubunda ise random ve sekansiyel koşullara ait enterferans süreleri arasındaki fark anlamlılık sınırında kalmıştır ($p = 0{,}064$).

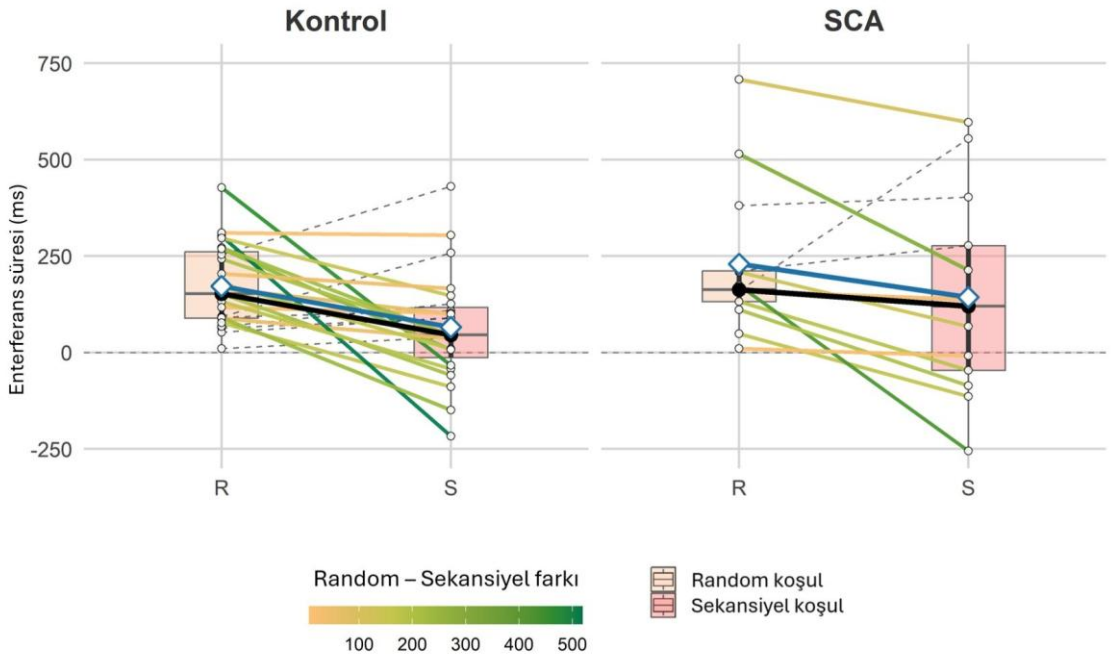
[6] Enterferans süresinin 0 ve altında olması Stroop etkisinin oluşmadığına veya tersine döndüğüne işaret eder. Sekans etkisinin enterferans üzerindeki etkisini inceleyebilmek amacıyla, sekans etkisinden bağımsız olduğu kabul edilen randomize koşulda Stroop etkisi göstermeyen 3 SCA hastası ile 2 sağlıklı katılımcı ilgili analizlerden çıkarılmıştır.

Tablo 4-11: Random ve sekansiyel koşullara ait enterferans sürelerinin grup içi Wilcoxon İşaretli Sıralar Toplamı Testi ile karşılaştırılması

SCA (N = 13)								
	Randomize koşul			**Sekansiyel koşul**				
	Medyan	Min – Maks	Ç1 – Ç3	Medyan	Min – Maks	Ç1 – Ç3	Z	p
Enterferans (ms)	162,52	10,54 – 708,02	121,44 – 296,38	120,31	-254,90 – 597,03	-66,12 – 339,94	1,852	0,064
Kontrol (N = 23)								
	Randomize koşul			**Sekansiyel koşul**				
	Medyan	Min – Maks	Ç1 – Ç3	Medyan	Min – Maks	Ç1 – Ç3	Z	p
Enterferans (ms)	152,32	10,01 – 427,85	88,73 – 268,68	45,92	-216,68 – 430,83	-33,52 – 125,95	2,524	**0,012**

Min: En küçük değer; Maks: En büyük değer; Ç1: Alt çeyrek; Ç3: Üst çeyrek.

Kontrol ve SCA gruplarının random ve sekansiyel koşullardaki enterferans süreleri Şekil 4-3'te verilmiştir.



Şekil 4-3: Enterferans sürelerinin koşullara göre değişimini gösteren random-sekansiyel fark puanları.

Renk skalası sekans kazancının büyüklüğünü temsil etmektedir. Sekans kazancı, random koşullardaki enterferans süresinden sekansiyel koşuldaki enterferans süresinin çıkarılmasıyla hesaplanmıştır. Değerin büyümesi sekansiyel koşulda enterferans maliyetinin azalmasını göstermektedir. Her doğru bir katılımcıyı ifade etmektedir.

4.4. Korelasyon Analizlerine Ait Bulgular

Korelasyon analizlerinde nöropsikolojik değerlendirmeler arasından gruplar arasında farklılık gösteren temel değişkenler seçilmiştir. Bu doğrultuda SDMT, Stroop enterferans puanı ve anlamlılık sınırına yaklaşan WCST tamamlanan kategori sayısı ile görevden elde edilen enterferans ölçümü arasında korelasyon analizleri yürütülmüştür.

4.4.1. Klinik Şiddet ile Nöropsikolojik Performans Arasındaki Korelasyonlar

Bilgi işleme hızı, mental esneklik ve inhibisyon ile ilişkili olduğu düşünülen ölçümler ile ataksi şiddetini değerlendiren ICARS toplam puanı ve hastalık süresi arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Buna ek olarak, sözel olarak uygulanan SDMT ve Stroop Test ile ilişkisini incelemek amacıyla ICARS dizartri alt puanı da analize dahil edilmiştir. Analiz sonuçları Tablo 4-12'de verilmiştir.

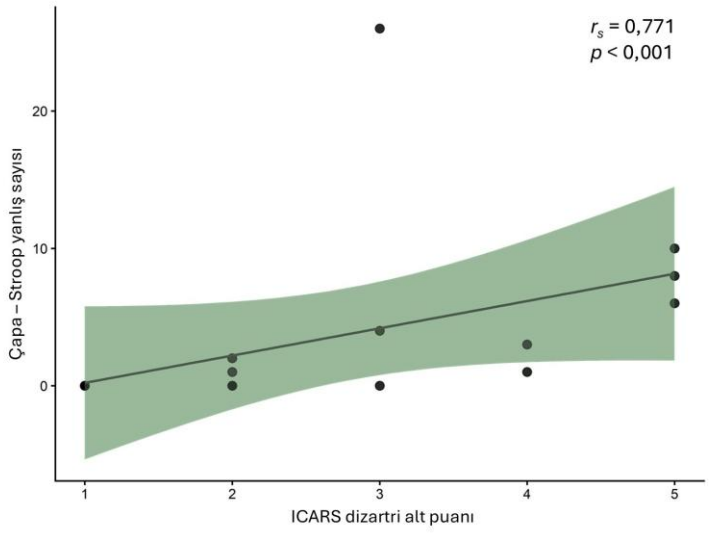
Tablo 4-12: SCA grubunda klinik değişkenler ile nöropsikolojik test performansı arasındaki Spearman korelasyon analizleri

	N	Hastalık süresi	Ataksi toplam	Dizartri
SDMT	16	r_s = -0,287 p^a = 0,282	r_s = -0,009 p^a = 0,974	r_s = -0,376 p^a = 0,152
Enterferans (sn)[1]	16	r_s = 0,121 p^a = 0,655	r_s = -0,124 p^a = 0,648	r_s = 0,400 p = 0,125
Yanlış #[1]	16	r_s = 0,337 p^a = 0,202	r_s = -0,119 p^a = 0,660	r_s = 0,771 **p^a < 0,001**
Spontan düzeltme #[1]	16	r_s = 0,271 p^a = 0,310	r_s = -0,409 p^a = 0,115	r_s = 0,169 p^a = 0,532
Tamamlanan kategori #[2]	16	r_s = -0,008 p^a = 0,976	r_s = 0,135 p^a = 0,617	r_s = -0,491 p^a =0,54
Perseveratif hata %[2]	16	r_s = 0,306 p = 0,249	r_s = 0,028 p = 0,918	r_s = 0,329 p = 0,214

SDMT: Sembol Sayı Modaliteleri Testi; 1: Stroop test; 2: Wisconsin Kart Eşleme Testi; #: sayı; %: yüzde; a: Bonferroni düzeltmesi sonrasında $p < 0,008$.

Korelasyon analizinde hastalık süresi ve toplam ICARS puanı ile nöropsikolojik ölçümler arasında herhangi bir korelasyon bulunmamıştır (tüm p değerleri > 0,008) [7]

Dizartri alt puanı ile Stroop yanlış sayısı arasında güçlü düzeyde pozitif yönlü anlamlı ilişki saptanmıştır (r_s = 0,771, p < 0,001) (Şekil 4-4). Stroop yanlış sayısı açısından uç değer oluşturan bir katılımcı analizden çıkarılarak korelasyon analizi tekrarlandığında korelasyon katsayısı yükselmiş ve yine güçlü düzeyde ve anlamlı bir korelasyon elde edilmiştir (N = 15, r_s = 0,818, p < 0,001).



Şekil 4-4: Dizartri şiddeti ile Stroop yanlış sayısı arasındaki ilişki

4.4.2. Nöropsikolojik Testler ile Görev Performansı Arasındaki Korelasyonlar

Görev performansı ile nöropsikolojik ölçümler arasındaki korelasyonları incelemek amacıyla sekans kazancı hesaplanmıştır. Sekans kazancı, randomize bloklardaki ortalama enterferans değerinden sekansiyel bloklardaki ortalama enterferans değerinin çıkarılmasıyla elde edilmiştir (4-2). Sekans kazancına ilişkin dağılımlar Şekil 4-3'te sunulmuştur.

[7] Çoklu karşılaştırmalar için Bonferroni düzeltmesi uygulanmış ve anlamlılık sınırı p < 0,008 olarak kabul edilmiştir.

$$Sekans\ kazancı = \frac{E_{R1} + E_{R2}}{2} - \frac{E_{S1} + E_{S2}}{2} \quad (4\text{-}2)$$

E = Enterferans; R = Randomize; S = Sekansiyel. Enterferans kazancından elde edilen puanların yüksekliği, sekansiyel düzenlilikten daha fazla yararlanıldığını göstermektedir.

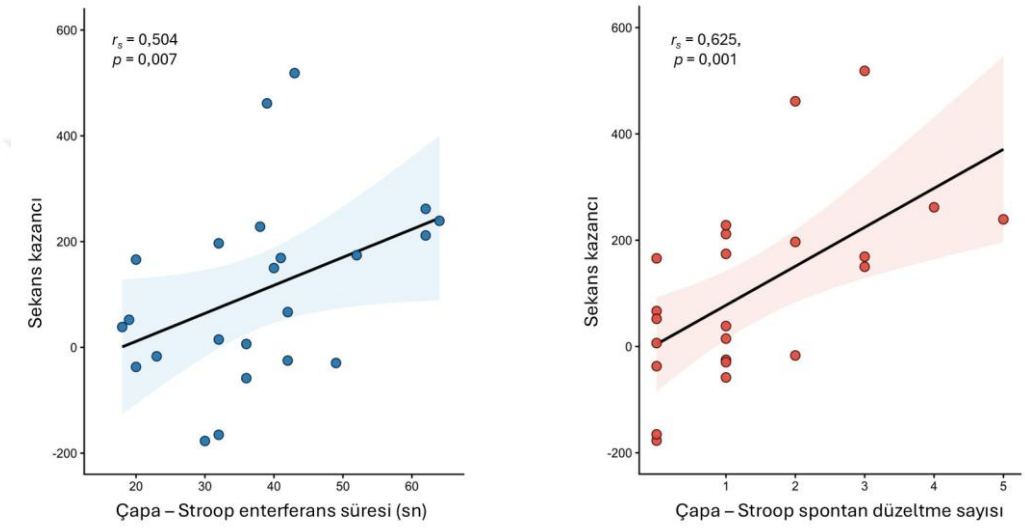
Korelasyon analizine dahil edilen nöropsikolojik ölçümler araştırmanın özgül hipotezleri ve kuramsal çerçevesi doğrultusunda belirlenmiştir. Deneysel görev Stroop paradigmasını içerdiğinden, Çapa Stroop formunun tüm temel bileşenleri, ayrıca mental esneklik ve set değiştirme becerilerinin de sekans bilgisinden yararlanma ve performans kazancı ile ilişkili olabileceği hipotezi ile Wisconsin Kart Eşleme Testi'nin tamamlanan kategori sayısı ve perseveratif hata yüzdesi bileşenleri korelasyon analizlerine dahil edilmiştir. Analiz sonuçları Tablo 4-13'te verilmiştir.

Tablo 4-13: Sekans kazancı ile nöropsikolojik test ölçümleri arasındaki Spearman korelasyon analizi sonuçları

	Sekans kazancı	
	SCA (N = 13)	Kontrol (N = 23)
Enterferans (sn)[1]	r_s = -0,016 p^a = 0,479	r_s = 0,504 **p^a = 0,007**
Yanlış #[1]	r_s = 0,068 p^a = 0,413	r_s = 0,003 p^a = 0,494
Spontan düzeltme #[1]	r_s = -0,197 p^a = 0,260	r_s = 0,625 **p^a = 0,001**
Tamamlanan kategori #[2]	r_s = 0,000 p^a =0,500	r_s = -0,105 p^a = 0,317
Perseveratif hata %[2]	r_s = -0,080 p^a = 0,397	r_s = 0,186 p^a = 0,198

1: Stroop Test; 2: Wisconsin Kart Eşleme Test; i#: sayı; %: yüzde; a: Bonferroni düzeltmesi sonrasında $p < 0,01$.

Sağlıklı kontrol grubunda enterferans kazancı ile Çapa Stroop formu enterferans süresi (r_s = 0,504, p = 0,007) ve spontan düzeltme sayısı (r_s = 0,625, p = 0,001) arasında pozitif yönlü anlamlı ilişki saptanmıştır (Şekil 4-5). Buna göre sağlıklı katılımcılar içerisinde inhibitör kontrol becerisi düştükçe, deneysel görevde sekanstan elde edilen fayda artmıştır. SCA grubunda ise enterferans kazancı ile nöropsikolojik test performansları arasında anlamlı ilişki gözlenmemiştir (tüm p değerleri > 0,01).[8]



Şekil 4-5: Sekans kazancı ile Çapa – Stroop performansı arasındaki ilişkiler

4.4.3. Klinik Değişkenler ile Sekans Kazancı Arasındaki Korelasyonlar

SCA grubunda klinik değişkenler ile görev performansı arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla hastalık süresi ve ICARS toplam puanı ile enterferans kazancı arasında Spearman Korelasyon Analizi yürütülmüştür. Analiz sonucuna göre SCA grubunda sekans kazancı ile hastalık süresi ve ataksi şiddeti arasında anlamlı ilişki bulunmamıştır (her ikisi için p > 0,025)[9]. (Tablo 4-14).

[8] Çoklu karşılaştırmalar için Bonferroni düzeltmesi uygulanmış ve anlamlılık sınırı p < 0,01 olarak kabul edilmiştir.

[9] Çoklu karşılaştırmalar için Bonferroni düzeltmesi uygulanmış ve anlamlılık sınırı p < 0,025 olarak kabul edilmiştir.

Tablo 4-14: SCA grubuna ait klinik değişkenler ve enterferans direnci arasındaki Spearman korelasyon analizi sonuçları

	N	Hastalık süresi	Ataksi toplam
Sekans kazancı	13	r_s =-0,393 p^a = 0,184	r_s = -0,234 p^a = 0,441

a: Bonferroni düzeltmesi sonrasında anlamlılık sınırı $p < 0,025$.

5. TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında serebellar nörodejenerasyon tanısı ile izlenen hastalarda örtük algısal düzenliliklerin inhibitör kontrol üzerindeki olası etkileri incelenmiştir. Bu amaç doğrultusunda Stroop görevine örtük bir algısal sekansın entegre edildiği deneysel bir görev tasarlanmıştır. Söz konusu paradigmada katılımcılara ilk olarak uyaranların randomize bir şekilde sunulduğu bir blok uygulanarak başlangıç Stroop performans düzeyi değerlendirilmiştir. Akabinde gerçekleştirilen eğitim aşamasında katılımcılara belirli bir renk örüntüsünden oluşan algısal bir sekans tekrarlı bir biçimde sunulmuş ve bu düzenliliğin katılımcılar tarafından örtük biçimde öğrenilmesi hedeflenmiştir. Eğitim aşamasının ardından katılımcılar yeniden Stroop görevini yerine getirmiş, ancak bu aşamada ilk iki blokta kelimelerin mürekkep renkleri katılımcıların bilgisi olmaksızın daha önce eğitim aşamasında tekrarlı biçimde sunulan renk sekansını sürdürecek şekilde düzenlenmiştir. Böylece katılımcıların daha önce maruz kaldıkları algısal düzenliliklerin görev performansına olası etkileri değerlendirilmiştir. Paradigmanın son aşamasında ise yeniden bir randomize blok uygulanarak pratik etkisi incelenmiştir. Bu deneysel düzenek aracılığıyla örtük olarak öğrenilen algısal sekansın özellikle inhibitör kontrol başta olmak üzere yürütücü işlev performansını kolaylaştırıp kolaylaştırmadığı araştırılmış ve izole serebellar nörodejenerasyona sahip hasta grubunun performansı ile sağlıklı kontrol grubu karşılaştırılmıştır. Deneysel paradigmanın yanı sıra katılımcıların yürütücü işlevlerini daha kapsamlı biçimde değerlendirmek amacıyla çeşitli nöropsikolojik testler de uygulanmıştır. İşitsel ve görsel modalitelerde basit dikkat ve çalışma belleği kapasitesi Sayı Menzili ve Görsel Menzil Testleri ile; bilgi işleme hızı Sembol Sayı Modaliteleri Testi ile; inhibitör kontrol ve seçici dikkat süreçleri Çapa Stroop Test ile, mental esneklik ve set değiştirme gibi becerileri Wisconsin Kart Testi ile incelenmiştir.

Elde edilen bulgular, sağlıklı bireylerde örtük algısal sekansiyel bilginin Stroop çatışmasının çözümünü kolaylaştırıcı biçimde kullanılabildiğini, buna karşılık SCA grubunda sekansiyel düzenliliklerden yararlanmanın sınırlı kalmış olabileceğini düşündürmüş olup aşağıda ilgili literatür doğrultusunda alt başlıklar halinde tartışılmıştır.

5.1. Yürütücü İşlevlerde Görülen Bozulmalar

Basit dikkat ve çalışma belleği süreçleri bağlamından değerlendirildiğinde Sayı Menzili Testi'nin ileri ve geri bileşenleri açısından hasta grubu ile sağlıklı kontroller arasında anlamlı bir farklılık saptanmamıştır. Bu durum, hastaların işitsel modalitede basit dikkat ve çalışma belleği kapasitelerinde anlamlı bir düşüş yaşamadıklarına işaret etmekte olup her iki bileşenin de normal düzeyde seyrettiğini bildiren önceki çalışmalarla uyumludur (Bürk ve ark. 2003; Braga-Neto ve ark. 2012; Lopes ve ark. 2013; Ulasoglu-Yildiz ve Gurvit 2020; Romero-Molina ve ark. 2025). Öte yandan literatürde bazı çalışmalar geri menzil performansında bozulma görülebildiğini bildirmektedir (Ma ve ark. 2014; Feng ve ark. 2014; Tamura ve ark. 2018). Literatürde her iki bileşenin de normal düzeyde olduğunu bildiren çalışmaların ağırlıklı olması; çalışma belleğindeki etkilenmelerin tutarlı bir kognitif örüntü olmadığını, örnekleme özgü veya bağlamsal değişkenlerle ilişkili olabileceğini düşündürmektedir.

Görsel modalitede basit dikkat ve çalışma belleği düzeyleri arasında iki grup arasında fark bulunmamıştır. Bu bulgu hastaların genel olarak görsel dikkat ve çalışma belleği işlevlerinin normal sınırlar içinde seyrettiğine işaret etse de çalışma belleği kapasitesinde azalma olabileceğini bildiren önceki çalışmalarla tam olarak örtüşmemektedir (Braga-Neto ve ark. 2012; Lopes ve ark. 2013). Bu farklılığın, örneklem özellikleri ve klinik değişkenlerden kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Söz konusu çalışmaların yalnızca SCA3 hastalarına odaklanmış olması, bildirilen etkilenmenin tüm SCA gruplarına genellenebilirliğini sınırlamaktadır. Nitekim SCA tanısı altında daha heterojen bir örneklemin incelendiği Ulasoglu-Yildiz ve Gurvit (2020) çalışmasında SCA ve kontrol grupları arasında ilgili testin bileşenleri açısından fark bulunmadığı bildirilmiştir. Mevcut çalışmada da benzer şekilde heterojen bir örneklemin incelenmiş olması, alt tipler arası farklılıkların grup düzeyindeki sonuçları dengelemiş olabileceğine işaret etmektedir.

Hasta grubunun SDMT performansında saptanan ve istatistiksel olarak oldukça yüksek anlamlılık gösteren düşüş bilgi işleme hızında belirgin bir yavaşlama olduğuna işaret etmektedir. Bu sonuç önceki literatürle uyumludur (Nigri ve ark. 2022; Ye ve ark. 2024). Nigri ve arkadaşları (2022) presemptomatik SCA2 ve semptomatik SCA2 hastalarının SDMT ile değerlendirilen bilgi işleme hızının kontrollere kıyasla daha yavaş olduğunu göstermiş ve ilgili testin hastalığın erken evrelerindeki bozulmaların

belirlenmesine duyarlı olabileceğini öne sürmüştür. Bu doğrultuda, mevcut çalışmada heterojen bir grupta da en belirgin etkilenmenin bu testte gözlenmiş olması dikkat çekici olup işlemleme hızının serebellar nörodejenerasyonda erken ve görece yaygın etkilenen bir kognitif alan olabileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte ilgili testteki performans düşüşünün serebellar ataksiye bağlı motor yavaşlık veya vizyomotor koordinasyon güçlüklerinden kaynaklanabileceği olasılığı da göz önünde bulundurulmuştur. Bu çalışmada SDMT'nin sözel yanıt formatında uygulanmış olması, performansın motor hızdan bağımsız olarak değerlendirilmesine olanak tanımıştır. Dolayısıyla gözlenen yavaşlamanın kalem kullanımı için gereken ince motor kontrol becerisindeki sorunlar ile açıklanması mümkün değildir. Alternatif olarak bu yavaşlamanın dizartriyle ilişkili olabileceği düşünülebilir. Ancak ICARS toplam puanı ve dizartri alt puanı ile SDMT arasında bir korelasyon bulunmamıştır. Bu bulgu, gözlenen performans düşüşünün motor veya artikülasyon sınırlılığının ötesine geçerek bilgi işleme hızının kendisine özgü bir bozulmayı yansıttığını güçlü biçimde desteklemektedir.

WCST bulguları yürütücü işlevlerin tüm bileşenlerinin aynı ölçüde etkilenmediğini göstermiştir. Kurulumu sürdürebilme açısından gruplar arasında fark görülmemesi hastaların kuralı keşfettikten sonra uygun tepkiyi sürdürebildiklerine işaret etmektedir. SCA grubunda perseveratif yanıtlarda artış eğilimi gözlenmesine karşın bu farkın Bonferroni düzeltmesi sonrasında anlamlılığını yitirmesi, Gigante ve arkadaşları (2020) ile Shin ve arkadaşlarının (2024) bildirdiği perseveratif etkilenim profilinden farklılaşmaktadır. Bu durum çalışmaya dahil edilen hastaların şartlar değiştiğinde kurallar arasında geçiş yapabilme becerilerinde zorlanıyor olabileceğini ancak grup bazında patolojik bir yıkım olmadığını düşündürmektedir. Buna karşın tamamlanan kategori sayısının hasta grubunda anlamlı düzeyde daha düşük olması ilk bakışta performanstaki temel güçlüğün doğru sınıflama ilkesini oluşturma ve kavramsallaştırma süreçlerinde ortaya çıktığını düşündürmektedir. Ancak betimsel bulgular bu yorumu tam olarak desteklememektedir. Hasta grubundan bir birey hariç olmak üzere tüm katılımcılar en az üç kategoriyi tamamlamıştır. Üçüncü kategori olan miktar ilkesinin görece daha soyut bir eşleme kuralı gerektirdiği dikkate alındığında katılımcıların soyut sınıflama ilkelerine ulaşabildikleri söylenebilir. Bu nedenle düşük tamamlanan kategori sayısı, hasta grubunda soyutlama becerisinin kaybından çok, doğru sınıflama ilkesine ulaşma sürecinin daha fazla kognitif çaba gerektirdiğine işaret etmektedir.

Stroop Test sonuçları, SCA grubundaki etkilenmenin özellikle enterferans süresinde açığa çıktığını göstermiştir. Buna karşılık spontan düzeltme sayısı açısından gruplar arasında anlamlı farklılık saptanmamıştır. Yanlış tepki sayısı açısından ise hasta grubunda daha yüksek hata eğilimi gözlenmiş, ancak bu fark anlamlılık düzeyine ulaşamamıştır. Bu profil, hastaların çeldiricilere direnerek görevi sürdürmekte zorlandığını ve bu nedenle daha yüksek bir kognitif çaba sarf ettiğini düşündürmektedir. Bulguların motor ve artikülatif yavaşlama ile ilişkili olup olmadığını değerlendirmek amacıyla klinik ataksi şiddetini yansıtan ICARS toplam puanı ve dizartri alt puanı ile Stroop ölçütleri arasındaki korelasyonlar incelenmiştir. Ataksi şiddeti hiçbir ölçütle korelasyon göstermezken, dizartri puanı ile yanlış sayısı arasında pozitif yönde güçlü ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Hastalarda dizartri düzeyi arttıkça Stroop Test'te yapılan yanlış sayısının da artması ancak bu ilişkinin zaman maliyeti düzeyinde ortaya çıkmaması dikkat çekicidir. İzole serebellar lezyonlu hastalarla yürütülen bir çalışmada Stroop hata sayısı ve enterferans süresi ICARS dizartri puanı arasında güçlü ilişkiler gösterildiği bildirilmiştir (Bolceková ve ark. 2017). Bu durum, serebellar dizartrinin motor konuşma koordinasyonunun ötesine geçerek serebellar yürütücü-dil ağlarının etkilenmesine duyarlı bir gösterge olabileceğine işaret etmektedir. Casto ve arkadaşları (2026) geleneksel olarak anterior serebellumla ilişkilendirilen konuşma üretiminin serebellumun Crus I/II bölgeleriyle de bağlantılı olduğunu göstermiştir. Bu bölgelerin aynı zamanda ECN ile bağlantılı olduğu (Habas ve ark. 2009; Sang ve ark. 2012; Kipping ve ark. 2013) göz önünde bulundurulduğunda, dizartrinin serebellar disfonksiyonda motor konuşma ve yürütücü-dilsel ağlardaki ortak etkilenmenin klinik göstergesi olabileceği düşünülmüştür.

Bununla birlikte gruplar arası farkın yalnızca enterferans süresinde ortaya çıkması nedeniyle bulgular temkinli yorumlanmalıdır. Literatür incelendiğinde de benzer bir tabloyla karşılaşılmaktadır. SCA hastalarında Stroop test performansına ilişkin bulgular, inhibisyon süreçlerinin tamamen korunmuş ya da belirgin biçimde bozulmuş olduğuna dair kesin bir ayrım sunmamaktadır. Birçok çalışmada çoğunlukla ılımlı bir etkilenme raporlanmıştır (Wedding ve ark. 2013; Feng ve ark. 2014; Ulasoglu-Yildiz ve Gurvit 2020; Pereira ve ark. 2017, Bolzan ve ark. 2024; Colucci ve ark. 2024). Bu çerçevede değerlendirildiğinde bu çalışmada gözlenen profil, SCA'da inhibisyon süreçlerinin yapısal olarak korunmuş ancak işlevsel olarak daha maliyetli hale gelmiş olabileceğini düşündürmektedir.

Çalışmanın nöropsikolojik bulguları bütüncül bir çerçevede ele alındığında, SCA grubunda basit dikkat ve çalışma belleği süreçlerinin korunmuş olduğu, buna karşılık bilgi işleme hızında yavaşlama ve uygunsuz tepkilerin baskılanması için gereken sürede uzama ile kendini gösteren bir profil görülmektedir. Bu görünüm, yaygın bir kognitif yıkımdansa yürütücü işlevlerin etkinliği ekseninde şekillenen seçici bir zayıflamaya işaret etmektedir. Bu seçici etkilenme serebellar kaynaklı bir kognitif zamanlama ve optimizasyon sorunu ile açıklanabilir. Diğer bir ifadeyle, bulgular, frontal sistemin çıktılarının uygunluğu büyük ölçüde korunurken bu yanıtların ne zaman, ne hızda ve ne ölçüde verimli biçimde ortaya konacağına ilişkin düzenleme sürecinde serebellar disfonksiyona bağlı olarak ortaya çıkan bir bozukluğu yansıtıyor olabilir. Özetle, SCA hastaları doğru tepkiyi verebilmekte, kuralları sürdürebilmekte ve gerektiğinde değiştirebilmektedir. Ancak bu süreçler sağlıklı bireylerde olduğu gibi akıcı ve ekonomik biçimde yürütülememektedir. Bu durum serebellumun motor çıktıların yanında kognitif süreçlerin akıcılığını ve zamanlamasını da koordine ettiği yönündeki güncel yaklaşımlarla örtüşmektedir.

Bu yorum, serebellumun geniş ölçekli beyin ağlarına katılımını vurgulayan güncel bağlantısallık literatürü çerçevesinde daha bütüncül şekilde yorumlanabilir. Serebellumun ECN (Habas ve ark. 2009; Sang ve ark. 2012; Kipping ve ark. 2013; Kawabata ve ark. 2022), SN (Habas ve ark. 2009; Sang ve ark. 2012; Kipping ve ark. 2013; Alahmadi 2023), DMN (Sang ve ark. 2012; Kipping ve ark. 2013; Kawabata ve ark. 2022) ve dikkat ağları (Buckner ve ark. 2011; Sang ve ark. 2012; Kipping ve ark. 2013; Brissenden ve ark. 2016; Kawabata ve ark. 2022) ile ilişkili olduğu gösterilmiştir. Bu ağların birlikte çalışması uygun bilginin seçilmesi, dikkat odağının ayarlanması ve davranışın hedefe yönelik biçimde sürdürülmesi için gereklidir. Serebellumun bu ağlarla kurduğu bağlantılar aracılığıyla kognitif süreçlerin zamanlamasını, akıcılığını ve uygunluğunu ince ayar (*fine tuning*) düzeyinde düzenlediği ileri sürülmektedir (Halko ve ark. 2014; Schmahmann 2019; Bansal ve ark. 2026). Bu çerçevede mevcut bulgular serebellar patolojinin bu sistemlerin işlevsel verimliliğini azalttığını düşündürmektedir. SCA hastalarında perseveratif yanıtlar açısından güçlü bir bozulma gözlenmemesi ECN ile ilişkili mental esneklik süreçlerinin sınırda ve bağlama duyarlı bir şekilde etkilendiğini düşündürmektedir. Buna karşılık enterferans süresindeki uzama, dikkat ağları ve SN arasındaki etkileşimde ortaya çıkan bir verimsizliğin davranışsal yansıması olarak ele alınabilir. Bu doğrultuda gözlenen profil, kognitif işlevlerin hız,

esneklik ve sürekli düzenlenmesinde ortaya çıkan bir yetersizlik ile karakterize gibi görünmektedir. Dolayısıyla uygun görev talepleri ve bağlamsal düzenlemeler aracılığıyla modüle edilebilir bir nitelik taşıdığı öne sürülebilir. Mevcut çalışmada kullanılan algısal sekans temelli deneysel görev ile bu düzenleyici etkiler davranışsal düzeyde incelenmiştir.

5.2. Deneysel Görevden Elde Edilen Sonuçlar

5.2.1. Eğitim Aşamasına İlişkin Sonuçlar

Eğitim aşamasında, ilerleyen test bloklarında Stroop görevine entegre edilecek olan renk sekansının katılımcılar tarafından örtük biçimde edinilmesi amaçlanmıştır. Söz konusu sekans, ekranda sunulan kutucukların renklerinin belirlenmesinden oluşan basit bir görev aracılığıyla katılımcılara tekrar eden bir düzenlilik şeklinde sunulmuştur. Analiz sonuçları, SCA grubunun sağlıklı kontrollere kıyasla belirgin bir global yavaşlama sergilediğini ve yanıt sürelerinin genel olarak daha uzun olduğunu göstermiştir. Buna karşın bloklar boyunca yanıt sürelerinde gözlenen düşüş paterninin iki grupta da benzer bir seyir izlemesi dikkat çekicidir. Her iki grupta da eğitim blokları ilerledikçe yanıt sürelerinin kademeli biçimde azalması, katılımcıların tekrar eden sekanslara giderek daha duyarlı hale geldiğine işaret etmektedir.

