

**TÜBİTAK**  
**PROJE ÖZET BİLGİ FORMU**

Proje Yürütücüsü:	Prof. Dr. CANAN BAŞAR
Proje No:	119K411
Proje Başlığı:	Genç ve Yaşlı Yetişkinlerde Dönüşen Algılama Sırasındaki Beyin Salınımları Değişiklikleri
Proje Türü:	1002 - Hızlı Destek
Proje Süresi:	10
Araştırmacılar:	
Danışmanlar:	
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:	İZMİR EKONOMİ Ü. FEN EDEBİYAT F. PSİKOLOJİ B.
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:	15/10/2019 - 15/08/2020
Onaylanan Bütçe:	31000.0
Harcanan Bütçe:	30000.0
Öz:	<p>Multistabil algı, bilim insanları ve felsefeciler tarafından 200 yılı aşkın süredir çalışılmaktadır. Bu literatürün zenginliği, daha henüz beyin görüntüleme yöntemleriyle incelenmemiş birçok ilginç bulgu sağlamaktadır. Bu bulgulardan bir tanesi de ileri yaştın beraberinde getirdiği algısal dönüşüm yavaşlamasıdır. Bu tezin hedefi, yaşlı katılımcıların teta, alfa ve gama dalgalarındaki değişimi bu yaş etkisine sebebiyet veren aşağıdan-yukarı ve yukarıdan-aşağı süreçlerdeki değişimlerle ilişkilendirmektir. Bu amaçla, genç ve yaşlı katılımcıların elektroensefalografisi (EEG) bir stroboskopik alternatif hareket uyaranının sürekli gösterimi sırasında kaydedilmiştir. Algısal değişimle alakalı aktiviteleri artan dikkat ve karar verme ile alakalı aktivelere ayırt edebilmek için bir kontrol uyararı da kullanılmıştır.</p> <p>Bulgular, frontal teta yanıtında artış ve posterior alfa desenkronizasyonu göstererek genç yetişkinlerin önceki EEG bulgularını tekrarlamıştır. Öte yandan, yaşlı yetişkinlere yönelik bulgular teta ve alfa yanıtlarında önemli topografik değişiklikler göstermiştir. Oksipital alfa desenkronizasyonu yaşlı yetişkinlerde görülmemesine rağmen bu katılımcılarda önemli bir frontal alfa desenkronizasyonu gözlemlenmiştir. Aynı zamanda yaşlı yetişkinlerde frontal teta yanıtı görülmezken onun yerine oksipital bölgede bir teta yanıtı bulunmuştur. Kontrol görevinin bulguları bu farkın algısal dönüşüme özel olduğunu göstermektedir. İki grup için de içkaynaklı algısal dönüşümle alakalı gama yanıtlarının ise posterior alanlarda anterior alanlara göre daha belirgin olduğu bulunmuştur. Fakat genç grubun gama yanıtları yaşlı gruba göre daha erken gerçekleşmiştir.</p> <p>Önceki araştırmalar osilasyon yanıtlarındaki ileri yaşla alakalı topografik değişimlerin salt bozulmadansa telafiyi temsil ettiğini göstermiştir. Bulgularımız önceki çalışmalarla uyumaktadır. Bu tez, multistabil algı paradigmasında ileri yaşla beraber görülen çoklu osilasyon ağlarındaki telafi davranışının ilk bulgusunu ortaya koymuştur.</p>
Anahtar Kelimeler:	multistabil algı, elektroensefalografi, beyin salınımları, alfa, teta, gama
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu Mu?:	Hayır



# **Genç ve Yaşlı Yetişkinlerde Dönüşen Algılama Sırasındaki Beyin Salınımları Değişiklikleri**

**Program Kodu: 1002**

**Proje No: 119K411**

Proje Yürütücüsü:  
**Prof. Dr. Canan Başar-Eroğlu**

Bursiyer(ler):  
Kurtuluş Mert Küçük

ARALIK 2020  
İZMİR



## Önsöz

Bu proje 2019 Ekim-2020 Ağustos arası 10 aylık sürede yürütülmüş olup, TÜBİTAK Program Kodu 1002 olan 119K411nolu proje desteği ile tamamlanmıştır. Bu projenin amacı genç ve ileri yaştaki yetişkinlerde dönüşen algılama sırasındaki beyindeki EEG osilasyonlarının değişimlerini incelemektir. Proje yürütücüsü Prof. Dr. Canan Başar-Eroğlu ve proje bursiyeri Kurtuluş Mert Küçük olup, proje kapsamında İngilizce yazdığı yüksek lisans tezini Ekim 2020 de başarı ile tamamlamıştır. Şu anda uluslararası dergilere göndermek üzere iki yayın hazırlamaktadır.

Prof. Canan Başar-Eroğlu 1980-2017 yılları arasında post-doc olarak gittiği almanyada Lübeck Tıp Üniversitesinde Doçent, Bremen Üniversitesinde Profesör olmuştur. Her iki üniversite de EEG/ERP (olaya ilişkin potansiyeller) Laboratuvarlarını kurmuş olup 1972 yıllarından beri Beyin Osilasyonları yöntemi ile araştırmalarını yapmıştır. 2018 yılından beri İzmir Ekonomi Üniversitesinin Psikoloji Bölümünde kurduğu EEG laboratuvarı Üniversitenin Rektörü ve Dekanı tarafından büyük destek görmüş, ve gerekli olan Faraday Kafesinin inşaatı ile 32 Kanallı EEG Laboratuvarının gerekli bütün teçhizatları Ekim 2019 da tamamlanmıştır. Bu açıdan Üniversitemizden gördüğüm desteğe büyük teşekkür borçluyum.

Yöntem kısmında detaylı olarak bildirdiğimiz gibi (sayfa 3) Ekim 2019 dan itibaren Bursiyer Kurtuluş Mert Küçük, büyük bir titizlikle EEG kayıtlarının alabilmek ve analizlerini yapabilmek için test denemeleri yapmıştır. Bütün bunların yanında Matlab programlanmasını öğrenip, bütün gerekli analizleri örmeğin zaman-frekans analizlerini, faz kilitlemesi hesaplanmasını ve ERSP (event related spectral perturbation) ile güç spektrumlarının hesaplanmasını programladı. Şubat 2020 den itibaren gerek ileri yaştaki, gerekse genç katılımcılarla randevular yapıldı ve denemelere başlandı. ( 6 Yaşlı ve 2 genç). Ancak Mart 2020 başında pandeminin başlaması ile bütün katılımcılarla randevular için iptal edilmiştir. Bu yüzden Almanyada topladığım dataların analizleri için gereken yöntemlere bursiyer Kurtuluş Mert Küçük ile karar verip çalışmalara başladık. Ancak bu şekilde hem projemizin, hemde bursiyerimizin Yüksek Lisans tezini zamanında bitirip teslim etmesi mümkün oldu. Elde edilen bulgular yakın bir zamanda yayınlanacaktır. Bursiyer Kurtuluş Mert Küçük, başarılı çalışmalarından dolayı doktora programına başlamıştır.

Bu proje Türkiyede aldığım ilk TÜBİTAK araştırma projesi olup, genç öğrencilerimize, son yıllarda giderek önem kazanan beyin dinamiğinin incelenmesindeki yeni yöntemleri gösterebilmek ve onları deneyler sırasında bilimsel araştırmalara motive edebilme şansını verdiği için ve 10 ay süreyle bursiyeri desteklediği için Tübitak'a teşekkür ediyorum.

Prof. Dr. Canan Başar-Eroğlu

2020, İZMİR

## İçindekiler

1. Giriş.....	1
2. Yöntem.....	4
2.1 Genel Bakış ve COVID-19 ile İlgili Notlar .....	4
2.2 Katılımcılar .....	4
2.3 Uyarılar.....	5
2.4 Necker Görevleri (Türkiye).....	6
2.5 İç ve Dışkaynaklı Görevler .....	6
2.6 Ekipmanlar .....	6
2.7 İşlem.....	6
2.8 EEG Kaydı ve Analizi.....	7
2.9 Epokların Tanımlanması ve Artefaktların Çıkarılması .....	7
2.10 Zaman-Frekans Düzleminde Olaya İlişkin Güç Spektrumu Analizleri .....	7
2.11 Analiz Edilecek Zaman Aralıklarının Seçimi .....	9
2.12 İstatiksel Analizler .....	9
2.12.1 Davranışsal.....	9
2.12.2 EEG .....	9
3. Bulgular .....	10
3.1 Algısal Dönüşüm Sayısı Analizleri .....	10
3.2 Elektrofizyoloji Bulguları.....	11
3.2.1 İçkaynaklı Dönüşüm Sırasındaki Teta Aktivitesi .....	13
3.2.2 Dışkaynaklı Dönüşüm Sırasındaki Teta Aktivitesi .....	14
3.2.3 İçkaynaklı Dönüşüm Sırasındaki Alfa Aktivitesi .....	14
3.2.4 Dışkaynaklı Dönüşüm Sırasındaki Alfa Aktivitesi .....	15
3.2.5 İçkaynaklı Dönüşüm Sırasındaki Gama Aktivitesi .....	16
3.2.6 Dışkaynaklı Dönüşüm Sırasındaki Gama Aktivitesi .....	16
4. Tartışma .....	17
4.1 Davranışsal Sonuçlar.....	17
4.2 Elektrofizyolojik Sonuçlar .....	17

4.2.1 Teta (4-7 Hz).....	18
4.2.2 Alfa (8-14 Hz).....	18
4.2.3 Gama (28-48 Hz).....	19
5. Sonuç.....	21
5.1 Öneriler.....	21

### Şekiller Listesi

Şekil 1. Necker kübü ile Necker örgüsü ve uyarıların sol-sağ oryantasyonlu algısal yorumları. ....	5
Şekil 2. Farklı frekans aralıkları için oluşturulan Morlet dalgacıklarının parametreleri. ....	8
Şekil 3. Örneklemelerin log-dönüştürülmüş algısal dönüşüm sayıları. ....	10
Şekil 4. İçkaynaklı ve dışkaynaklı görevlerdeki gama yanıtları.....	11
Şekil 5. İçkaynaklı ve dışkaynaklı görevlerdeki teta ve alfa yanıtları. ....	12

### Tablolar Listesi

Tablo 1. Türkiye ve Almanya örneklemelerinin demografik özellikleri. ....	5
Tablo 2. İçkaynaklı dönüşüm sırasındaki teta yanıtının temel ve etkileşim etkilerinin istatistiksel sonuçları.....	<b>Hata! Yer işareti tanımlanmamış.</b>
Tablo 3. Dışkaynaklı dönüşüm sırasındaki teta yanıtının temel ve etkileşim etkilerinin istatistiksel sonuçları. ....	14
Tablo 4. İçkaynaklı dönüşüm sırasındaki alfa yanıtının temel ve etkileşim etkilerinin istatistiksel sonuçları.....	15
Tablo 5. Dışkaynaklı dönüşüm sırasındaki alfa yanıtının temel ve etkileşim etkilerinin istatistiksel sonuçları. ....	15
Tablo 6. İçkaynaklı dönüşüm sırasındaki gama yanıtının temel ve etkileşim etkilerinin istatistiksel sonuçları. ....	16
Tablo 7. Dışkaynaklı dönüşüm sırasındaki gama yanıtının temel ve etkileşim etkilerinin istatistiksel sonuçları. ....	17

Multistabil algı, bilim insanları ve felsefeciler tarafından 200 yılı aşkın süredir çalışılmaktadır. Bu literatürün zenginliği, daha henüz beyin görüntüleme yöntemleriyle incelenmemiş birçok ilginç bulgu sağlamaktadır. Bu bulgulardan bir tanesi de ileri yaşın beraberinde getirdiği algısal dönüşüm yavaşlamasıdır. Bu tezin hedefi, yaşlı katılımcıların teta, alfa ve gama dalgalarındaki değişimi bu yaş etkisine sebebiyet veren aşağıdan-yukarı ve yukarıdan-aşağı süreçlerdeki değişimlerle ilişkilendirmektir. Bu amaçla, genç ve yaşlı katılımcıların elektroensefalografisi (EEG) bir stroboskopik alternatif hareket uyarınının sürekli gösterimi sırasında kaydedilmiştir. Algısal değişimle alakalı aktiviteleri artan dikkat ve karar verme ile alakalı aktivelere ayırt edebilmek için bir kontrol uyarını da kullanılmıştır.