Bununla birlikte örtük öğrenme doğrudan gözlemlenebilen bir süreç değildir. Bu nedenle literatürde örtük öğrenme çoğunlukla öğrenme eğrisinin daha negatif olması, sekansiyel koşullarda random koşullara kıyasla daha kısa yanıt süreleri veya öğrenilmiş düzenliliğin ihlal edildiği durumlarda ortaya çıkan ani performans düşüşleri üzerinden dolaylı olarak değerlendirilmektedir. Ancak mevcut çalışmanın temel amacı örtük olarak öğrenilen renk sekansının Stroop enterferansı üzerindeki etkisini incelemek olduğundan eğitim sürecinin sürekliliğini kesintiye uğratabilecek random bloklara veya sekans ihlallerine yer verilmemiştir. Böylelikle katılımcıların mümkün olduğunca fazla tekrar aracılığıyla sekansiyel düzenliliğe maruz bırakılması hedeflenmiştir. Dolayısıyla eğitim aşamasında gözlenen hızlanma genel görev pratiğinden bütünüyle ayrıştırılamamaktadır. Diğer bir ifadeyle, eğitim aşamasına ilişkin bulgular örtük öğrenmenin varlığıyla uyumlu olmakla birlikte tek başına kesin bir örtük sekans öğrenme kanıtı olarak değerlendirilmemelidir. Bu nedenle eğitim aşamasında yanıt

sürelerinde ortaya çıkan düşüşü test bloklarında gözlenen enterferans ve doğruluk bulgularıyla birlikte ele almak doğru olacaktır.

5.2.2. Doğruluk Oranlarının Değişimine İlişkin Sonuçlar

Eğitim aşaması öncesinde uygulanan temel Stroop görevinin analizleri SCA grubunun uyumsuz ve nötr uyaranlara ait doğruluk oranlarının sağlıklı kontrollere kıyasla anlamlı düzeyde daha düşük olduğunu göstermiştir. Özellikle uyumsuz uyaranlardaki doğruluk oranı düşüklüğü, literatürde vurgulanan çatışmalı uyaranlarla baş etmede ve otomatik eğilimleri baskılamada güçlük bulgularıyla uyumludur (Wedding ve ark. 2013; Feng ve ark. 2014; Ulasoglu-Yildiz ve Gurvit 2020; Pereira ve ark. 2017, Bolzan ve ark. 2024; Colucci ve ark. 2024). Mevcut çalışmada performans doğrudan hata sayısı yerine doğruluk oranı üzerinden değerlendirilmiş olsa da elde edilen örüntü benzer bir profile işaret etmektedir.

Bununla birlikte nötr uyaranlarda gözlenen doğruluk azalması daha dikkat çekicidir. Uyumlu uyaranlarda kelime anlamlı ile yazı renginin örtüşmesi katılımcılara güçlü bir semantik ipucu sunduğundan her iki grupta da doğruluk oranlarının tavan düzeyine yaklaşması beklenen bir durumdur. Uyumsuz uyaranlarda ise kelime anlamı ile renk arasındaki çatışmanın performansı bozması ve özellikle SCA grubunda doğruluğun düşmesi kuramsal olarak beklenen bir durumdur. Ancak nötr uyaranlar semantik açıdan bir renk bilgisi taşımamakta, dolayısıyla ne kolaylaştırıcı ne de bozucu bir çatışma üretmektedir. Bu nedenle nötr koşullarda belirgin doğruluk düşüşü gözlenmesi beklenmedik bir bulgu olup, SCA grubundaki performans bozulmasının yalnızca klasik Stroop çatışmasına indirgenemeyeceğini düşündürmektedir. Öte yandan, klinikte kullanılan kağıt-kalem formlarında katılımcıdan kelimenin semantik içeriğini baskılayarak algısal renk bilgisini sözel olarak ifade etmesi beklenir. Bu çalışmada kullanılan görevde ise katılımcının algısal renk bilgisini seçmesi, bu bilgiyi seçenekte yer alan renk ifade eden kelimelerle eşleştirmesi ve uygun yanıtı tuş aracılığıyla kategorize etmesi gerekmiştir. Dolayısıyla bu bulgular, SCA grubunun çeldiricileri inhibe etmenin yanı sıra dikkati seçici olarak yönlendirip görev boyunca sürdürebilme ve kavramsallaştırma süreçlerinde de zorlanıyor olabileceğine işaret etmektedir.

Bloklar arası değişim incelendiğinde, SCA grubunda uyumsuz uyaranlara ait doğruluk oranlarının eğitim aşaması sonrasında arttığı görülmüştür. Söz konusu artış

yalnızca sekansiyel bloklarda ortaya çıkmış ve son random blokta değişim gözlenmemiştir. Bu durum, doğruluk performansındaki iyileşmenin sekansiyel düzenliliklerden sağlanan bir faydadan kaynaklandığını düşündürmektedir. Diğer bir ifadeyle SCA grubunda örtük olarak öğrenilen sekanslar, çatışma çözümünde destekleyici ek bir kaynak olarak kullanılmış olabilir. Benzer bir etkinin nötr uyaranlarda ortaya çıkmamış olmasının başlangıç düzeyinde doğruluk oranının uyumsuz uyaranlarda olduğu kadar düşük olmayışından kaynaklandığı düşünülmüştür.

Sağlıklı kontrol grubu doğruluk oranlarındaki değişim incelendiğinde, uyumsuz uyaranlarda anlamlı bir etki saptanmamış, nötr uyaranlarda ise son random blokta ilk random bloğa kıyasla yorgunluk etkisi ile açıklanabilecek bir azalma gözlenmiştir. Sağlıklı kontrollerin hem uyumsuz hem nötr uyaranlarda başlangıçtan itibaren yüksek doğruluk oranları göstermesi sekansiyel düzenliliklerin doğruluk düzeyinde ortaya koyabileceği ek katkının sınırlı kalmasına neden olmuş olabilir.

5.2.3. Temel Düzey Yanıt Sürelerine İlişkin Sonuçlar

Eğitim öncesi randomize blokta SCA grubunun tüm uyaran türlerinde sağlıklı kontrollere kıyasla daha yavaş yanıt verdiği görülmüştür. Ancak grup içi ikili karşılaştırmalarda SCA grubunun farklı tür uyaranlara verdikleri yanıt süreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. Bu bulgu, ilk bakışta yaygın bir bilgi işleme gecikmesiyle açıklanabilir gibi görünse de detaylı incelendiğinde daha nüanslı bir yoruma olanak tanımaktadır.

Betimsel değerler incelendiğinde SCA grubunda nötr uyaranlara verilen yanıtların uyumlu uyaranlardan daha hızlı olduğu; uyumsuz ve uyumlu uyaranlara ait yanıt sürelerinin benzer düzeydeyken, uyumsuz ve nötr uyaranlar arasındaki farkın korunduğu görülmüştür.

Stroop paradigmasına ilişkin en yerleşik bulgulardan biri, yanıt sürelerinin uyaran türüne göre ayrışmasıdır. Klasik olarak en uzun yanıt süreleri uyumsuz uyaranlarda, en kısa yanıt süreleri ise çoğunlukla uyumlu uyaranlarda gözlenmektedir. Bu ayrışmanın uyaranın semantik içeriği ile görev hedefi arasındaki ilişkiden kaynaklandığı kabul edilmektedir. Uyumlu uyaranlarda kelimenin anlamı ile mürekkep rengi aynı yanıta yönlendirdiğinden, kelimenin otomatik işlenen semantik içeriği doğru

yanıta ilave bir destek sağlamaktadır. Böylece kognitif kaynakların çatışma çözümüne tahsis edilmesi gerekmeden yanıt seçimi hızlı ve ekonomik bir şekilde gerçekleşebilir. Nötr uyaranlar ise semantik bir çatışma içermemekle birlikte performansı kolaylaştıracak ek bir desteğe de sahip değildir. Bu nedenle nötr uyaranların klasik olarak uyumsuz uyaranlardan belirgin olarak daha hızlı ancak uyumlu uyaranlara yakın veya uyumlu uyaranlardan görece daha yavaş yanıt süresi üretmesi beklenmektedir (Goldfarb ve Henik 2007; Bugg ve ark. 2011; Di Russo ve Bianco 2023).

Mevcut çalışmada sağlıklı kontrol grubunda klasik paternin ortaya çıkmış olması deney paradigmasının beklendiği şekilde işlediğini göstermiştir. Dolayısıyla aynı paternin SCA grubunda ortaya çıkmaması ilgi çekicidir. Bu durum öncelikle hasta grubunda gözlenen yavaşlamanın hem uyumsuz uyaranların çeldirici etkisini hem de uyumlu uyaranların kolaylaştırıcı etkisini maskelemiş olabileceğini düşündürebilir. Ancak bu açıklama tek başına yeterli değildir. Zira böyle bir durumda uyumsuz ve nötr uyaranlar arasındaki farkın da tümüyle silikleşmesi beklenirdi. Oysa betimsel veriler incelendiğinde -istatistiksel anlamlılığa ulaşmamakla birlikte- uyumsuz ve nötr uyaranlardaki ortalama yanıt sürelerinin beklenen yönde bir farka sahip olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bulgular, SCA grubunda enterferans etkisinin kaybolmadığını, buna karşılık uyumlu uyaranların sağladığı fasilitasyonun zayıflamış olabileceğini gündeme getirmektedir.

Bu yorum Stroop görevindeki çatışmanın yalnızca enformasyonel çatışmaya (*informational conflict*) indirgenemeyeceğini öne süren güncel yaklaşımlarla uyumludur. Güncel yaklaşımlarda Stroop etkisinin enformasyonel çatışmanın yanı sıra görev çatışmasını (*task conflict*) da içerdiği ileri sürülmektedir. Enformasyonel çatışma, örneğin "kırmızı" kelimesinin mavi renkte yazılması durumunda kelimenin anlamı ile doğru yanıtın birbiriyle örtüşmemesini ifade eden semantik ve yanıt düzeyindeki çatışmaların bütünüdür. Buna karşılık görev çatışması, renk adlandırma yönergesi altında dahi okuma eğiliminin hala sürüyor olmasıyla birlikte iki görevin birbiriyle örtüşmemesini ifade etmektedir (Goldfarb ve Henik 2007; Steinhauser ve Hübner 2009; Kalanthroff ve ark. 2013; Keha ve Kalanthroff 2023).

Bu ayrım özellikle uyumlu uyaranların yorumlanması açısından önemlidir. Uyumsuz uyaranlarda enformasyonel çatışma ile görev çatışması büyük ölçüde iç içe geçmiş görünse de uyumlu uyaranlarda bu süreç ayrışabilir. Zira bu uyaranlarda

kelimenin anlamı ve mürekkep rengi aynı yanıtı desteklediği için semantik ya da yanıt düzeyinde açık bir çatışma beklenmez. Böylelikle yanıt düzeyinde kolaylaştırıcı bir etkiye sahipken görev düzeyinde okuma eğilimi ve renk adlandırma hedefi arasında rekabet hala sürdüğü için çatışma devam etmektedir (Parris ve ark. 2022). Buna binaen Stroop görevini görevi sürdürebilmek için okuma eğilimini baskılama ve göreve uygun yanıtın seçilmesi gibi iki temel çatışmanın çözülmesini gerektiren karmaşık bir yürütücü işlev görevi olarak ele almak gerekir.

Stroop görevindeki çatışmanın anterior singulat korteks (ACC) tarafından izlendiği öne sürülmektedir. ACC'nin hem uyumsuz hem uyumlu uyaranlarda aktive olduğunun gösterilmesi izlenen çatışmanın enformasyonel çatışmının yanı sıra görev çatışması olduğuna da işaret etmektedir. Dahası, görev çatışmasının semantik/yanıt düzeyindeki çatışmaya kıyasla daha erken işlemleme evrelerinde başladığı ileri sürülmektedir (Hershman ve Henik 2019; Parris ve ark. 2022; Okayasu ve ark. 2023). Okayasu ve arkadaşları (2023), Stroop etkisinin uyaranların algılanması sırasında ortaya çıktığını ve bu sürecin sol lateral-prefrontal korteks ile sağ serebellum arasında işleyen bir eksitatör-inhibitör döngüyle ilişkili olduğunu göstermiştir. Bu bulgu, Stroop görevinde otomatik okuma eğiliminin erken aşamada devreye girdiğini ve görevle ilişkili renk bilgisinin seçilebilmesi için prefrontal-serebellar kontrol ile sınırlandırılması gerekebileceğini düşündürmektedir. Başka bir deyişle, uyumlu uyaranlarda beklenen kolaylaştırıcı etkinin ortaya çıkabilmesi için görev düzeyindeki okuma çatışması yeterince kontrol altında tutulabilmelidir.

Kalanthroff ve arkadaşlarının (2018) önerdiği modele göre görev çatışmasının davranışa yansıması bireyin proaktif kontrol kapasitesiyle yakından ilişkilidir. Proaktif kontrol, bireyin süregiden görev esnasında uyaran gelmeden önce ilgili görev setini hazırlayabilmesi, ilgisiz eğilimleri inhibe edebilmesi ve dikkatini seçici olarak hedefe yönlendirebilmesini ifade etmektedir. Bu kontrol biçimi zayıfladığında ise Stroop görevinde okuma eğilimi yeterince baskılanamaz ve görev düzeyinde süregiden renk adlandırma görevi ile çatışır. Böylece enformasyonel düzeyde kolaylaştırıcı olması beklenen uyumlu uyaranlarda dahi yanıt süreleri yavaşlayabilir.

Mevcut çalışmada SCA grubunda gözlenen yanıt süreleri paterni bu kuramsal çerçeve içerisinde değerlendirildiğinde daha anlaşılır hale gelmektedir. Sağlıklı kontrollerde yanıt çatışmasının olmadığı uyumlu uyaranlarda hem okuma eğiliminin

hem renk adlandırma görevinin aynı yanıtı desteklemesi kolaylaştırıcı bir etki sağlamış olabilir. Buna karşılık SCA grubunda bu avantajın ortaya çıkmaması görev düzeyindeki rekabetin yeterince bastırılamadığına işaret ediyor olabilir. Başka bir ifadeyle açıklamak gerekirse, uyumlu uyaranların yanıt düzeyinde sağlaması beklenen kolaylaştırıcı etki, SCA grubunda devam eden görev çatışması tarafından maskelenmiş olabilir.

Bu bağlamda SCA grubunda mevcut olduğu düşünülen inhibitör kontrol güçlüklerinin proaktif kontrolü zayıflatarak görev çatışmasını artırmış olması olasıdır. Otomatik okuma eğiliminin yeterince inhibe edilememesi, uyumlu uyaranlarda dahi renk adlandırma görevinin saf biçimde yürütülmesini engellemiş olabilir. Güncel ağ modellerinde ACC ve anterior insulayı içeren SN'nin görev açısından anlamlı bilgiyi önceliklendirilmesi ve uygun kontrol süreçlerine geçişi kolaylaştırmada rol oynadığı öne sürülmektedir (Menon ve Uddin 2010). Bununla birlikte Stroop performansı, dikkatin görev boyunca sürdürülmesi, görev setinin korunması ve görev dışı okuma eğiliminin inhibe edilmesini sağlayan geniş ölçekli ağların koordinasyonunu gerektirmektedir. Bu açıdan görevin talebine bağlı olarak DAN, SN ve ECN'nin yeniden organize olmasıyla ilişkilidir (Li ve ark. 2021). Bu noktada serebellumun, bu ağlar arasındaki etkileşimi düzenlediği ve hatta görevle ilişkili süreçlerin ilişkisiz süreçlerden ayrıştırılmasına katkı sağladığı düşünülebilir (Habas ve ark. 2009; Nestor ve ark. 2025; Bansal ve ark. 2026). Dolayısıyla SCA grubunda beklenen performanstan sapma gözlenmesi, görevle ilişkili dikkat ve kontrol ağlarının serebellar modülasyonundaki bir bozulmaya işaret ediyor olabilir.

Bu açıklamalar klinikten gelen bilgilerle de örtüşmektedir. Bazı çalışmalarda SCA hastalarında enterferans süresinin sağlıklı kontrollerden farklılaşmamasına karşın uygunsuz tepkiyi bastırma ölçütlerinde kontrollere kıyasla daha düşük performans gösterdiği bildirilmiştir (Ulasoglu-Yildiz ve Gurvit 2020; Bolzan ve ark. 2024). Benzer biçimde Stroop görevinin okuma, renk adlandırma gibi aşamalarında yüksek yanıt sürelerine sahip olup enterferans süresi hesaplandığında anlamlı farklılık bulunmadığı da raporlanmıştır (Braga-Neto ve ark. 2012). Bu çalışmalarda kullanılan enterferans hesaplamaları incelendiğinde, karşılaştırma koşullarının kognitif yük bakımından bütünüyle eşdeğer olmadığı görülmektedir. Daha açık bir ifadeyle, temel ölçüm olarak baz alınan koşulların da farklı derecelerde görev çatışması içerdiği söylenebilir. Örneğin, Ulasoglu-Yildiz ve Gurvit'in (2020) kullandığı hesaplama yönteminde

uyumsuz renk adlandırma süresinden aynı setteki kelimeleri okuma süresi çıkarılmaktadır. Ancak burada kullanılan bazal koşul da uyumsuz renklerle sunulan kelimeler üzerinden yürütülmektedir. Dolayısıyla dikkat sisteminin renk boyutunu tümüyle dışladığı ve görev çatışmasından arındırılmış olduğu varsayımı tartışmalıdır. Benzer şekilde Braga-Neto ve arkadaşları (2012) uyumsuz renk adlandırma süresinden noktacıkların rengini adlandırma süresi ile nötr kelimelerin renklerini adlandırma süresinin ortalamasını çıkarmıştır. Nötr kelime koşulu semantik çatışma üretmese dahi yazılı kelimenin varlığı okuma eğilimi aktive etmeyi sürdürürken noktacık koşulu ise kelime işlemleme bileşenini tamamen dışlamaktadır. Bolzan ve arkadaşları (2024) ise uyumsuz renk adlandırma süresini siyah-beyaz kelime okuma süresine bölmeye dayanan bir formül kullanmıştır. Siyah-beyaz okuma koşulu görece daha saf bir karşılaştırma sunsa da serebellar dejenerasyonun otomatikleşmiş kognitif süreçlerin zamanlaması ve koordinasyonu üzerindeki etkileri göz önüne alındığında, kelime okuma performansının tamamen saf bir temel ölçüm olarak kabul edilmesi tartışmalı olabilir. Bu nedenle bazı enterferans hesaplamalarının SCA grubunda gerçek çatışma maliyetini olduğundan düşük yansıtmış olması olası görünmektedir.

5.2.4. Enterferans Süresinin Değişimine İlişkin Sonuçlar

Stroop paradigmasında enterferans etkisi çoğu çalışmada uyumsuz ve uyumlu uyaranlar arasındaki yanıt süresi farkı üzerinden hesaplanmaktadır. Ancak bu yaklaşım, uyumsuz uyaranların yarattığı çatışma maliyetine ek olarak uyumlu uyaranların sağladığı kolaylaştırıcı etkiyi de barındırmaktadır (MacLeod 1991). Mevcut çalışmada ise SCA grubunda uyumsuz, uyumlu ve nötr uyaranlar arasındaki ikili karşılaştırmaların istatistiksel olarak anlamlı düzeye ulaşmaması, klasik enterferans formülünün kullanılmasını engellemiştir. İlaveten, ortalama değerler incelendiğinde uyumlu uyaranların sağlıklı kontrollerde gözlenen kolaylaştırıcı etkisinin SCA grubunda belirginleşmediği, buna karşılık uyumsuz ve nötr uyaranlar arasındaki farkın görece daha korunmuş olduğu görülmüştür. Bu nedenle enterferans süresine ilişkin analizlerde farkın daha işlevsel bir ölçüt sunacağı düşünülerek uyumsuz ve nötr uyaranlara verilen yanıt süresi farkları kullanılmıştır.

Enterferans süresinin değişimine yönelik analizler sağlıklı kontrol grubunda sekansiyel koşullarda enterferans süresinin random koşullara kıyasla anlamlı biçimde azaldığını göstermiştir. Başka bir ifadeyle, örtük biçimde edinilmiş algısal düzenlilikler

genel tepki hızını artırmanın yanı sıra Stroop çatışmasının çözümünde de destekleyici bir rol oynamıştır. Bu bulgu, algısal düzenliliklerden türeyen öngörücü bilginin yüksek düzey kognitif kontrol gerektiren süreçlere davranışsal olarak entegre edilebildiğini göstermesi bakımından önemlidir.

Deroost ve arkadaşları (2012) algısal sekans öğrenmenin Stroop çatışması üzerindeki etkisini incelemek için ardışık üç deney yürütmüştür. İlk deneyde süregiden Stroop görevi içerisinde algısal sekansın öğrenilebildiği ve sekansiyel bloklarda enterferansın azaldığı gösterilmiştir. Ancak takip eden deneylerin sonucunda örtük öğrenmenin çatışmayı azaltmadığı, bunun yerine davranışsal ifadesinin çatışmalı durumlarda daha belirgin hale geldiği öne sürülmüştür. Bu yorum önemli olmakla birlikte sekans bilgisinin neden özellikle uyumsuz denemelerde daha belirgin hale geldiği sorusunu açık bırakmaktadır. Daha işlevsel bir yorum, çatışmanın getirdiği yürütücü kontrol gereksinimi altında kognitif sistemin mevcut öngörücü bilgiye daha fazla dayanması şeklinde yapılabilir. Bu perspektiften ele alındığında, örtük öğrenme ve kognitif kontrol birbirinden bağımsız ve/veya rekabet eden süreçlerden ziyade işbirlikli çalışan sistemler olarak değerlendirilebilir. Bu yorum Takacs ve Beste'nin (2023) bulgularıyla uyumludur. Araştırmacılar yaklaşan uyaranın çatışma düzeyi sekansiyel olasılıklarla öngörülebilir hale getirildiği bir Stroop paradigmasında katılımcıların uyumsuz denemelerde bu düzenliliklerden daha fazla yararlandığını göstermiştir. Bu bulgular elektrofizyolojik düzeyde de desteklenmiştir: P3 amplitüdünde sekans öğrenmesine ilişkin bir kolaylaşma etkisi gözlenmezken çatışma izlemeyle ilişkili N450 yanıtı belirginleşmiştir. Araştırmacılar bu bulguları, davranışsal adaptasyonun zorlaştığı koşullarda kognitif kontrol ve örtük öğrenmenin işbirlikli biçimde çalışabileceği şeklinde yorumlamıştır.

Bu çerçevede mevcut çalışmada sağlıklı kontrollerde gözlenen enterferans azalması, sekansiyel düzenliliklerin özellikle çatışmalı koşullarda kontrol süreçlerine destek olacak biçimde kullanıldığı şeklinde değerlendirilebilir. Ancak böyle bir optimizasyonun sağlanabilmesi için sekans bilgisinin yalnızca öğrenilmiş olması yeterli değildir. Aynı zamanda zaman içerisinde stabil hale getirilmesi ve bu bilgilerle yaklaşan yanıta veya göreve ilişkin içsel (*internal*) bir model oluşturulabilmesi gerekmektedir. Dolayısıyla örtük sekansların bir öngörü olarak kullanılarak çatışma çözümünde kullanılması üst düzey bir adaptasyon göstergesi olarak alınabilir.

SCA grubunda sekansiyel koşullarda enterferans süresinin azalmasına yönelik bir eğilim gözlenmiş olmakla birlikte, bu değişim istatistiksel anlamlılık düzeyine ulaşmamıştır. Bu durum hasta grubundaki yüksek varyans ve performanslarındaki heterojeniteyle açıklanabilir. Bununla birlikte mevcut paradigmanın gerektirdiği kognitif süreçler ardışık biçimde ele alındığında ortaya çıkan bulguların yalnızca grup içi değişkenlikle açıklanmasının yetersiz kalacağı söylenebilir. Çünkü sekans bilgisinin çatışma çözümüne katkı sağlayabilmesi, birbirini takip eden çok katmanlı süreçlerin başarılı biçimde tamamlanmasını gerektirmektedir. Bu süreçler sırasıyla örtük algısal sekansın öğrenilmesi, sekansiyel bilginin stabilize edilerek öngörü üretmeye elverişli bir içsel modele dönüşmesi ve kognitif kontrol süreçlerine aktarılmasıdır. İçsel modeller yaklaşımı çerçevesinde serebellumun görev kurallarına ilişkin öngörücü temsillerin oluşturulmasına ve çatışma çözümünü destekleyecek şekilde kognitif sistemi proaktif olarak optimize etmeye katkı sağladığı öne sürülmektedir (Ito 2008). Bu nedenle serebellar disfonksiyon hasta grubunda ilgisiz bilginin baskılanması ve görevle ilişkili yanıt setinin sürdürülmesi süreçlerini olumsuz etkilemiş olabilir.

Edinim (Acquisition)

Öncelikle katılımcıların eğitim aşamasındaki düzenlilikleri örtük biçimde edinmesi gerekmektedir. Daha önce tartışıldığı üzere SCA grubu eğitim aşamasında sağlıklı kontrollerle benzer bir performans artışı göstermiştir. Ancak yanıt sürelerinde gözlenen hızlanmanın pratik etkisi mi yoksa örtük öğrenme mi olduğu ayrıştırılamamıştır (bakınız 5.2.1.). Bu nedenle mevcut bulgular yorumlanırken dikkatli olunmalıdır.

Literatürde SCA'da sekans öğrenmeye ilişkin bulgular çoğunlukla motor veya vizyomotor görevlerden elde edilmiştir. Bu çalışmalarda serebellar dejenerasyonun özellikle bu tip sekans öğrenmeleri bozabildiği bildirilmiştir (Tzvi ve ark. 2017; Morgan ve ark. 2021; Elyoseph ve ark. 2020). Ancak bu bozulmaların tüm sekans öğrenmelerini mi kapsadığı yoksa yalnızca motor bileşenle ilişkili görevlerde mi ortaya çıktığı açık değildir. Bildiğimiz kadarıyla SCA'da motor yanıtların ardışıklığından ayrıştırılmış algısal sekans öğrenmeyi doğrudan inceleyen bir çalışma bulunmamaktadır. Mevcut çalışmada sağlıklı kontrol grubunda eğitim aşamasında sunulan sekansın kullanıldığı Stroop test koşullarında performansın iyileşmiş olması, bu düzenliliğin öğrenilmiş

olduğunu işaret etmektedir. Dolayısıyla eğitim aşamasında sağlıklı kontrollerle benzer bir yanıt süresi paternine sahip olan SCA grubunda da algısal düzenliliklere duyarlılığın korunmuş olduğunu söylemek mümkündür. Ancak bu duyarlılığın sekansa özgüllüğünün ileri çalışmalarda ayrıştırılması gerekmektedir.

Stabilizasyon (Stabilization)

Bu çalışmada kullanılan paradigmada gereken sonraki aşama, öğrenilen sekansiyel bilginin kısa süreli işlemleme düzeyinde kalmayıp daha stabil bir içsel modele dönüşebilmesidir. Eğitim aşaması ile eğitim sonrası Stroop test blokları arasındaki kısa molada edinilen sekans bilgisinin korunmasının yanında yaklaşan uyaranlara ilişkin öngörü üretmeye elverişli hale gelmesi gerekmektedir.

Bu bağlamda Hadjiosif ve arkadaşları (2024) serebellar dejenerasyonda kısa süreli ve geçici sensörimotor öğrenmenin görece korunurken, daha kalıcı ve stabil öğrenme bileşeninin bozulduğunu göstermiştir. Bae ve arkadaşları (2025) ise bu yoruma yeni bir katman ekleyerek serebellar öğrenme sisteminde hangi bilginin stabil sisteme aktarılacağının görevin zorluğuna bağlı olduğunu öne sürmüştür. Yazarlara göre öğrenme başlangıçta serebellar kortekse dayanırken konsolidasyonla birlikte bilgilerin bir kısmı veya tümü çekirdeklere aktarılmaktadır. Ancak bu aktarımın miktarı görevin karmaşıklığına bağlıdır. Görece basit görevlerde bellek uzun süreli depolama için çekirdeklere iletilirken daha karmaşık görevlerde serebellar kortekse bağımlılık devam etmektedir. Bu yaklaşım serebellumun edinilmiş bilginin görev taleplerine uygun bir temsile dönüştürülmesinde de rol oynayabileceğini göstermektedir (Bae ve ark. 2025). Böyle bir temsilin davranışsal açıdan işlev kazanması öğrenilen sekansların korunmasının yanı sıra yaklaşan uyaranların öngörülebilmesine de bağlıdır. Nitekim öngörücü içsel modeller yaklaşımlarında serebellumun edinilmiş sekanslardan hareketle sonraki uyaranlara ilişkin tahmin yürütülerek yürütücü işlevlere katkıda bulunduğu öne sürülmektedir (Ito 2008; Sokolov ve ark. 2017; Molinari ve ark. 2018 p. 175; D'Mello ve ark. 2020).

Mevcut çalışma açısından değerlendirildiğinde SCA grubunun bu aşamada güçlük yaşamış olması olası görünmektedir. Bununla birlikte SCA grubunun sekansiyel koşullarda daha hızlı yanıt vermesi ve destekler şekilde doğruluk oranlarında artış

göstermesi, edinilmiş düzenliliklerin tamamiyle kaybolmadığını ve belirli ölçüde davranışsal avantaja dönüştürebildiğini düşündürmektedir. Dolayısıyla grup düzeyinde gözlenen olası aksama, bilginin çatışma çözümünü optimize edecek ölçüde esnek bir şekilde kognitif kontrol süreçlerine entegre edilebilir bir yapıya dönüştürülememesiyle ilişkili olabilir.

Aktarım (Transfer) ve Entegrasyon (Integration)

Son olarak, Stroop görevi başladığında öngörücü yapının renk adlandırma görevine aktarılması ve çatışma çözümüne aktif bir şekilde entegre edilmesi gerekmektedir. Sağlıklı kontrollerde enterferans düzeyinde bir performans iyileşmesinin görülmesi bu aşamanın gerçekleştiğini düşündürmektedir. Örtük olarak edinilen sekanslar kognitif kontrol gerektiren göreve entegre edilebilmiştir. Başka bir deyişle, sekansiyel bilgi öngörücü bilgilere dönüştürülerek uyumsuz denemelerde yüksek performansın ekonomik şekilde sürdürülmesini sağlamıştır. SCA grubunda ise genel yanıt süresinin hızlanması aktarımın belirli ölçülerde ortaya çıktığına işaret etmekle birlikte enterferans süresindeki değişimin istatistiksel anlamlılığa ulaşmaması entegrasyon sürecinde aksaklıkların yaşandığını düşündürmüştür. Bildiğimiz kadarıyla SCA'da öğrenilmiş algısal sekans bilgisinin daha sonra kognitif kontrol gerektiren bir göreve aktarımını ve entegrasyonunu inceleyen bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle bu yüksek lisans tez çalışması; serebellumun edinilmiş bilginin kontrol süreçlerini destekleyecek biçimde davranışa aktarılması ve görev talepleriyle bütünleştirilmesinde de rol oynayabileceğine işaret etmesi bakımından önem taşımaktadır.

Serebellumun bu entegrasyon sürecindeki rolüne ilişkin kesin çıkarımlarda bulunmak, çalışmada nörogörüntüleme verisinin bulunmaması nedeniyle mümkün değildir. Ayrıca SCA grubunun klinik ve nörodejeneratif açıdan heterojen bir profile sahip olması da yorumların dikkatli yapılmasını gerektirmektedir. Örneğin, bazı hastalar sekansın ilk edinim aşamasında güçlük yaşamış olabilirken, diğerlerinde bilginin stabilizasyonu veya çatışmalı göreve transferi etkilenmiş olabilir. Bu durum, grup düzeyinde istatistiksel anlamlılığa ulaşmayan ancak betimsel düzeyde enterferans süresindeki azalma eğilimini açıklayabilecek muhtemel etkenlerden biri olarak değerlendirilebilir.

Bunun yanı sıra, kullanılan görevin yapısal özelliklerin de bulgular üzerinde etkili olmuş olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu tez çalışması kapsamında tasarlanan deneysel görevde katılımcılar Stroop çatışmasını çözerken aynı zamanda yazılı seçenekler arasından doğru renk adını seçmek zorunda kalmıştır. Bu yapı, SCA hastaları için zorlayıcı bir ek semantik işlemleme yükü yaratmış olabilir. İlaveten yanıt seçeneklerinin her denemede yer değiştirmesi motor sekans oluşmasını kontrol etmek açısından metodolojik olarak gerekli olmakla birlikte, sürekli görsel tarama ve okülomotor yönelim gereksinimini artırmıştır. Serebellar nörodejenerasyonun okülomotor koordinasyon üzerindeki etkileri dikkate alındığında bu ek taleplerin davranışsal çıktıyı daha değişken hale getirmiş olması mümkündür.