Bulgular, frontal teta yanıtında artış ve posterior alfa desenkronizasyonu göstererek genç yetişkinlerin önceki EEG bulgularını tekrarlamıştır. Öte yandan, yaşlı yetişkinlere yönelik bulgular teta ve alfa yanıtlarında önemli topografik değişiklikler göstermiştir. Oksipital alfa desenkronizasyonu yaşlı yetişkinlerde görülmemesine rağmen bu katılımcılarda önemli bir frontal alfa desenkronizasyonu gözlemlenmiştir. Aynı zamanda yaşlı yetişkinlerde frontal teta yanıtı görülmezken onun yerine oksipital bölgede bir teta yanıtı bulunmuştur. Kontrol görevinin bulguları bu farkın algısal dönüşüme özel olduğunu göstermektedir. İki grup için de içkaynaklı algısal dönüşümle alakalı gama yanıtlarının ise posterior alanlarda anterior alanlara göre daha belirgin olduğu bulunmuştur. Fakat genç grubun gamma yanıtları yaşlı gruba göre daha erken gerçekleşmiştir.

Önceki araştırmalar osilasyon yanıtlarındaki ileri yaşla alakalı topografik değişimlerin salt bozulmadansa telafiyi temsil ettiğini göstermiştir. Bulgularımız önceki çalışmalarla uyusmaktadır. Bu tez, multistabil algı paradigmasında ileri yaşla beraber görülen çoklu osilasyon ağlarındaki telafi davranışının ilk bulgusunu ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: multistabil algı, elektroensefalografi, beyin salınımları, alfa, teta, gama.





## **Abstract**

Multistable perception was being studied by scientists and philosophers for over 200 years. Wealth of this literature provided many interesting findings, most of which is still to be studied with neuroimaging techniques. One of such findings is the slowing of reversal rates with advancing age. This thesis aimed to identify the changes in theta, alpha, and gamma frequencies as correlates of top-down and bottom-up processes that are related to this age-related decrease. To this end, electroencephalography (EEG) of young and older adults were recorded during continuous presentation of a stroboscopic alternative motion (SAM) stimulus. A control stimulus was also used to differentiate reversal-related activities from other activities related to increased attention, decision making, and novelty response.

Findings replicated the previous EEG literature in young adults by showing increase in frontal theta responses and posterior alpha desynchronization at the time of both exogenous and endogenous reversals. For older adults, on the other hand, findings showed significant differences in topography of alpha and theta responses. Occipital alpha desynchronization of older adults was entirely diminished, instead, a significant increase in anterior alpha desynchronization was observed. At the same time, frontal theta response was entirely diminished and it was shifted to occipital areas. Findings from control task showed that this difference was specific to perceptual reversals. Interestingly, endogenous reversal related gamma activity was more in posterior compared to anterior areas for both groups. However, young group showed earlier gamma responses than older group.

Age-related changes in topography of oscillatory responses are previously shown to reflect compensation rather than pure deterioration. Our findings agree with previous studies. This thesis provided the first findings of aging-related compensatory actions of multiple oscillatory networks in a multistable perception paradigm.

**Keywords: multistable perception, aging, electroencephalography, brain oscillations, alpha, theta, gamma.**



## 1. Giriş

Dönüştürülebilir (*reversible*) ya da multistabil olarak adlandırılan Necker küpü gibi uyarıların birden fazla görsel algılama yorumu vardır (Necker, 1832). Dönüştürülebilir uyarılar, kişilerde bu görsel yorumlar arasında spontane geçişler yaratır, buna algısal dönüşüm (*perceptual reversal*) denir.

Leopold ve Logothetis (1999) kapsamlı bir literatür taramasında, algısal dönüşümün belli beyin bölgelerindeki izole nöral aktivasyonlardan ziyade, birçok farklı bölgedeki nöron gruplarının birbirleriyle senkron şekilde ateşlenmesiyle ortaya çıkabileceği belirtmiştir. Bu nöral senkronizasyonun, uyarı özellikleri gibi düşük seviye etmenlerden etkilenebileceği gibi, dikkat ve istem kontrolü (*volitional control*) gibi yüksek seviye faktörlerden de etkilenebileceği belirtilmiştir (Leopold ve Logothetis, 1999). Bunun ışığında algısal dönüşümün beyindeki birçok alanın etkileşimi sonucunda ortaya çıktığı, dahası bu dönüşümün erken görsel alanlardan (V1) ziyade yüksek seviye ve salt olarak görsel olmayan frontal bölge tarafından tetiklendiğini öne sürülmüştür. Benzer bir düşünce üzerinde çalışan başka araştırmacılar da bu iki işlemin dinamik etkileşimlerini çözümlmek için EEG'de salınım analizlerini kullanmışlar ve multistabil algıda farklı sıklık (*frequency*) bandlarının fonksiyonlarını tanımlamışlardır (Başar-Eroğlu vd., 1993; Başar-Eroğlu vd., 1996; Strüber vd., 2000; Işoğlu-Alkaç vd., 2000; Strüber ve Herrmann, 2002; Işoğlu-Alkaç ve Strüber, 2006; Mathes vd., 2006; Mathes vd., 2014; Başar-Eroğlu vd., 2016). Kullanılan bu yöntem beyinde farklı bölgelerin birbirleriyle olan etkileşimlerini aynı anda paralel olarak inceleyebilmekte, bu da algının oluşturulmasında rol oynayan nöron gruplarının son derece karmaşık ve hızlı gerçekleşen iletişimlerini anlamayı mümkün kılabilmiştir.