Ayrıca bu çalışmada araştırma amacı doğrultusunda motor sekanslar yerine algısal sekanslar tercih edilmiştir. Motor sekans öğrenmede davranışsal avantaj doğrudan tekrarlayan bir yanıt dizisi üzerinden ortaya çıkarken, algısal sekans öğrenmede düzenliliğin her denemede uygun yanıt temsiline dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu nedenle algısal sekans bilgisinin davranışa yansıması motor sekans öğrenmeye göre daha dolaylı ve kırılgan olabilir. Mevcut paradigmada yanıt seçeneklerinin sözel olarak sunulmasının yanı sıra aynı zamanda konumlarının da sürekli değişmesinin bu işlemleme yükünü artırmış olması mümkündür. Dolayısıyla SCA grubunda gözlenen sınırda anlamlılık, sekans bilgisinin yüksek semantik, görsel tarama ve okülomotor talepler altında yeterince belirginleşememesiyle ilişkili olabilir.

5.2.5. İnhibisyon Düzeyi ile Sekans Kazancı Arasındaki İlişki

Sağlıklı kontrol grubunda sekans temelli enterferans azaltma kazancı ile Stroop Çapa formunda elde edilen enterferans süresi ve spontan düzeltme sayısı arasında anlamlı ilişki bulunmuştur. Stroop görevinde enterferans süresinin uzaması ve spontan düzeltme sayısının artması inhibitör kontrol süreçlerinin zayıfladığına işaret etmektedir. Bu doğrultuda mevcut bulgu inhibisyon kapasitesi daha düşük olan bireylerin, edindikleri sekansiyel bilgiyi Stroop görevinin yarattığı enterferansı azaltacak biçimde performansa daha fazla yansıtabildiğini düşündürmektedir.

Yakın tarihli bir çalışmada inhibisyon becerisinin öğrenme sürecinin sonunda ulaşılan nihai performans düzeyi ile negatif ilişkili olduğu saptanırken, öğrenmenin gerçekleşme hızı ve öğrenme sürecindeki verimlilik göstergeleri ile pozitif ilişkili

olduğu gösterilmiştir (Park ve ark. 2020). Yazarlar bu bulguyu inhibisyonun örtük öğrenmede bağlama göre değişen bir işleve sahip olmasıyla açıklamıştır. Buna göre daha düşük inhibisyon düzeyi davranışların otomatikleşmesini kolaylaştırarak örtük öğrenmeyi destekleyebilirken daha yüksek inhibisyon düzeyi ise hatalı yanıtların baskılanmasını sağlayarak öğrenme sürecinin etkinliğini artırabilmektedir. Mevcut çalışmanın bulguları, Park ve arkadaşlarının (2020) düşük inhibisyonun otomatikleşmeyi kolaylaştırarak örtük öğrenme potansiyelini artırabileceği yönündeki açıklamasını bir adım ileri taşımaktadır. Düşük inhibisyon düzeyi, sekans bilgisinin daha otomatik biçimde devreye girmesini kolaylaştırarak Stroop enterferansının azaltılmasına katkı sağlamış olabilir. Bu nedenle örtük olarak edinilen sekans bilginin kognitif kontrol gerektiren bir görevde performansı düzenleyici bir kaynak olarak kullanılabileceğini ve bu kullanımın inhibisyon düzeyine bağlı olarak değişebileceğini söylemek mümkündür.

Başka bir çalışmada Pedraza ve arkadaşları (2025) örtük biçimde öğrenilmiş olasılıksal sekansların yeniden yapılandırılması sırasında yürütücü işlevlerin rolünü incelemiştir. Elde edilen sonuçlar inhibisyon becerisine duyarlı bir ölçüm olan Go/No Go testi performansının eski olasılıkların yeni olasılıklarla güncellenmesiyle pozitif yönde ilişkili olduğunu göstermiştir. Başka bir ifadeyle, Pedraza ve arkadaşlarının bulgusu düşük inhibisyon kapasitesinin değişen düzenliliklere uyum sağlamada dezavantajlı olduğuna işaret etmektedir. Bu açıdan bakıldığında mevcut çalışmanın bulguları ile çelişiyor gibi görünebilir. Öte yandan inhibisyonun bağlama duyarlı rolü açısından değerlendirildiğinde Pedraza ve arkadaşlarının çalışmasında düşük inhibisyonun önceki olasılıkları bastırarak yeni örüntünün öğrenilmesini zorlaştırırken mevcut çalışmada önceden edinilmiş sekans bilgisinin otomatikleşerek çatışmalı görev bağlamında performansa aktarımını kolaylaştırmış olabilir. Bu bağlamda inhibisyonun örtük öğrenme sürecinde görevin taleplerine göre kolaylaştırıcı veya sınırlayıcı bir rol üstlediği söylenebilir.

Buna karşılık SCA grubunda sekans temelli enterferans kazancı ile herhangi bir nöropsikolojik ölçüm arasında anlamlı ilişki saptanmamıştır. Ancak bu bulgu SCA grubunda sekans öğrenmenin bütünüyle bozulduğu şeklinde yorumlanmamalıdır. Nitekim sekans eğitimi aşamasında SCA grubunun performansı sağlıklı kontrollerden anlamlı düzeyde farklılaşmamış ve her iki grupta da ilk bloktan itibaren yanıt

sürelerinde kademeli azalma gözlenmiştir. Ayrıca Stroop görevi sekansiyel yapıyla birlikte sunulduğunda SCA grubunun genel performansında iyileşme görülmüştür. Bu bulgular SCA grubunun sekansiyel düzenliliklerden belirli ölçüde yararlanabildiğini göstermektedir. Bununla birlikte sekans bilgisinin Stroop enterferansını azaltıcı etkisine ilişkin özgül göstergelerde SCA grubunda sekansın uyumsuz uyaranların işlenmesini seçici olarak kolaylaştırmadığını düşündürmüştür. Enterferansın azalması için sekans bilgisinin uyumsuz uyaranların işlenmesine uyumlu uyaranlardan daha fazla katkı sağlaması gerekmektedir. SCA grubunda ise sekans yapısının tüm uyaranlarda genel bir hızlanma etkisi yarattığı ancak uyarana özgü bir avantaj oluşturmadığı görülmektedir. Diğer bir ifadeyle, SCA grubunda sekansiyel düzenliliklerden yararlanma kısmen korunmuş olmakla birlikte, bu bilginin Stroop enterferansını azaltacak biçimde kontrol süreçlerine entegrasyonu sınırlı kalmış olabilir.

Sekans kazancının ataksi şiddeti ile ilişkili bulunmaması, bu sınırlılığın genel motor hastalık yüküyle doğrudan açıklanamayacağını düşündürmüştür. Klinik ataksi bulguları daha çok anterior serebellumla; sekans öğrenme ve enterferans direnci gibi süreçler posterior serebellar bölgelerle ilişkilendirilmektedir. Bu nedenle sekans temelli enterferans kazancı ile ataksi şiddeti arasında ilişki bulunmaması, serebellar kognitif etkilenmenin motor belirtilerden bağımsız bir kognitif aksaklık olacak ele alınabileceğini göstermektedir. Sekans kazancı ve enterferans süresinin hastalık süresi ile ilişkili bulunmaması ise SCA'nın alt tiplerinin ve bireysel kognitif profilin değişkenlik göstermesine sekonder olabileceği gibi kognitif etkilenmenin hastalık progresyonuyla doğrusal biçimde ilerlememesine de bağlı olabilir.

5.3. Sınırlılıklar ve Öneriler

Bu çalışmanın güçlü yönlerinden biri, örtük algısal sekans öğrenme ile Stroop çatışmasının aynı deneysel paradigma içinde birleştirilmesidir. Böylece çalışma, örtük öğrenme ve yürütücü işlevleri korelatif düzeyde inceleyen çalışmalardan ayrışarak öğrenilen düzenliliklerin kognitif kontrol süreçlerine olası katkısını değerlendirmiştir. Bunun yanında çalışmada yalnızca deneysel görev performansı değil, nöropsikolojik testler de değerlendirilmiş; böylece elde edilen davranışsal bulguların klinik bir profil içerisinde yorumlanması mümkün olmuştur. Çalışmanın güçlü yönlerinden biri de serebellumun ilerleyici ve diffüz atrofili ise karakterize olan SCA tanılı bireylerin

çalışmaya dahil edilmiş olmasıdır. Bu tercihin birden fazla gerekçesi bulunmaktadır: İnme veya beyin kanaması gibi akut nörolojik tablolarda lezyonun yaygınlığı, lokalizasyonu ve lateralizasyonu önemli ölçüde değişkenlik gösterebilmektedir. Bu olgularda tutulum fokal veya yaygın olabileceği gibi, anterior, posterior ya da orta hat yapılarını etkileyebilmekte veya daha spesifik olarak belirli serebellar lobüllerle sınırlı kalabilmektedir. Buna karşılık SCA, kronik seyirli ve serebellumda daha yaygın tutulumla karakterize bir hastalık grubudur. Ayrıca akut nörolojik tablolarda başlangıçta ağır olan semptomlar, zaman içinde nöroplastik ve kompansatuvar mekanizmalarla azalabilmekte, hatta bazı olgularda belirgin ölçüde ortadan kalkabilmektedir. Bu nedenle SCA hastalarıyla çalışmak, serebellar disfonksiyonun kognitif süreçler üzerindeki etkilerini incelemek açısından önemli olmakla birlikte birtakım sınırlılıkları da barındırmaktadır.

Öncelikle SCA'nın görece nadir görülen bir klinik grup olması nedeniyle hasta örneklemi sınırlı sayıda kalmıştır. Bu durum grup etkileşimlerinin değerlendirilmesinde istatistiksel gücü azaltmış olabilir. Bu sınırlılığı kısmen dengelemek ve grup karşılaştırmalarında istatistiksel gücü artırmak amacıyla sağlıklı kontrol grubu görece geniş tutulmuştur. Ayrıca SCA grubu, hastalık alt tipi ve süresi açısından heterojen bir yapıya sahiptir. Bu heterojenite, grup içi varyansın artmasına ve özellikle enterferans değişimi gibi ince davranışsal etkilerin yeterince ayrışamamasına yol açmış olabilir. Dolayısıyla mevcut bulguların belirli bir SCA alt tipine genellenmesi mümkün değildir.

Görev yapısının kendisi de bazı metodolojik sınırlılıklar barındırmaktadır. Görev tuşlara basarak yanıt vermeyi gerektirdiği için serebellar dejenerasyona eşlik eden motor yavaşlama hem Stroop enterferansını hem sekansiyel düzenliliklerden kaynaklanan kazancı maskelemiş olabilir.

Eğitim aşamasına ilişkin önemli bir sınırlılık, sekans öğreniminin sürekliliğini bozmamak amacıyla randomize blok kullanılmamış olmasıdır. Bu nedenle, eğitim aşamasında gözlenen performans artışı örtük sekans öğrenimiyle uyumlu görünmekle birlikte söz konusu hızlanmanın görev alışkanlığı ile pratik ve tekrar etkilerinden ayrıştırılması mümkün olmamıştır. Benzer biçimde kullanılan renk sekansının, tüm katılımcıların düzenliliği örtük biçimde işleyebilmesini kolaylaştırmak amacıyla görece basit bir yapıda tasarlanmış olması da dikkate alınmalıdır. Kompleks istatistiksel düzenlilikler yerine kısa bir paternin tercih edilmesi bulguların daha karmaşık sekans

öğrenme süreçlerine genellenebilirliğini sınırlandırmış olabilir. Ayrıca algısal sekans öğrenmenin davranışsal çıktısı motor sekans öğrenmeye kıyasla daha dolaylı biçimde ortaya çıkmaktadır. Sekans etkisinin özellikle yüksek semantik yük ve görsel tarama gerektiren görev koşullarında daha kırılgan hale gelmiş olabilir.

Stroop test bloklarına özel sınırlılıklar da mevcuttur. Öncelikle, bloklar içerisinde uyumlu, uyumsuz ve nötr uyaranların birbirine eşit sayıda sunulması deneysel kontrolü yükseltmiş olmakla birlikte Stroop paradigmasındaki olasılık dağılımlarından ayrılmıştır. Bu tercihin katılımcıların beklenti geliştirme süreçlerini ve sürpriz etkilerini azaltarak sekans öğrenmenin enterferans üzerindeki etkisini zayıflatmış olması mümkündür. Ayrıca blok sırasının sabit olması nedeniyle zamana bağlı pratik ve yorgunluk etkileri tamamen ayrıştırılamamıştır.

Son olarak, çalışma davranışsal verilere dayandığı için serebellar-prefrontal ağlar, öngörücü içsel modeller veya kognitif kontrol süreçleri üzerine yapılan yorumlar dolaylı niteliktedir. Bulgularımız serebellumun örtük düzenliliklerin kognitif kontrol süreçlerine entegrasyonunda rol oynayabileceğini düşündürmekle birlikte doğrudan çıkarım yapılamamıştır.

Gelecek çalışmalarda bu bulguların daha geniş örneklemlerle, alt tiplere ayrıştırılmış hasta gruplarında ve nörogörüntüleme yöntemleriyle birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca daha karmaşık istatistiksel sekansların kullanıldığı, blok sırasının dengelendiği ve pratik etkisinin sekans öğrenmesinden ayrıştırılabildiği paradigmalar, serebellar nörodejenerasyonda örtük öğrenmenin hangi bileşenlerinin korunduğu ve bu bilginin kognitif işlevlere hangi aşamada entegre edilemediğini daha ayrıntılı biçimde ortaya koyacaktır.

5.4. Çıkarımlar

Bu yüksek lisans tez çalışmasından elde edilen sonuçlar, örtük olarak edinilen algısal sekansların kognitif kontrol süreçlerine aktarılabildiğini ve çatışma çözümünde kullanılabildiğini ortaya koyulmuştur. Enterferans direnci düşük olan bireylerin bu düzenliliklerden çatışma çözümünde daha fazla yararlanması örtük öğrenmenin özellikle kognitif kontrol yükünün arttığı durumlarda davranışa daha belirgin katkı sağlayabileceğini düşündürmektedir. SCA grubunda ise sekansiyel bilginin çatışma

çözümünü optimize edecek biçimde kognitif kontrol süreçlerine yeterince entegre edilemediği anlaşılmaktadır. Sonuç olarak bu bulgular, serebellumun edinilmiş bilginin öngörücü biçimde kullanılması ve kontrol süreçlerine entegrasyonunda rol oynayabileceğine ilişkin kanıt sunmaktadır.

KAYNAKLAR

Agarwal, A., Kaur, H., Agarwal, A., Nehra, A., Pandey, S., Garg, A. ve ark. (2021). Cognitive impairment in spinocerebellar ataxia type 12. *Parkinsonism & Related Disorders,* ***85***, 52-56. https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2021.03.010

Alahmadi, A. A. (2023). The cerebellum's orchestra: understanding the functional connectivity of its lobes and deep nuclei in coordination and integration of brain networks. *Tomography,* ***9***(2), 883-893. https://doi.org/10.3390/tomography9020072

Alvarez, J. A. ve Emory, E. (2006). Executive function and the frontal lobes: a meta-analytic review. *Neuropsychology review,* ***16***(1), 17-42. https://doi.org/10.1007/s11065-006-9002-x

Anticevic, A., Cole, M. W., Murray, J. D., Corlett, P. R., Wang, X. J. ve Krystal, J. H. (2012). The role of default network deactivation in cognition and disease. *Trends in Cognitive Sciences,* ***16***(12), 584-592. https://doi.org/10.1016/j.tics.2012.10.008

Argyropoulos, G. P., Van Dun, K., Adamaszek, M., Leggio, M., Manto, M., Masciullo, M. ve ark. (2020). The cerebellar cognitive affective/Schmahmann syndrome: a task force paper. *The Cerebellum,* ***19***(1), 102-125. https://doi.org/10.1007/s12311-019-01068-8

Arioli, M., Tsantzalou, K. S., Qiu, M., Cordier, C., Firouzi, M., Heleven, E. ve ark. (2025). The neural basis of sequence learning: A neuroimaging meta-analysis across social, cognitive and motor domains. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, ***181***, 106530. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2025.106530

Atkinson, R. C. ve Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. İçinde K.W. Spence ve J.T. Spence (Ed.), *Psychology of Learning and Motivation* (Cilt 2). Academic Press; 89-195.

Baddeley, A. D. ve Hitch, G. J. (1974). Working memory. İçinde G. H. Bower (Ed.), *The Psychology of Learning and Motivation* (Cilt 8).New York: Academic Press; **47**-89.