Yapılan bir araştırmada algısal dönüşüm esnasında frontal ve merkezi bölgelerde gama bandı gücünün önemli ölçüde arttığı görülmüş, fakat diğer beyin bölgelerinde böyle bir artış gözlemlenmemiştir (Başar-Eroğlu ve Strüber, 1996). Başka bir çalışmada katılımcılar algısal dönüşüm hızı yüksek ve yavaş olarak iki gruba ayrılmış ve algısal dönüşüm sırasında gama bandı aktivasyonları incelenmiştir (Strüber vd., 2000). Bu araştırmada her iki grupta da gama bandı aktivasyonu frontal bölgede en güçlüyken, hızlı dönüşüm grubunda gama gücü daha yüksek bulunmuştur. Araştırmacılar bu gruptaki gama gücü farkının daha yüksek dikkati ve uyanıklığı temsil ettiğini öne sürmüş, bu sonuçların algısal dönüşümde yukarıdan aşağı işlemlerin rol oynadığı fikrini desteklediğini belirtmiştir. Bu paradigmanda yukarıdan aşağı işlemleri temsil ettiği düşünülen bir diğer sıklık bandı da teta dalgasıdır. Başar vd. (2001) bir incelemelerinde teta'nın bölgeler arası iletişimi sağlayarak uyarıyı anlamlandırmaya yönelik bir fonksiyonu olduğu düşünmüştür. Mathes vd. (2014), hem dış kaynaklı hem de iç kaynaklı algısal dönüşüm esnasında frontal teta gücünün arttığını görmüş, fakat sadece iç kaynaklı dönüşüm esnasında teta dalgasının frontal bölgede diğer alanlara göre daha güçlü olduğu



gözlemlemiştir. Bu bulgular, yukarıdan aşağı işlemlerin algısal dönüşüme etkisinin EEG'deki bir temsili olarak yorumlanmıştır.

Öte yandan multistabil algı literatüründe aşağıdan yukarı işlemlerden bahsedildiğinde, algısal dönüşümün nöral doyum ve adaptasyon sonucunda ortaya çıktığı hipoteziyle karşılaşılır (Köhler, 1940). Peki bu hipotez, beyindeki salınım frekansları ile nasıl test edilebilir? İšoğlu-Alkaç vd. (2000) alfa desenkronizasyonun beyinde uyarılabilirliği arttırdığını belirtmiş ve algısal dönüşüm esnasında global alfa desenkronizasyonu gözlemlemiştir. Strüber ve Herrmann (2002) bir magnetoensefalografi (MEG) çalışmasında iç kaynaklı dönüşüm sırasında alfa dalgasının dönüşüm anına kadar kademeli olarak azaldığını, fakat dış kaynaklı dönüşümde bu azalmanın gerçekleşmediğini göstermiştir. Başka bir çalışma aynı örüntüyü hem şizofreni tanısı almış katılımcılarda hem de sağlıklı kontrol grubunda gözlemlemiştir (Başar-Eroğlu vd., 2016). Sonuç olarak, algısal dönüşüm esnasındaki aşağıdan yukarı işlemler alfa dalgasıyla incelenebilmektedir.

Bu literatür göz önüne alındığında, multistabil algının gözlemlenen bu dinamik tavrı ve yaşlanma ile ilişkisi hakkında neler söylenebilir? Literatürde yaşlanma ve multistabil algıya dair sonuçlar biraz karışık durumdadır. Rubin Vazosu/Suratları Şekilünü kullanan bir çalışma, multistabil algıda yaşlıların gençlere göre pasif izlemede daha az algısal dönüşüm yaşadığını göstermiştir (Aydin vd., 2013). Aynı çalışma, yaşlıların pasif izleme ve andaki Şekil algısını tutma (tutma) koşullarında aynı sayıda algısal dönüşüm yaşadıklarını belirtmiş, fakat andaki algıyı değiştirme (değiştirme) durumunda genç grup ile benzer şekilde algısal dönüşüm sayılarının arttığını göstermiştir. Bu da ileri yaşı katılımcıların algılarını muhafaza etmede başarısız olduklarını fakat bir görsel algı yorumundan diğerine geçerken en az genç katılımcılar kadar başarılı olduklarını göstermektedir. Bu ufak literatür gözden geçirildiğinde, multistabil algı yaşlanmayla beraber aşağıdan yukarı işlemlerden etkileniyor gibi gözükmekte olup, yukarıdan aşağı işlemlerin multistabil algıyı belirsiz bir şekilde etkilediği ortaya çıkmaktadır.

İstem kontrolünün ileri yaşı grupta yarattığı karışık sonuçlar başka paradigmalarda elde edilen sonuçlarla da bir derece paralellik göstermektedir. Örneğin, işitsel Yap/Yapma (e.g. *Yap/Yapma*) paradigmasını kullanan bir çalışmada erken teta bandı (uyaran sonrası 0-200 ms) aktivasyonunun genlik ve denemeler arası senkronizasyon ölçümlerinde ileri yaşı grupta, genç gruba kıyasla daha yüksek değerler elde edilmiştir (Schmiedt-Fehr vd., 2011). Fakat görsel Yap/Yapma paradigmasını kullanan bir araştırma genç grupta ( $M=23$ ,  $SS=3$ ,  $n=16$ ) tepki inhibisyonunun yaşlılara ( $M=63$ ,  $SS=7$ ,  $n=16$ ) göre daha genlikli ve senkronize teta aktivasyonları ortaya çıkardığını göstermiştir (Schmiedt-Fehr ve Başar-Eroğlu, 2011). Yazarlar bunun modaliteye özel bir değişim olabileceğine kanaat getirmiştir. Diğer bir deyişle işitsel ve görsel işlemlere dahil olan beyin ağlarının gelişimsel süreçlerden etkilenme



derecelerinin farklılık gösterdiği varsayılmıştır. Sonuçlar güvenilir olsa da Yap/Yapma paradigmasında modaliteye göre değişkenlik gösteren teta tepkileri bu paradigmanda kanıt olarak kullanılırken dikkatli olunmalıdır. Çünkü multistabil algısal uyarının dengesizleşmesi, değişimi, yeniden oluşumu, bunun bilince taşınması ve tepki verme süreçleri gerçekleşirken; Yap/Yapma paradigmasında uyarıyı ayırt etme ve buna göre tepki kararı verme süreçleri dahil olmaktadır. Ayrıca, elimizde multistabil algısal ileri yaşla beraber teta bandının aktivasyon örüntüsünün ne olabileceğine dair herhangi bir bilgi bulunmamaktadır.