Bae, H., Seo, J., Kim, C. E. ve Kim, S. J. (2025). A normative principle governing memory transfer in cerebellar motor learning. *Nature Communications,* ***16***(1), 5479. https://doi.org/10.1038/s41467-025-60511-z

Bansal, K., Cattaneo, Z., Oldrati, V., Ferrari, C., Grossman, E. D. ve Garcia, J. O. (2026). Intrinsic brain network dynamics modulated by neural stimulation to

cerebellum. *Network Neuroscience,* ***10***(2), 329-351. https://doi.org/10.1162/NETN.a.541

Bastian, A. J. ve Lisberger, S. G. (2021). The cerebellum. İçinde E. R. Kandel, J. D. Koester, S.H. Mack, S. A. Siegelbaum (Ed.), *Principles of Neural Science* (6. baskı). McGraw Hill; 908-931.

Basu, S. (2023). Examining the reliability and validity of computerized Stroop test in children aged 5-13 years: a preliminary study. *Quality & Quantity,* ***57***(1), 645-653. https://doi.org/10.1007/s11135-022-01376-y

Beck, A. T., Ward, C. H., Mendelson, M., Mock, J., ve Erbaugh, J. (1961). Beck depression inventory (BDI). *Archivies of general psychiatry,* ***4***, 561-571. https://doi.org/10.1001/archpsyc.1961.01710120031004

Berg, E. A. (1948). A simple objective technique for measuring flexibility in thinking. *The Journal of General Psychology,* ***39***(1), 15-22. https://doi.org/10.1080/00221309.1948.9918159

Berta, K., Pesthy, Z. V., Vékony, T., Farkas, B. C., Király, O., Demetrovics, Z. ve ark. (2026). Game On or Gone Too Far? Executive Functioning and Implicit Sequence Learning in Problematic vs. Recreational Gamers. *Computers in Human Behavior*, *108878*. https://doi.org/10.1016/j.chb.2025.108878

Bolceková, E., Mojzeš, M., Van Tran, Q., Kukal, J., Ostrý, S., Kulišťák, P. ve Rusina, R. (2017). Cognitive impairment in cerebellar lesions: a logit model based on neuropsychological testing. *Cerebellum & ataxias,* ***4***(1), 13. https://doi.org/10.1186/s40673-017-0071-9

Bolzan, G., Eyng, M. E. M., Leotti, V. B., Saraiva-Pereira, M. L. ve Jardim, L. B. (2024). Cognitive-affective manifestations since premanifest phases of spinocerebellar ataxia type 3/Machado-Joseph disease. *Cortex,* ***171***, 370-382. https://doi.org/10.1016/j.cortex.2023.09.021

Braga-Neto, P., Pedroso, J. L., Alessi, H., Dutra, L. A., Felício, A. C., Minett, T. ve ark. (2012). Cerebellar cognitive affective syndrome in Machado Joseph disease: core clinical features. *Cerebellum,* ***11***, 549-556. https://doi.org/10.1007/s12311-011-0318-6

Brandt, J., Leroi, I., O'Hearn, E., Rosenblatt, A. ve Margolis, R. L. (2004). Cognitive impairments in cerebellar degeneration: a comparison with Huntington's disease. *The*

Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences, ***16***(2), 176-184. https://doi.org/10.1176/jnp.16.2.176

Brissenden, J. A., Levin, E. J., Osher, D. E., Halko, M. A. ve Somers, D. C. (2016). Functional evidence for a cerebellar node of the dorsal attention network. *Journal of Neuroscience,* ***36***(22), 6083-6096. https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0344-16.2016

Buckner, R. L., Krienen, F. M., Castellanos, A., Diaz, J. C. ve Yeo, B. T. (2011). The organization of the human cerebellum estimated by intrinsic functional connectivity. *Journal of Neurophysiology,* ***106***(5), 2322-2345. https://doi.org/10.1152/jn.00339.2011

Bugg, J. M., Jacoby, L. L. ve Chanani, S. (2011). Why it is too early to lose control in accounts of item-specific proportion congruency effects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance,* ***37***(3), 844. https://doi.org/10.1037/a0019957

Bürk, K., Globas, C., Bösch, S., Gräber, S., Abele, M., Brice, A. ve ark. (1999). Cognitive deficits in spinocerebellar ataxia 2. *Brain,* ***122***(4), 769-777. https://doi.org/10.1093/brain/122.4.769

Bürk, K., Globas, C., Bösch, S., Klockgether, T., Zühlke, C., Daum, I. ve Dichgans, J. (2003). Cognitive deficits in spinocerebellar ataxia type 1, 2, and 3. *Journal of neurology,* ***250***(2), 207-211. https://doi.org/10.1007/s00415-003-0976-5

Carlson, S. M., Zelazo, P. D. ve Faja, S. (2013). Executive function. İçinde P.D. Zelazo (Ed.), *Oxford Handbook of Developmental Psychology: Body and Mind* (Cilt 1). Oxford: Oxford University Press; 701-718. http://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199958450.013.0025

Casto, C., Poliak, M., Tuckute, G., Small, H., Sherlock, P., Wolna, A. ve ark. (2026). The cerebellar components of the human language network. *Neuron,* ***114***(8), 1504-1523.

Cerebellum. İçinde S. Standring (Ed.), *Gray's Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice* (42. baskı). Elsevier; 465-488.

Cheng, D. T., Knight, D. C., Smith, C. N., Stein, E. A. ve Helmstetter, F. J. (2003). Functional MRI of human amygdala activity during Pavlovian fear conditioning: stimulus processing versus response expression. *Behavioral Neuroscience,* ***117***(1), 3. https://doi.org/10.1037/0735-7044.117.1.3

Cheng, D. T., Meintjes, E. M., Stanton, M. E., Desmond, J. E., Pienaar, M., Dodge, N. C. ve ark. (2014). Functional MRI of cerebellar activity during eyeblink classical conditioning in children and adults. *Human Brain Mapping,* ***35***(4), 1390-1403. https://doi.org/10.1002/hbm.22261

Clark, G. M., Lum, J. A. ve Ullman, M. T. (2014). A meta-analysis and meta-regression of serial reaction time task performance in Parkinson's disease. *Neuropsychology,* ***28***(6), 945. http://doi.org/10.1037/neu0000121

Clark, S. V., Semmel, E. S., Aleksonis, H. A., Steinberg, S. N. ve King, T. Z. (2021). Cerebellar-subcortical-cortical systems as modulators of cognitive functions. *Neuropsychology review,* ***31(***3), 422-446. https://doi.org/10.1007/s11065-020-09465-1

Coarelli, G., Wirth, T., Tranchant, C., Koenig, M., Durr, A. ve Anheim, M. (2023). The inherited cerebellar ataxias: an update. *Journal of Neurology,* ***270***, 208-222. https://doi.org/10.1007/s00415-022-11383-6

Cocozza, S., Saccà, F., Cervo, A., Marsili, A., Russo, C. V., Giorgio, S. M. D. A. ve ark. (2015). Modifications of resting state networks in spinocerebellar ataxia type 2. *Movement Disorders,* ***30***(10), 1382-1390. https://doi.org/10.1002/mds.26284

Colucci, F., Stefanelli, S., Contaldi, E., Gozzi, A., Marchetti, A., Pugliatti, M. ve ark. (2024). Cognition in patients with spinocerebellar Ataxia 1 (SCA1) and 2 (SCA2): A neurophysiological and neuropsychological approach. *Journal of Clinical Medicine,* ***13***(16), 4880. https://doi.org/10.3390/jcm13164880

Cowan, N. (1988). Evolving conceptions of memory storage, selective attention, and their mutual constraints within the human information-processing system. *Psychological bulletin,* ***104***(2), 163.

Cristofori, I., Cohen-Zimerman, S. ve Grafman, J. (2019). Executive functions. İçinde M. D'Esposito ve J.H. Grafman (Ed.), *Handbook of Clinical Neurology*. Amsterdam, Netherlands: Elsevier; 197-219. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804281-6.00011-2

Cundari, M., Kirchhoff, L., Hansson, A., Gorcenco, S., Vestberg, S. ve Rasmussen, A. (2025). Sensorimotor Functions, Visuospatial Perception, and Visuospatial Abilities in Spinocerebellar Ataxias and Other Cerebellar Ataxias. *Neurology Open Access, 1*, e000054. https://doi.org/10.1212/WN9.0000000000000054

D'Mello, A. M., Gabrieli, J. D. ve Nee, D. E. (2020). Evidence for hierarchical cognitive control in the human cerebellum. *Current Biology, **30***(10), 1881-1892. https://doi.org/10.1016/j.cub.2020.03.028

D'Angelo, E. ve Casali, S. (2013). Seeking a unified framework for cerebellar function and dysfunction: from circuit operations to cognition. *Frontiers in neural circuits, **6***, 116. https://doi.org/10.3389/fncir.2012.00116

De Wit, L., Marsiske, M., O'Shea, D., Kessels, R. P., Kurasz, A. M., DeFeis, B. ve ark. (2021). Procedural learning in individuals with amnestic mild cognitive impairment and Alzheimer's dementia: a systematic review and meta-analysis. *Neuropsychology review, **31***(1), 103-114. https://doi.org/10.1007/s11065-020-09449-1

Deroost, N., Vandenbossche, J., Zeischka, P., Coomans, D. ve Soetens, E. (2012). Cognitive control: a role for implicit learning?. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, **38***(5), 1243-1258. https://doi.org/10.1037/a0027633

Di Russo, F. ve Bianco, V. (2023). Time course of reactive brain activities during a stroop color-word task: evidence of specific facilitation and interference effects. *Brain Sciences, **13***(7), 982. https://doi.org/10.3390/brainsci13070982

Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology, **64***, 135-168. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750

Drepper, J., Timmann, D., Kolb, F. P. ve Diener, H. C. (1999). Non-motor associative learning in patients with isolated degenerative cerebellar disease. *Brain, **122***, 87-97. https://doi.org/10.1093/brain/122.1.87

Egner, T. (2014). Creatures of habit (and control): A multi-level learning perspective on the modulation of congruency effects. *Frontiers in psychology, **5**,* 1247. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01247

Elyoseph, Z., Mintz, M., Vakil, E., Zaltzman, R. ve Gordon, C. R. (2020). Selective procedural memory impairment but preserved declarative memory in spinocerebellar ataxia type 3. *The Cerebellum, **19***(2), 226-234. https://doi.org/10.1007/s12311-019-01101-w

Emek-Savaş, D. D., Yerlikaya, D., Yener, G. G. ve Tanör, Ö.Ö. (2019). Stroop Testi Çapa Formu'nun Geçerlik-Güvenirlik ve Norm Çalışması. *Turkish Journal of Psychiatry, **31***, 9-21. https://doi.org/10.5080/u23549

Fancellu, R., Paridi, D., Tomasello, C., Panzeri, M., Castaldo, A., Genitrini, S. ve ark. (2013). Longitudinal study of cognitive and psychiatric functions in spinocerebellar ataxia types 1 and 2. *Journal of Neurology,* ***260***(12), 3134-3143. https://doi.org/10.1007/s00415-013-7138-1

Feng, L., Chen, D. B., Hou, L., Huang, L. H., Lu, S. Y., Liang, X. L. ve ark. (2014). Cognitive impairment in native Chinese with spinocerebellar ataxia type 3. *European Neurology,* ***71***(5-6), 262-270. https://doi.org/10.1159/000357404

Freedberg, M., Toader, A. C., Wassermann, E. M. ve Voss, J. L. (2020). Competitive and cooperative interactions between medial temporal and striatal learning systems. *Neuropsychologia,* ***136***, 107257.

García, M., Rouco-Axpe, I., Amayra, I., Rodríguez-Antigüedad, A., Catalli, C., Cabrera-Zubizarreta, A. ve ark. (2022). Neuropsychological profile of hereditary ataxias: study of 38 patients. Archives of Clinical Neuropsychology, **37**(5), 904-915. https://doi.org/10.1093/arclin/acac024

Gazzaniga, M. S., Ivry, R. B. ve Mangun, G. R. (2019). Cognitive neuroscience: The biology of the mind (5. baskı). New York, NY: W. W. Norton & Company.

Gerwig, M., Guberina, H., Eßer, A. C., Siebler, M., Schoch, B., Frings, M. ve ark. (2010). Evaluation of multiple-session delay eyeblink conditioning comparing patients with focal cerebellar lesions and cerebellar degeneration. *Behavioural Brain Research,* ***212***(2), 143-151. https://doi.org/10.1016/j.bbr.2010.04.007

Geva, S., Schneider, L. M., Roberts, S., Green, D. W. ve Price, C. J. (2021). The effect of focal damage to the right medial posterior cerebellum on word and sentence comprehension and production. *Frontiers in Human Neuroscience,* ***15***, 1-13. https://doi.org/10.3389/fnhum.2021.664650

Gheysen, F., Van Opstal, F., Roggeman, C., Van Waelvelde, H. ve Fias, W. (2011). The neural basis of implicit perceptual sequence learning. *Frontiers in human neuroscience,* ***5****,* 137. https://doi.org/10.3389/fnhum.2011.00137

Ghilardi, M. F., Silvestri, G., Feigin, A., Mattis, P., Zgaljardic, D., Moisello, C. ve ark. (2008). Implicit and explicit aspects of sequence learning in pre-symptomatic Huntington's disease. *Parkinsonism & related disorders,* ***14***(6), 457-464. https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2007.11.009

Gigante, A. F., Lelli, G., Romano, R., Pellicciari, R., Di Candia, A., Mancino, P. V. ve ark. (2020). The relationships between ataxia and cognition in spinocerebellar ataxia type 2. *The Cerebellum, **19***. https://doi.org/10.1007/s12311-019-01079-5

Glickstein, M. ve Doron, K. (2008). Cerebellum: connections and functions. *Cerebellum, 7,* 589-594. https://doi.org/10.1007/s12311-008-0074-4

Goldfarb, L. ve Henik, A. (2007). Evidence for task conflict in the Stroop effect. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, **33***(5), 1170–1176. https://doi.org/10.1037/0096-1523.33.5.1170

Goulden, N., Khusnulina, A., Davis, N. J., Bracewell, R. M., Bokde, A. L., McNulty, J. P. ve Mullins, P. G. (2014). The salience network is responsible for switching between the default mode network and the central executive network: replication from DCM. *Neuroimage, **99***, 180-190. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.05.052

Guo, J., Jiang, Z., Liu, X., Li, H., Biswal, B. B., Zhou, B. ve ark. (2023). Cerebello-cerebral resting-state functional connectivity in spinocerebellar ataxia type 3. *Human Brain Mapping, **44(***3), 927-936. https://doi.org/10.1002/hbm.26113

Habas, C., Kamdar, N., Nguyen, D., Prater, K., Beckmann, C. F., Menon, V. ve Greicius, M. D. (2009). Distinct cerebellar contributions to intrinsic connectivity networks. *Journal of Neuroscience, **29***(26), 8586-8594. https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1868-09.2009

Hadjiosif, A. M., Gibo, T. L. ve Smith, M. A. (2024). The cerebellum acts as the analog to the medial temporal lobe for sensorimotor memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences, **121***(42), e2411459121. https://doi.org/10.1073/pnas.2411459121

Halko, M. A., Farzan, F., Eldaief, M. C., Schmahmann, J. D. ve Pascual-Leone, A. (2014). Intermittent theta-burst stimulation of the lateral cerebellum increases functional connectivity of the default network. *Journal of Neuroscience, **34***(36), 12049-12056. https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1776-14.2014

Heaton, R. (1981). *Wisconsin Card Sorting Test Manual*. Psychological Assessment Resources.

Heaton, R.K., Chelune, C., Talley, J.D., Kay, G.G. ve Curtiss, G. (1993). *Wisconsin Card Sorting Test Manual – Revised and Expanded.* Psychological Assessment Resources.

Heck, D. H., Fox, M. B., Correia Chapman, B., McAfee, S. S. ve Liu, Y. (2023). Cerebellar control of thalamocortical circuits for cognitive function: A review of pathways and a proposed mechanism. *Frontiers in Systems Neuroscience, **17**,* 1126508. https://doi.org/10.3389/fnsys.2023.1126508

Herculano-Houzel, S. (2010). Coordinated scaling of cortical and cerebellar numbers of neurons. *Frontiers in Neuroanatomy*, **4**, 1-8. https://doi.org/10.3389/fnana.2010.00012

Hernandez-Castillo, C. R., Galvez, V., Mercadillo, R. E., Díaz, R., Yescas, P., Martinez, L. ve ark. (2015). Functional connectivity changes related to cognitive and motor performance in spinocerebellar ataxia type 2. *Movement Disorders, **30***(10), 1391-1399. https://doi.org/10.1002/mds.26320

Hershman, R. ve Henik, A. (2019). Dissociation between reaction time and pupil dilation in the Stroop task. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 45*(10), 1899.