Hem multistabil algının hem de yaşlanmanın beyin ağlarındaki dinamik yansımalarını kapsayan çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda, önümüze karmaşık ve dinamik bir ilişkiler bütünü çıkıyor. Multistabil algının hem aşağıdan yukarı hem de yukarıdan aşağı işlemler sonucunda ortaya çıktığı görülmektedir; dahası, bu işlemlerin birbirleriyle etkileştiği durumda da algısal dönüşüm üzerindeki etkilerinin eklenerek arttığı gözlemlenmiştir (Kornmeier ve Bach, 2009). Yaşlanma ve algı ilişkisi üzerindeki bu bulgular bize ve gelecek araştırmalara yol gösterse de açıklanamayan detaylar oldukça fazladır. Elde olan bu bulguların tam olarak ne ifade ettiğini anlayabilmemiz için bulguların altında yatan nöral dinamiklerin ne olduğunun açıklanması gerekmektedir. Örneğin, daha önce yukarıdan aşağı ya da aşağıdan yukarı işlemlerle ilişkilendirilmiş herhangi bir sıklık bandında bu iki grup arasında fark bulunabilirse; davranışsal verilerdeki bu farkın ne anlama geldiği o noktada açıklığa kavuşabilir. Bunun ötesinde, elde edilen EEG bulguları ileri yaşla beraber istem kontrolünde oluşan bu değişimin sebebine de ışık tutabilir.

Bu projenin ilk amacı ileri yaşlı yetişkin ve genç yetişkinler arasındaki algısal dönüşüm sayısı farkının altında yatan EEG salınımları değişimlerini incelemektir. Ayrıca, Türkiye’de ilk kez yaşlanmanın multistabil algıya olan etkisi çalışılarak norm verileri oluşturulması amaçlanmıştır (Yöntem kısmını okuyunuz).

**Hipotez 1)** Yaşlı yetişkinlerde ortalama algı dönüşümü sayısı genç yetişkinlere kıyasla daha az olacaktır.

**Hipotez 2)** Frontal bölgede algısal dönüşüm sırasında teta bandının güç ölçümü, yaşlı yetişkinlerde genç yetişkinlere kıyasla daha düşük olacaktır.

**Hipotez 3)** Algısal dönüşüm esnasında olaya ilişkin alfa desenkronizasyonu ileri yaşlı yetişkinlerde genç yetişkinlere göre farklılık gösterecektir.

**Hipotez 4)** Frontal bölgede gama bandının güç ölçümü, yaşlı yetişkinlerde genç yetişkinlere kıyasla daha düşük değerler gösterecektir.



## 2. Yöntem

### 2.1 Genel Bakış ve COVID-19 ile İlgili Notlar

Bu projedeki veri toplama süreci iki ana kısımdan oluşmaktadır: (i) yaşlı katılımcıların davranışsal deneyleri ve (ii) her iki grup için elektroensefalografi (EEG) deneyleri. Proje önerisinde bu iki aşamanın verilerinin İzmir Ekonomi Üniversitesi EEG laboratuvarında toplanması planlandığı belirtilmiştir. Öneri verildiğinde henüz inşası başlamamış olan EEG laboratuvarında Faraday kafesinin ve EEG kayıt cihazlarının yerleştirilmesi Ekim 2019 ayında sonlanmıştır. Eksik kalan veya arızalanan diğer laboratuvar teçhizatlarının (örn. Port okuyucu, deney bilgisayar/ekranı, osiloskop) alınması ve entegrasyonu; donanımlar arasındaki etkileşimin sağlanması için kayıt, deney ve analiz yazılımlarının kurulması ve bunların yeni sistem ile kalibrasyonunun yapılması; ve laboratuvardaki başarılı test kayıtların alımı proje bursiyerinin aktif rolü ile Şubat 2020 ayında tamamlanmıştır. Şubat 2020 itibaren İzmir Ekonomi Üniversitesi'nde ileri yaşlı katılımcılarla randevular yapılmaya başlanmış ve Mart 2020 ayı ortasına kadar 6 katılımcı deneye katılmıştır. Aynı aralıkta iki genç katılımcının da EEG kaydı alınmıştır. Bu esnada ortaya çıkan COVID-19 pandemisi, özellikle yaşlı katılımcılar için hem davranışsal hem de EEG verilerinin toplanma ihtimalini ortadan kaldırmıştır. Katılımcılarla olan randevular iptal edilmiştir ve Prof. Dr. Canan Başar-Eroğlu'nun Bremen Üniversitesi, Almanya'da topladığı davranışsal ve EEG verileri çalışmada kullanılmıştır. Dolayısıyla öneride belirtilen yaş gruplarının davranışsal ölçümlerinin karşılaştırma aşaması Almanya'da toplanan yaşlı ve genç katılımcı verileri ile Türkiye'de toplanan genç katılımcı verileri birlikte kullanılarak yapılmıştır. Burada raporlanan sonuçlar yaşın algısal dönüşüme etkisinin deney yapılan ülkeden ve katılımcının uyruğundan bağımsız olduğunu istatistiksel olarak anlamlı şekilde göstermiştir.

### 2.2 Katılımcılar

Toplamda 115 katılımcı deneye katılmıştır. Bunların 30'u Bremen Üniversitesi, Bremen, Almanya'da deneylere katılmıştır. 85 katılımcı da İzmir Ekonomi Üniversitesi, İzmir, Türkiye'de deneylere katılmıştır. Bu örneklem sırasıyla Almanya örneklemini ve Türkiye örneklemini olarak adlandırılmıştır. Almanya örnekleminin verileri Prof. Dr. Canan Başar-Eroğlu ve grubu tarafından toplanmıştır. Türkiye örnekleminin verileri de bu projede çalışan bursiyer Kurtuluş Mert Küçük ve yürütücü Prof. Dr. Canan Başar-Eroğlu tarafından toplanmıştır.

Almanya örneklemini 15 genç yetişkin ( $M_{yaş} = 23.93$   $SD_{yaş} = 2.52$ ) ve 15 ileri yaşlı yetişkin ( $M_{yaş} = 61.8$   $SD_{yaş} = 3.81$ ) olmak üzere iki yaş grubundan oluşmaktadır. Türkiye örnekleminde başlangıçta 85 katılımcının verisi toplanmıştır, daha sonrasında katılımcılardan kafa travması, psikiyatrik ilaç kullanımı, geçersiz verisi, psikiyatrik veya nörolojik hastalığı olanlar analizlerden çıkartılmıştır. Son durumda Türkiye örnekleminde 60 genç yetişkin katılımcının

analizi yapılmıştır. İki örnekleme'deki katılımcıların da görüşü normal veya normale düzeltilmiştir. Örneklemlerin yaş, eğitim ve el tercihi Tablo 1'de belirtilmiştir.

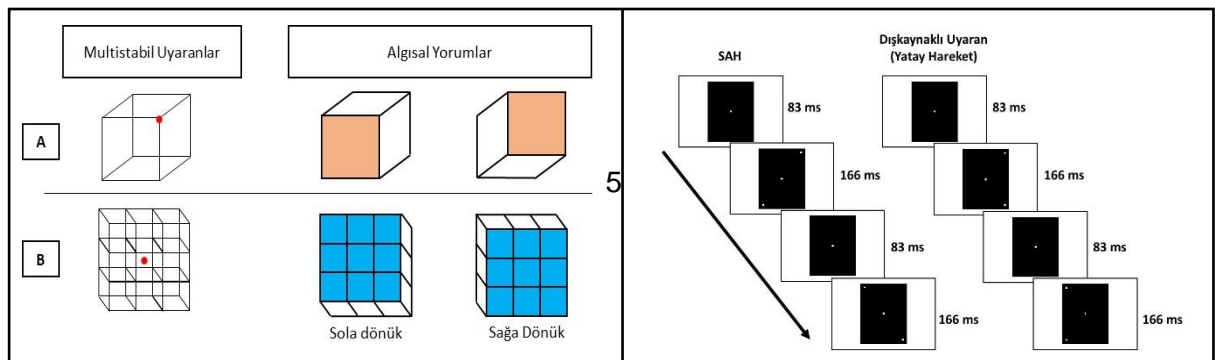
Tablo 1. Türkiye ve Almanya örneklemlerinin demografik özellikleri.

Davranışsal (Türkiye)	Genç Yetişkinler	İleri Yaşlı Yetişkinler
N (erkekler)	60 (10)	-
Ortalama Yaş (SD)	20.34 (1.67)	-
El tercihi	57 sağ / 3 sol	-
Eğitim Yılı	~14 yıl	-
<b>EEG/Davranışsal (Almanya)</b>		
N (erkekler)	15 (3)	15 (3)
Ortalama Yaş (SD)	23.93 (2.52)	61.8 (3.81)
El tercihi	14 sağ / 1 sol	14 sağ / 1 sol
Eğitim Yılı	~14 yıl	~15 yıl

### 2.3 Uyarılar

Türkiye örnekleminde toplamda 4 farklı uyarı, Almanya örnekleminde ise 2 farklı uyarı kullanılmıştır. Necker kübü, Necker örgüsü, stroboskopik alternatif hareket (SAH) ve dışkaynaklı uyarı (exogenous stimulus) Türkiyede kullanılmıştır. Almanya örnekleminde ise SAH ve dışkaynaklı uyarı kullanılmıştır. SAH ve dışkaynaklı uyarı iki ülkedeki deneylerde de aynı özelliklere sahiptir.

Necker kübü ve örgüsü Şekil 1'de solda algısal yorumları ile beraber gösterilmiştir. Necker küpünün genişlik-yükseklik-derinlik oranı 1:1:0.6'dır (7,3×7,3×4,8 cm) ve deney sırasında siyah ekran üzerine beyaz çizgilerle çizilmiştir. Necker küpü 3,21°'lik dikey, 3,21°'lik yatay görüş açısıyla gösterilmiştir. Denyede kullanılan Necker örgüsü, genişlik-yükseklik-derinlik oranı 1:1:0.2'dir (9,2×9,2×2,1 cm) (Kornmeier ve Bach, 2006). Bu uyarı 3,43°'lik dikey 3,72°'lik yatay görüş açısında gösterilmiştir. SAH ve dışkaynaklı uyarı Şekil 1'de sağda gösterilmiştir. İki uyarıyı oluşturan siyah dikdörtgenin genişlik-yükseklik oranı ~0,7:1'dir (7.6×10.9 cm).



## 2.4 Necker Görevleri (Türkiye)

Katılımcılardan algısal değişimleri fark ettiklerinde gördükleri algısal yoruma göre klavyeden tuşlara basmaları istenmiştir. Katılımcılardan, Şekil 1’de gösterilen sağa dönük algısal yorumu gördükleri *anda* bir kere “8”e basmaları; Şekil 2’deki sola dönük algısal yorumu gördükleri *anda* bir kere “7”ye basmaları istenmiştir. Her algı dönüşümünde bu raporlama tekrarlanmıştır.

## 2.5 İç ve Dışkaynaklı Görevler

SAH uyararı katılımcılarda multstabil uyarıların yarattığı spontane algısal dönüşümlere sebep olur. Bu uyarının kullanıldığı göreve de algısal değişimin içkaynaklı olmasından ötürü içkaynaklı görev adı verilmiştir. Dışkaynaklı uyarının algısal değişimleri ise bilgisayar tarafından kontrol edilen uyarılar tarafından yaratılmaktadır. Bu da katılımcıların algıladığı hareket yönü değişiminin dışkaynaklı olmasını sağlamaktadır. Bu uyarının kullanıldığı göreve de dışkaynaklı görev denilmiştir. Dışkaynaklı görevin amacı tepki süresi ölçmenin yanı sıra katılımcıları görevi anlayıp anlamadıklarını gösteren bir kontrol görevidir. SAH’ın içkaynaklı oluşturulan dikey veya yatay algısal yorumları vardır. Türkiye’deki katılımcılardan yatay algıya dönüş yaşadıklarında “8”e, dikey algıya dönüş yaşadıklarında “7”ye basmaları söylenmiştir. Bu yönerge dışkaynaklı görev için de aynı şekildedir. Almanya örneğinde hareket yönü ayrı tuşlarla belirtilmemiştir, sadece algısal dönüşümün yaşandığı *anda* el yapımı bir aygıtı basarak bunu belirtmeleri istenmiştir.