Hisli, N. (1989). Beck Depresyon Envanteri'nin geçerliği üzerine bir çalışma. *Türk Psikoloji Dergisi, **6***(22), 118-126.

Hokkanen, L. S. K., Kauranen, V., Roine, R. O., Salonen, O. ve Kotila, M. (2006). Subtle cognitive deficits after cerebellar infarcts. *European Journal of Neurology*, ***13***(2), 161-170. https://doi.org/10.1111/j.1468-1331.2006.01157.x

Ito, M. (2008). Control of mental activities by internal models in the cerebellum. *Nature Reviews Neuroscience, **9***(4), 304-313. https://doi.org/10.1038/nrn2332

Janacsek, K., Shattuck, K. F., Tagarelli, K. M., Lum, J. A., Turkeltaub, P. E. ve Ullman, M. T. (2020). Sequence learning in the human brain: A functional neuroanatomical meta-analysis of serial reaction time studies. *NeuroImage, **207***, 116387. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.116387

Jiménez, L., Abrahamse, E., Méndez, C. ve Braem, S. (2020). Does incidental sequence learning allow us to better manage upcoming conflicting events?. *Psychological Research, **84***(8), 2079-2089. https://doi.org/10.1007/s00426-019-01201-6

Kalanthroff, E., Davelaar, E. J., Henik, A., Goldfarb, L. ve Usher, M. (2018). Task conflict and proactive control: A computational theory of the Stroop task. *Psychological review, **125***(1), 59-82. https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/rev0000083

Kalanthroff, E., Goldfarb, L. ve Henik, A. (2013). Evidence for interaction between the stop signal and the Stroop task conflict. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, **39***(2), 579–592. https://doi.org/10.1037/a0027429

Kandel, E. R. ve LeDoux, J. (2021). Cellular mechanisms of implicit memory storage and the biological basis of individuality İçinde E. R. Kandel, J. D. Koester, S.H. Mack, S. A. Siegelbaum (Ed.), *Principles of Neural Science* (6. baskı). McGraw Hill; 1312-1338.

Kandel, E. R., Dudai, Y. ve Mayford, M. R. (2014). The molecular and systems biology of memory. *Cell, **157***(1), 163-186. https://doi.org/10.1016/j.cell.2014.03.001

Kansal, K., Yang, Z., Fishman, A. M., Sair, H. I., Ying, S. H., Jedynak, B. M. ve ark. (2017). Structural cerebellar correlates of cognitive and motor dysfunctions in cerebellar degeneration. *Brain, **140***(3), 707-720. https://doi.org/10.1093/brain/aww327

Karakaş, S. (2004). *BİLNOT Bataryası El Kitabı: Nöropsikolojik Testler için Araştırma ve Geliştirme çalışmaları*. Ankara: Dizayn Ofset.

Karakaş, S., Kafadar, H. ve Eski, R. (1996). Wechsler Bellek Ölçeği geliştirilmiş formunun test-tekrar test güvenirliği. *Türk Psikoloji Dergisi, **11***(38), 46-52.

Kaufman, S. B., DeYoung, C. G., Gray, J. R., Jiménez, L., Brown, J. ve Mackintosh, N. (2010). Implicit learning as an ability. *Cognition, **116***(3), 321-340. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2010.05.011

Kawabata, K., Bagarinao, E., Watanabe, H., Maesawa, S., Mori, D., Hara, K ve ark. (2022). Functional connector hubs in the cerebellum. *NeuroImage, **257***, 119263. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2022.119263

Keha, E. ve Kalanthroff, E. (2023). What is word? The boundary conditions of task conflict in the Stroop task. *Psychological Research, **87***(4), 1208-1218. https://doi.org/10.1007/s00426-022-01738-z

Kipping, J. A., Grodd, W., Kumar, V., Taubert, M., Villringer, A. ve Margulies, D. S. (2013). Overlapping and parallel cerebello-cerebral networks contributing to sensorimotor control: an intrinsic functional connectivity study. *Neuroimage, **83***, 837-848. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.07.027

Klockgether, T., Mariotti, C. ve Paulson, H. L. (2019). Spinocerebellar ataxia. *Nature Reviews Disease Primers, **5***, 24. https://doi.org/10.1038/s41572-019-0074-3

Knopman, D. ve Nissen, M. J. (1991). Procedural learning is impaired in Huntington's disease: Evidence from the serial reaction time task. *Neuropsychologia, **29***(3), 245-254. https://doi.org/10.1016/0028-3932(91)90085-M

Koziol, L. F., Budding, D. E. ve Chidekel, D. (2012). From movement to thought: executive function, embodied cognition, and the cerebellum. *The Cerebellum, **11***(2), 505-525. https://doi.org/10.1007/s12311-011-0321-y

Krienen, F. M. ve Buckner, R. L. (2009). Segregated fronto-cerebellar circuits revealed by intrinsic functional connectivity. *Cerebral cortex, **19***(10), 2485-2497.

LaBar, K. S., Gatenby, J. C., Gore, J. C., LeDoux, J. E. ve Phelps, E. A. (1998). Human amygdala activation during conditioned fear acquisition and extinction: a mixed-trial fMRI study. *Neuron, **20***(5), 937-945. https://doi.org/10.1016/S0896-6273(00)80475-4

Lalonde, R. ve Botez-Marquard, T. (2000). Neuropsychological deficits of patients with chronic or acute cerebellar lesions. *Journal of Neurolinguistics, **13***(2-3), 117-128. https://doi.org/10.1016/S0911-6044(00)00007-5

Larsell, O. (1952). The morphogenesis and adult pattern of the lobules and fissures of the cerebellum of the white rat. *Journal of Comparative Neurology, **97***(2), 281-356.

Larsell, O. (1958). Lobules of the mammalian and human cerebellum. *Anat Rec, **130***, 329-330.

Lehto, J. E., Juujärvi, P., Kooistra, L. ve Pulkkinen, L. (2003). Dimensions of executive functioning: Evidence from children. *British Journal of Developmental Psychology, **21***(1), 59-80. https://doi.org/10.1348/026151003321164627

Leiner, H. C., Leiner, A. L. ve Dow, R. S. (1986). Does the cerebellum contribute to mental skills? *Behavioral Neuroscience, **100***(4), 443-454. https://doi.org/10.1037/0735-7044.100.4.443

Lezak, M. D., Howieson, D. B., Bigler, E. D. ve Tranel, D. (2012). *Neuropsychological Assessment.* (5. baskı.). New York: Oxford University Press.

Li, Y., Wang, Y., Yu, F. ve Chen, A. (2021). Large-scale reconfiguration of connectivity patterns among attentional networks during context-dependent adjustment of cognitive control. *Human brain mapping, **42***(12), 3821-3832. https://doi.org/10.1002/hbm.25467

Lopes, T. M., D′ Abreu, A., Junior, M. C. F., Yasuda, C. L., Betting, L. E., Samara, A. B. ve ark. (2013). Widespread neuronal damage and cognitive dysfunction in

spinocerebellar ataxia type 3. *Journal of Neurology,* ***260,*** 2370-2379. https://doi.org/10.1007/s00415-013-6998-8

Lupo, M., Olivito, G., Iacobacci, C., Clausi, S., Romano, S., Masciullo, M. ve ark. (2018). The cerebellar topography of attention sub-components in spinocerebellar ataxia type 2. *Cortex,* ***108***, 35-49. https://doi.org/10.1016/j.cortex.2018.07.011

Ma, J., Wu, C., Lei, J. ve Zhang, X. (2014). Cognitive impairments in patients with spinocerebellar ataxia types 1, 2 and 3 are positively correlated to the clinical severity of ataxia symptoms. *International Journal of Clinical and Experimental Medicine, 7*(12), 5765.

MacLeod, C. M. (1991). Half a century of research on the Stroop effect: an integrative review. *Psychological bulletin,* ***109***(2), 163.

Martin, J.H. (2020). *Neuroanatomy: Text and Atlas.* (5. baskı). McGraw Hill.

Martínez-Regueiro, R., Arias, M., Cruz, R., Quintáns, B., Labella-Caballero, T., Pardo, M. ve ark. (2020). Cerebellar cognitive affective syndrome in Costa da Morte ataxia (SCA36). *The Cerebellum,* ***19***(4), 501-509. https://doi.org/10.1007/s12311-020-01110-0

McDonald, R. J. ve Hong, N. S. (2013). How does a specific learning and memory system in the mammalian brain gain control of behavior?. *Hippocampus,* ***23***(11), 1084-1102. https://doi.org/10.1002/hipo.22177

Menon, V. (2011). Large-scale brain networks and psychopathology: a unifying triple network model. *Trends in Cognitive Sciences,* ***15***(10), 483-506. https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.08.003

Menon, V. ve Uddin, L. Q. (2010). Saliency, switching, attention and control: a network model of insula function. *Brain structure and function,* ***214***(5), 655-667. https://doi.org/10.1007/s00429-010-0262-0

Mesulam, M. M. (2000). *Principles of behavioral and cognitive neurology.* Oxford University Press.

Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review,* ***63***(2), 81-97. https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/h0043158

Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A. ve Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to

complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology, **41***(1), 49-100. https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734

Mizusawa, H., Clark, H. B. ve Koeppen, A. H. (2011). Spinocerebellar ataxias. İçinde D. W. Dickson ve R. O. Weller (Ed.), *Neurodegeneration: The molecular pathology of dementia and movement disorders.* Chichester, West Sussex, UK: Wiley-Blackwell; 273-287. https://doi.org/10.1002/9781444341256.ch27

Molinari, M., Masciullo, M., Bulgheroni, S., D’Arrigo, S. ve Riva, D. (2018). Cognitive aspects: sequencing, behavior, and executive functions. İçinde M. Manto ve T.A.G.M. Huisman (Ed.), *Handbook of clinical neurology*, *The Cerebellum: From Embryology to Diagnostic Investigations.* Elsevier; 167-180

Morgan, O. P., Slapik, M. B., Iannuzzelli, K. G., LaConte, S. M., Lisinski, J. M., Nopoulos, P. C. ve ark. (2021). The cerebellum and implicit sequencing: evidence from cerebellar ataxia. *The Cerebellum, **20***(2), 222-245. https://doi.org/10.1007/s12311-020-01206-7

Moriarty, A., Cook, A., Hunt, H., Adams, M. E., Cipolotti, L. ve Giunti, P. (2016). A longitudinal investigation into cognition and disease progression in spinocerebellar ataxia types 1, 2, 3, 6, and 7. *Orphanet Journal of Rare Diseases, **11***, 1-9. https://doi.org/10.1186/s13023-016-0447-6

Muslimović, D., Post, B., Speelman, J. D. ve Schmand, B. (2007). Motor procedural learning in Parkinson's disease. *Brain, **130***(11), 2887-2897. https://doi.org/10.1093/brain/awm211

Nestor, K. (2025). Cortical network reconfiguration aligns with shifts of basal ganglia and cerebellar influence. (ön baskı) *ArXiv*.

Niendam, T. A., Laird, A. R., Ray, K. L., Dean, Y. M., Glahn, D. C. ve Carter, C. S. (2012). Meta-analytic evidence for a superordinate cognitive control network subserving diverse executive functions. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience, **12***(2), 241-268. https://doi.org/10.3758/s13415-011-0083-5

Nigri, A., Sarro, L., Mongelli, A., Castaldo, A., Porcu, L., Pinardi, C. ve ark. (2022). Spinocerebellar ataxia type 1: one-year longitudinal study to identify clinical and MRI measures of disease progression in patients and presymptomatic carriers. *The Cerebellum, **21***(1), 133-144. https://doi.org/10.1007/s12311-021-01285-0

Nissen, M. J. ve Bullemer, P. (1987). Attentional requirements of learning: Evidence from performance measures. *Cognitive Psychology,* ***19***(1), 1-32. https://doi.org/10.1016/0010-0285(87)90002-8

Okayasu, M., Inukai, T., Tanaka, D., Tsumura, K., Shintaki, R., Takeda, M ve ark. (2023). The Stroop effect involves an excitatory–inhibitory fronto-cerebellar loop. *Nature Communications*, ***14***(1), 27. https://doi.org/10.1038/s41467-022-35397-w

Orsi, L., D'Agata, F., Caroppo, P., Franco, A., Caglio, M. M., Avidano, F. ve ark. (2011). Neuropsychological picture of 33 spinocerebellar ataxia cases. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology,* ***33***(3), 315-325. https://doi.org/10.1080/13803395.2010.518139

Pan, X. ve Wang, Z. (2023). Cortical and subcortical contributions to non-motor inhibitory control: an fMRI study. *Cerebral Cortex,* ***33***(21), 10909-10917. https://doi.org/10.1093/cercor/bhad336

Park, J., Yoon, H. D., Yoo, T., Shin, M. ve Jeon, H. A. (2020). Potential and efficiency of statistical learning closely intertwined with individuals' executive functions: a mathematical modeling study. *Scientific Reports,* ***10***(1), 18843. https://doi.org/10.1038/s41598-020-75157-8

Parris, B. A., Hasshim, N., Wadsley, M., Augustinova, M. ve Ferrand, L. (2022). The loci of Stroop effects: A critical review of methods and evidence for levels of processing contributing to color-word Stroop effects and the implications for the loci of attentional selection. *Psychological Research,* ***86***(4), 1029-1053. https://doi.org/10.1007/s00426-021-01554-x

Pedraza, F., Farkas, B. C., Vékony, T., Haesebaert, F., Phelipon, R., Mihalecz, I. ve ark. (2024). Evidence for a competitive relationship between executive functions and statistical learning. *npj Science of Learning,* ***9***(1), 30. https://doi.org/10.1038/s41539-024-00243-9

Pedraza, F., Vékony, T. ve Nemeth, D. (2023). Nomen est omen: Serial reaction time task is not a motor but a visuomotor learning task. *European Journal of Neuroscience,* ***58***(4), 3111-3115. https://doi.org/10.1111/ejn.16092

Pedraza, F., Vékony, T., Farkas, B. C., Haesebaert, F., Phelipon, R., Mihalecz, I. ve ark. (2025). The interplay between executive functions and updating predictive

representations. *Scientific Reports,* ***15***(1), 30555. https://doi.org/10.1038/s41598-025-14876-2

Penner, I. K., Kobel, M., Stöcklin, M., Weber, P., Opwis, K. ve Calabrese, P. (2012). The Stroop task: comparison between the original paradigm and computerized versions in children and adults. *The Clinical Neuropsychologist,* ***26***(7), 1142-1153. https://doi.org/10.1080/13854046.2012.713513

Pereira, L., Airan, R. D., Fishman, A., Pillai, J. J., Kansal, K., Onyike, C. U. ve ark. (2017). Resting-state functional connectivity and cognitive dysfunction correlations in spinocerebellar ataxia type 6 (SCA6). *Human Brain Mapping,* ***38***(6), 3001-3010. https://doi.org/10.1002/hbm.23568

Peterburs, J., Blevins, L. C., Sheu, Y. S. ve Desmond, J. E. (2019). Cerebellar contributions to sequence prediction in verbal working memory. *Brain Structure and Function,* ***224***(1), 485-499. https://doi.org/10.1007/s00429-018-1784-0

Petok, J. R., Dang, L. ve Hammel, B. (2024). Impaired executive functioning mediates the association between aging and deterministic sequence learning. *Aging, Neuropsychology, and Cognition,* ***31***(2), 323-339. https://doi.org/10.1080/13825585.2022.2153789

Plaitakis, A. (1992). Clinical neurosciences of the cerebellum. İçinde A. Plaitakis (Ed.), *Cerebellar degenerations: Clinical neurobiology* (Cilt 2). Springer Science & Business Media; 185-368.

Poldrack, R. A. ve Packard, M. G. (2003). Competition among multiple memory systems: converging evidence from animal and human brain studies. *Neuropsychologia,* ***41***(3), 245-251. https://doi.org/10.1016/S0028-3932(02)00157-4

Poldrack, R. A. ve Rodriguez, P. (2004). How do memory systems interact? Evidence from human classification learning. *Neurobiology of learning and memory,* ***82***(3), 324-332.

Poldrack, R. A., Clark, J., Paré-Blagoev, E. J., Shohamy, D., Creso Moyano, J., Myers, C. ve Gluck, M. A. (2001). Interactive memory systems in the human brain. *Nature,* ***414***(6863), 546-550.