## 2.6 Ekipmanlar

Uyarıların hepsi MATLAB 2018a programı kullanılarak katılımcılara gösterildi ve davranışsal veri kayıtlarının hepsi bu yazılım aracılığıyla kayıt edilmiştir. Uyarılar 19” Acer V195WL monitörde 1440x900 pixel çözünürlükte ve 60 Hz sıklıkta gösterilmiştir. Almanya’da ise bilgisayar tarafından kontrol edilen 19” Katot Işın Tübü monitör kullanılmıştır.

## 2.7 İşlem

Türkiye’deki katılımcılar kendileri belirledikleri tarihte İzmir Ekonomi Üniversitesi’nin Psikoloji Laboratuvar’ına daha önce kendileri belirledikleri saatte (hafta içi 09:00 ve 17:30 arasında) gelmiş ve deneyin yapılacağı odada monitörden 100 santimetre uzağa oturtulmuştur. Önce onam formunu sonra da demografi formunu dolduran katılımcılar, sonrasında algısal



dönüşüm hakkında araştırmacı tarafından sözel olarak bilgilendirilmiştir. Katılımcılardan sadece şekillerin üstündeki odaklanma noktalarına bakmaları, olabildiğince az göz kırpmaları ve oturuş pozisyonlarını korumaları istendi. Daha sonra katılımcılar her Şekilde 90 saniyelik eğitim aşamasına başladı. Bu eğitim denemeleri arasında 30 saniyelik aralar verildi. Eğitim aşaması bittiğinde iki dakikalık ara verildi ve sonra test aşamasına geçildi. Burada eğitim aşamasında gösterilen şekillere ait yönergeler şekillerin testi başlamadan önce tekrar gösterildi. Yönergelerinden sonra her şekil ekranda 240 saniye kaldı ve iki şekil denemeleri arasında 120 saniyelik aralar konuldu.

Almanya'daki katılımcılar loş ışıklı, ses geçirmez, ve manyetik olarak izole bir odaya oturtulmuştur. Tüm katılımcılar deneye başlamadan önce bilgilendirilmiş onam formunu doldurmuşlardır. İlk olarak SAH'in algısal yorumları hakkında araştırmacılar bilgilendirilmişlerdir. Deney başladığında ilk olarak katılımcılardan 100 saniye gözleri açık ve 100 saniye kapalı spontan EEG kaydı alınmıştır. Sonrasında SAH'in gösterildiği 100 saniyelik bir eğitim denemesi başlamıştır. Eğitim bittikten sonra katılımcılar deneye dışkaynaklı görev ile başlamıştır. Hemen sonrasında katılımcılara içkaynaklı görev sunulmuştur. İki görev de ayrı ayrı 10'ar dakika sürmüştür. Sonuç olarak, hazırlıklar sayılmaksızın EEG kayıtları yaklaşık olarak 25 dakika sürmüştür.

## **2.8 EEG Kaydı ve Analizi**

EEG Ag-AgCl elektrotları kullanılarak, F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2 noktalarından uluslararası 10-20 sistemi kullanılarak kayıt edilmiştir. İki elektrot kulak memesine bağlanarak referans olarak kullanılmıştır. Göz hareketlerinden oluşacak artefaktların tespiti için elektrookülografi sağ ve sol gözün yukarı medial ve orbital noktalarından kayıt edilecek. EEG Nihon Kohden (EEG-4421 G) sistemi kullanılarak amplifiye edilmiştir. Veriler 500 Hz'lik örnekleme hızıyla 0.1-70 Hz bant limiti ile kayıt edilmiştir.

## **2.9 Epokların Tanımlanması ve Artefaktların Çıkarılması**

EEG analizleri için stabil ve instabil olmak üzere iki tür epok tanımlaması yapılmıştır. Stabil epoklarda katılımcıların algısal dönüşümü belirten tuş belirtecinin olmadığı 700 milisaniyelik aralıklar kullanılmıştır. İnstabil epoklarda ise algısal dönüşümü belirten tuş belirtecinin 100 milisaniye sonrası ve 1500 milisaniye öncesi kullanılmıştır. Bu epoklarda sinyali bozan göz hareketleri, kas hareketleri ve terleme gibi durumların yarattığı artefakt olduğunda bu artefaktlar analize alınmamıştır.

## **2.10 Zaman-Frekans Düzleminde Olaya İlişkin Güç Spektrumu Analizleri**

MATLAB 2018a'da bursiyer tarafından yazılmış kodlar ile EEG sinyaline frekans düzleminde dalgacık dönüşümü (wavelet transformation) uygulanarak hesaplanmıştır (Cohen, 2014). Morlet dalgacıkları (1) ve (2)'de gösterilen formüllerle elde edilmiştir. Burada  $t$  zaman,  $f$

frekans,  $n$  dalgacık döngü sayısını göstermektedir. Bu işlem delta, teta, alfa ve gama frekans aralıkları için ayrı ayrı yapılmıştır. Dalgacık özellikleri Şekil 2’de gösterilmiştir.

$$\psi(t) = (e^{2\pi if/t})(e^{-t^2/2\sigma^2}) \quad (1)$$

$$\sigma = \frac{n}{2\pi f} \quad (2)$$

Frekanslar	Aralık	Döngü	Adım	Merkez Frekans	95% Aktivite Aralığı
Delta	1 - 4 Hz	3	.5 Hz	Genç: 2.5 Hz Yaşlı: 3.5 Hz	Genç: .75 - 4.25 Hz Yaşlı: 1 - 6 Hz
Theta	4 - 8 Hz	6	.25 Hz	5.5 Hz	3.7 - 7.3 Hz
Alpha	8 - 14 Hz	7	.25 Hz	11 Hz	7.87 - 14.13 Hz
Gama	28 - 48 Hz	10	1 Hz	38 Hz	27.26 - 48.73 Hz

Şekil 2. Farklı frekans aralıkları için oluşturulan Morlet dalgacıklarının parametreleri.

İşlenmemiş EEG sinyali ve oluşturulan dalgacık MATLAB 2018a’nin içinde bulunan Fast Fourier Dönüşümü (FFD) algoritması (3) kullanılarak frekans bölgesine dönüştürülmüştür (Frigo ve Johnson, 1998). Burada  $\omega = e^{-2\pi i/n}$ ,  $n$  karmaşık birimin köklerinden biri ve  $i$  karmaşık birimdir.

$$y_k = \sum_{j=1}^n (\omega_n^{(j-1)(k-1)} x_j) \quad (3)$$

FFD sonrasında elde edilen sinyal ve dalgacıkların güç spektrumları çarpılmıştır. Bu çarpımın sonucu MATLAB 2018a’da bulunan inverse FFD (iFFD) kullanılarak zaman bölgesine dönüştürülmüştür (4). Frekans aralığına özel güç  $A$  her katılımcı ve zaman birimi için hesaplanmış (5) ve her koşuldaki denemeler içinde ortalaması alınmıştır.

$$x_j = \sum_{k=1}^n (\omega_n^{(j-1)(k-1)} y_k) \quad (4)$$

$$A(t) = \sum_{k=1}^n |Z(t)_k|^2 \quad (5)$$

Burada  $Z$  karmaşık sinyal,  $t$  zaman ve  $n$  katılımcıların bir koşuldaki toplam deneme sayısıdır. Dönüştürülmüş instabil epoklardaki sinyalin arkaplan sinyaline göre değişimi her görev, katılımcı ve deneme için desibel (dB) hesabıyla stabil epoklara normalize edilmesiyle elde edilmiştir (6).



$$dB = 10 \times \log_{10}\left(\frac{A(\text{instabil})}{A(\text{stabil})}\right) \quad (6)$$

## 2.11 Analiz Edilecek Zaman Aralıklarının Seçimi

Analiz için erken ve geç olmak üzere iki farklı zaman aralığı belirlenmiştir. Geç zaman aralığı algısal dönüşümü belirten tuşa basımdan önceki 520 milisaniye olarak, erken zaman aralığı da geç zaman aralığından önceki 520 milisaniye olarak tanımlanmıştır. Bu zaman aralıklarının seçilmesinde dönüşümle alakalı delta yanıtının tepe noktası belirleyici olmuştur (detaylar için: Strüber ve Herrmann, 2002; Işoğlu-Alkaç ve Strüber, 2006).

## 2.12 İstatiksel Analizler

### 2.12.1 Davranışsal

Farklı ülkelerdeki örneklemeler arasındaki uyumluluğu arttırmak amacıyla Türkiye örneklemindeki 60 katılımcıdan 15'er kişilik seçkisiz seçilmiş 4 örneklem oluşturulmuştur. Algısal dönüşüm sayılarının karşılaştırılması için bu 4 örneklem Almanya örneklemindeki 15'er kişilik genç ve ileri yaşlı katılımcı grupları olmak üzere 6 katılımcı grubu eş zamanlı analiz edildi. Bu analiz için tek yönlü ANOVA kullanıldı.

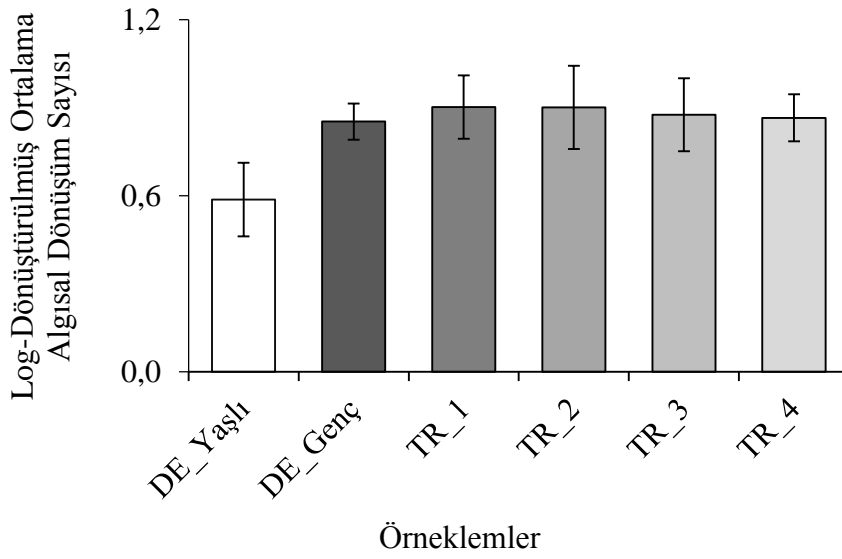
### 2.12.2 EEG

Teta, alfa ve gama frekans aralıklarının her biri için içkaynaklı ve dışkaynaklı görevlerdeki yanıtları ayrı analizlerde incelenmiştir. Toplamda 6 fark karışık desen ANOVA analizi kullanılmıştır. Teta ve gama yanıtları grup içi faktör olan 2 farklı zaman (erken, geç) ve 8 farklı lokasyon (F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2) ve gruplar arası faktör olan 2 farklı yaş grubu (genç, ileri yaşlı) kullanılarak üç yönlü karışık desen ANOVA analizi ile incelenmiştir. Alfa yanıtları içinse grup içi faktör olan 2 farklı zaman (erken, geç) ve 4 farklı lokasyon (F3/F4, C3/C4, P3/P4, O1/O2 ikililerinin ortalamaları) ve gruplar arası faktör olan 2 farklı yaş grubu (genç, ileri yaşlı) kullanılarak üç yönlü karışık desen ANOVA analizi ile incelenmiştir. Tüm temel ve etkileşim etkileri Greenhouse-Geisser düzeltmesi kullanılarak rapor edilmiştir. Bonferroni düzeltmesi her grup için ayrı şekilde hesaplanmış ve  $p = ,05$ /yapılan test sayısı olarak belirlenmiştir.

### 3. Bulgular

#### 3.1 Algısal Dönüşüm Sayısı Analizleri