Popa, L. S. ve Ebner, T. J. (2019). Cerebellum, predictions and errors. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, ***12***, 524. https://doi.org/10.3389/fncel.2018.00524

Psychology Software Tools, Inc. (2016). E-Prime 3.0 [Bilgisayar yazılımı]. https://support.pstnet.com/

Raichle, M. E. (2015). The brain's default mode network. *Annual Review of Neuroscience,* **38**(1), 433-447. https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-071013-014030

Reber, P. J. (2013). The neural basis of implicit learning and memory: A review of neuropsychological and neuroimaging research. *Neuropsychologia,* ***51***(10), 2026-2042. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2013.06.019

Reineberg, A. E., Gustavson, D. E., Benca, C., Banich, M. T. ve Friedman, N. P. (2018). The relationship between resting state network connectivity and individual differences in executive functions. *Frontiers in Psychology,* ***9,*** 1600. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01600

Rentiya, Z. S., Jung, B. C., Bae, J., Liszewski, C. M., Fishman, A., Du, A. X. ve ark. (2018). Selective patterns of cognitive impairment in spinocerebellar ataxia type 6 and idiopathic late-onset cerebellar ataxia. *Archives of Clinical Neuropsychology,* ***33***(4), 427-436. https://doi.org/10.1093/arclin/acx077

Reumers, S. F., Bongaerts, F. L., de Leeuw, F. E., van de Warrenburg, B. P., Schutter, D. J. ve Kessels, R. P. (2025). Cognition in cerebellar disorders: What's in the profile? A systematic review and meta-analysis. *Journal of Neurology,* ***272***(3), 250. https://doi.org/10.1007/s00415-025-12967-8

Riva, D. ve Giorgi, C. (2000). The cerebellum contributes to higher functions during development: Evidence from a series of children surgically treated for posterior fossa tumours. *Brain,* ***123***(5), 1051-1061. https://doi.org/10.1093/brain/123.5.1051

Robertson, E. M. (2007). The serial reaction time task: implicit motor skill learning?. *Journal of Neuroscience,* ***27***(38), 10073-10075. https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2747-07.2007

Robertson, E. M., Tormos, J. M., Maeda, F. ve Pascual-Leone, A. (2001). The role of the dorsolateral prefrontal cortex during sequence learning is specific for spatial information. *Cerebral Cortex,* ***11***(7), 628-635. https://doi.org/10.1093/cercor/11.7.628

Romero-Molina, A. O., Ramirez-Garcia, G., Chirino-Perez, A., Padron-Rivera, G., Hernandez-Castillo, C. R., Garcia-Gomar, M. G. ve ark. (2025). Cerebellar cognitive affective syndrome in patients with spinocerebellar ataxia type 10. *PloS one,* ***20***(3). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0319505

Rose, M., Haider, H., Salari, N. ve Büchel, C. (2011). Functional dissociation of hippocampal mechanism during implicit learning based on the domain of associations. *Journal of Neuroscience,* ***31***(39), 13739-13745. https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3020-11.2011

Ruano, L., Melo, C., Silva, M. C. ve Coutinho, P. (2014). The global epidemiology of hereditary ataxia and spastic paraplegia: a systematic review of prevalence studies. *Neuroepidemiology,* ***42***(3), 174-183. https://doi.org/10.1159/000358801

Rudolph, S., Badura, A., Lutzu, S., Pathak, S. S., Thieme, A., Verpeut, J. L. ve ark. (2023). Cognitive-affective functions of the cerebellum. *Journal of Neuroscience,* ***43***(45), 7554-7564. https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1451-23.2023

Sang, L., Qin, W., Liu, Y., Han, W., Zhang, Y., Jiang, T. ve Yu, C. (2012). Resting-state functional connectivity of the vermal and hemispheric subregions of the cerebellum with both the cerebral cortical networks and subcortical structures. *Neuroimage,* ***61***(4), 1213-1225. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.04.011

Schlerf, J. E., Xu, J., Klemfuss, N. M., Griffiths, T. L. ve Ivry, R. B. (2013). Individuals with cerebellar degeneration show similar adaptation deficits with large and small visuomotor errors. *Journal of Neurophysiology,* ***109***(4), 1164-1173. https://doi.org/10.1152/jn.00654.2011

Schmahmann, J. D. (1991). An emerging concept: the cerebellar contribution to higher function. *Archives of Neurology,* ***48***(11), 1178-1187. https://doi.org/10.1001/archneur.1991.00530230086029

Schmahmann, J. D. (1998). Dysmetria of thought: clinical consequences of cerebellar dysfunction on cognition and affect. *Trends in cognitive sciences,* ***2***(9), 362-371. https://doi.org/10.1016/s1364-6613(98)01218-2

Schmahmann, J. D. (2001). The cerebrocerebellar system: anatomic substrates of the cerebellar contribution to cognition and emotion. *International Review of Psychiatry,* ***13***(4), 247-260. https://doi.org/10.1080/09540260120082092

Schmahmann, J. D. (2007). Cerebellum and spinal cord: Principles of development, anatomic organization, and functional relevance. İçinde A. Brice ve S. M. Pulst (Ed.), *Spinocerebellar Degenerations: The Ataxias and Spastic Paraplegias (Blue Books of Neurology, Cilt 31).* New York: Elsevier; 1-60. https://doi.org/10.1016/S1877-184X(09)70075-9

Schmahmann, J. D. (2019). The cerebellum and cognition. *Neuroscience letters, 688*, 62-75. https://doi.org/10.1016/j.neulet.2018.07.005

Schmahmann, J. D. (2023). Ferdinando Rossi Lecture: The cerebellar cognitive affective syndrome—implications and future directions. *The Cerebellum, **22***(5), 947-953. https://doi.org/10.1007/s12311-022-01456-7

Schmahmann, J. D. ve Sherman, J. C. (1998). The cerebellar cognitive affective syndrome. *Brain, **121***(4), 561-579. https://doi.org/10.1093/brain/121.4.561

Schmahmann, J. D., MacMore, J. ve Vangel, M. (2009). Cerebellar stroke without motor deficit: clinical evidence for motor and non-motor domains within the human cerebellum. *Neuroscience, **162***(3), 852-861. https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2009.06.023

Schmitz-Hübsch, T., Lux, S., Bauer, P., Brandt, A. U., Schlapakow, E., Greschus, S. ve ark. (2021). Spinocerebellar ataxia type 14: refining clinicogenetic diagnosis in a rare adult-onset disorder. *Annals of Clinical and Translational Neurology, **8***(4), 774-789. https://doi.org/10.1002/acn3.51315

Schorn, J. M. ve Knowlton, B. J. (2022). Implicit Learning of Motor and Perceptual Skills. İçinde A. S. Reber ve R. Allen (Ed.), *The Cognitive Unconscious.* New York, NY: Oxford University Press; 155-179. https://doi.org/10.1093/oso/9780197501573.003.0008

Scoville, W. B. ve Milner, B. (1957). Loss of recent memory after bilateral hippocampal lesions. *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry, **20***(1), 11.

Seeley, W. W., Menon, V., Schatzberg, A. F., Keller, J., Glover, G. H., Kenna, H. ve ark. (2007). Dissociable intrinsic connectivity networks for salience processing and executive control. *Journal of Neuroscience, **27***(9), 2349-2356. https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5587-06.2007

Selvadurai, L. P., Lo Giudice, C., Wallis, S., Morgan, J., Kumar, K. R., Szmulewicz, D. J. ve Harding, I. H. (2026). Two-year decline in performance on the Cerebellar Cognitive Affective Syndrome Scale in spinocerebellar ataxias. *Journal of Neurology, **273***(1), 19. https://doi.org/10.1007/s00415-025-13542-x

Shin, J. H., Kim, H., Lee, S. Y., Yoon, W. T., Park, S. W., Park, S. ve ark. (2024). Impaired cognitive flexibility and disrupted cognitive cerebellum in degenerative cerebellar ataxias. *Brain Communications, **6***(2), 1-11. https://doi.org/10.1093/braincomms/fcae064

Shin, M. A., Park, O. T. ve Shin, J. H. (2017). Anatomical correlates of neuropsychological deficits among patients with the cerebellar stroke. *Annals of Rehabilitation Medicine,* ***41***(6), 924-934. https://doi.org/10.5535/arm.2017.41.6.924

Siegert, R. J., Taylor, K. D., Weatherall, M. ve Abernethy, D. A. (2006). Is implicit sequence learning impaired in Parkinson's disease? A meta-analysis. *Neuropsychology,* ***20***(4), 490. https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0894-4105.20.4.490

Smith, A. (1973). Symbol digit modalities test. *The Clinical Neuropsychologist*. https://doi.org/10.1037/t27513-000

Sokolov, A. A., Miall, R. C. ve Ivry, R. B. (2017). The cerebellum: adaptive prediction for movement and cognition. *Trends in cognitive sciences,* ***21***(5), 313-332. http://doi.org/10.1016/j.tics.2017.02.005

Squire, L. R. (2004). Memory systems of the brain: a brief history and current perspective. *Neurobiology of learning and memory,* ***82***(3), 171-177.

Squire, L. R. ve Dede, A. J. (2015). Conscious and unconscious memory systems. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology,* ***7***(3), a021667. https://doi.org/10.1101/cshperspect.a021667

Sridharan, D., Levitin, D. J. ve Menon, V. (2008). A critical role for the right fronto-insular cortex in switching between central-executive and default-mode networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences,* ***105***(34), 12569-12574. https://doi.org/10.1073/pnas.0800005105

Steinhauser, M. ve Hübner, R. (2009). Distinguishing response conflict and task conflict in the Stroop task: evidence from ex-Gaussian distribution analysis. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance,* ***35***(5), 1398. https://doi.org/10.1037/a0016467

Stoodley, C. J., MacMore, J. P., Makris, N., Sherman, J. C. ve Schmahmann, J. D. (2016). Location of lesion determines motor vs. cognitive consequences in patients with cerebellar stroke. *NeuroImage: Clinical,* ***12***, 765-775. https://doi.org/10.1016/j.nicl.2016.10.013

Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology,* ***18***(6), 643-662.

Sullivan, R., Yau, W. Y., O'Connor, E. ve Houlden, H. (2019). Spinocerebellar ataxia: an update. *Journal of Neurology,* ***266***(2), 533-544. https://doi.org/10.1007/s00415-018-9076-4

Takacs, A. ve Beste, C. (2023). A neurophysiological perspective on the integration between incidental learning and cognitive control. *Communications Biology,* ***6***(1), 329. https://doi.org/10.1038/s42003-023-04692-7

Tamura, I., Takei, A., Hamada, S., Soma, H., Nonaka, M., Homma, S. ve Moriwaka, F. (2018). Executive dysfunction in patients with spinocerebellar ataxia type 3. *Journal of Neurology,* ***265***(7), 1563-1572. https://doi.org/10.1007/s00415-018-8883-y

The MathWorks Inc. (2023). MATLAB (R2023b Update 3) [Bilgisayar yazılımı]. Natick, Massachusetts: MathWorks. https://www.mathworks.com/

Timmann, D., Drepper, J., Calabrese, S., Bürgerhoff, K., Maschke, M., Kolb, F. P. ve ark. (2004). Use of sequence information in associative learning in control subjects and cerebellar patients. *The Cerebellum,* ***3***(2), 75-82. https://doi.org/10.1080/14734220310024890

Timmann, D., Drepper, J., Maschke, M., Kolb, F. P., Böring, D., Thilmann, A. F. ve Diener, H. C. (2002). Motor deficits cannot explain impaired cognitive associative learning in cerebellar patients. *Neuropsychologia,* ***40***(7), 788-800. https://doi.org/10.1016/S0028-3932(01)00181-6

Trouillas, P., Takayanagi, T., Hallet, M., Currier, R.D., Subramony, S.H., Wessel, K. ve ark. (1997). International cooperative ataxia rating scale for pharmacological assessment of the cerebellar syndrome. *Journal of the Neurological Sciences,* ***145***(2), 205-211. https://doi.org/10.1016/S0022-510X(96)00231-6

Tsay, J. S., Schuck, L. ve Ivry, R. B. (2023). Cerebellar degeneration impairs strategy discovery but not strategy recall. *The Cerebellum,* ***22***(6), 1223-1233. https://doi.org/10.1007/s12311-022-01500-6

Tulving, E. (2002). Episodic memory: From mind to brain. *Annual review of psychology,* ***53***(1), 1-25. https://doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135114

Tyson, B., Lantrip, C. ve Roth, R. M. (2014). Cerebellar contributions to implicit learning and executive functions. *Cognitive Sciences, 9*(2), 179-217.

Tzvi, E., Zimmermann, C., Bey, R., Münte, T. F., Nitschke, M. ve Krämer, U. M. (2017). Cerebellar degeneration affects cortico-cortical connectivity in motor

learning networks. *NeuroImage: Clinical,* ***16***, 66-78. http://doi.org/10.1016/j.nicl.2017.07.012

Ulasoglu-Yildiz, C. ve Gurvit, H. (2020). Implicit contextual learning in spinocerebellar ataxia. *Neuropsychology,* ***34***(5), 511-523. https://doi.org/10.1037/neu0000614

Vaca-Palomares, I., Díaz, R., Rodríguez-Labrada, R., Medrano-Montero, J., Vázquez-Mojena, Y., Velázquez-Pérez, L. ve Fernandez-Ruiz, J. (2013). Spinocerebellar ataxia type 2 neurodegeneration differentially affects error-based and strategic-based visuomotor learning. *Cerebellum,* ***12***(6), 848-855. https://doi.org/10.1007/s12311-013-0496-5

van Gaalen, J., de Swart, B. J., Oostveen, J., Knuijt, S., van de Warrenburg, B. P. ve Kremer, B. H. P. (2014). Language impairment in cerebellar ataxia. *Movement Disorders,* ***29(***10), 1307-1312. https://doi.org/10.1002/mds.25854

Vaquero, J. M., Lupiáñez, J. ve Jiménez, L. (2020). Asymmetrical effects of control on the expression of implicit sequence learning. *Psychological Research,* ***84***(8), 2157-2171. https://doi.org/10.1007/s00426-019-01222-1

Velázquez-Pérez, L., Rodríguez-Labrada, R., Cruz-Rivas, E. M., Fernández-Ruiz, J., Vaca-Palomares, I., Lilia-Campins, J. ve ark. (2014). Comprehensive study of early features in spinocerebellar ataxia 2: delineating the prodromal stage of the disease. *The Cerebellum,* ***13***(5), 568-579. https://doi.org/10.1007/s12311-014-0574-3

Virag, M., Janacsek, K., Horvath, A., Bujdoso, Z., Fabo, D. ve Nemeth, D. (2015). Competition between frontal lobe functions and implicit sequence learning: evidence from the long-term effects of alcohol. *Experimental brain research,* ***233***(7), 2081-2089.

Vossel, S., Geng, J. J. ve Fink, G. R. (2014). Dorsal and ventral attention systems: distinct neural circuits but collaborative roles. *The Neuroscientist,* ***20***(2), 150-159. https://doi.org/10.1177/1073858413494269

Vural, A., Şimşir, G., Tekgül, Ş., Koçoğlu, C., Akcimen, F., Kartal, E. ve ark. (2021). The complex genetic landscape of hereditary ataxias in Turkey and implications in clinical practice. *Movement Disorders,* ***36***(7), 1676-1688. https://doi.org/10.1002/mds.28518

Wechsler, D. (1945). A standardized memory scale for clinical use. *The Journal of Psychology,* ***19***(1), 87-95. https://doi.org/10.1080/00223980.1945.9917223

Wechsler, D. (1987). *Wechsler memory scale revised.* The psychological corporation. New York.

Wedding, I. M., Koht, J., Dietrichs, E., Landrø, N. I. ve Tallaksen, C. M. (2013). Cognition is only minimally impaired in Spinocerebellar ataxia type 14 (SCA14): a neuropsychological study of ten Norwegian subjects compared to intrafamilial controls and population norm. *BMC Neurology*, **13**, 1-13. https://doi.org/10.1186/1471-2377-13-186

Wong, A. L., Marvel, C. L., Taylor, J. A. ve Krakauer, J. W. (2019). Can patients with cerebellar disease switch learning mechanisms to reduce their adaptation deficits?. *Brain, 142*(3), 662-673. https://doi.org/10.1093/brain/awy334

Ye, Z. X., Bi, J., Qiu, L. L., Chen, X. Y., Li, M. C., Chen, X. Y. ve ark. (2024). Cognitive impairment associated with cerebellar volume loss in spinocerebellar ataxia type 3. *Journal of Neurology,* ***271***(2), 918-928. https://doi.org/10.1007/s00415-023-12042-0

Yıldırım, M. (2017). *Temel Nöroanatomi. (4. baskı).* İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri.

Zhao, J., Karbowicz, D. ve Osherson, D. (2014). Implicit learning of stimulus regularities increases cognitive control. *PloS one,* ***9***(4), e93874. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0093874

HAM VERİLER

FORMLAR

İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI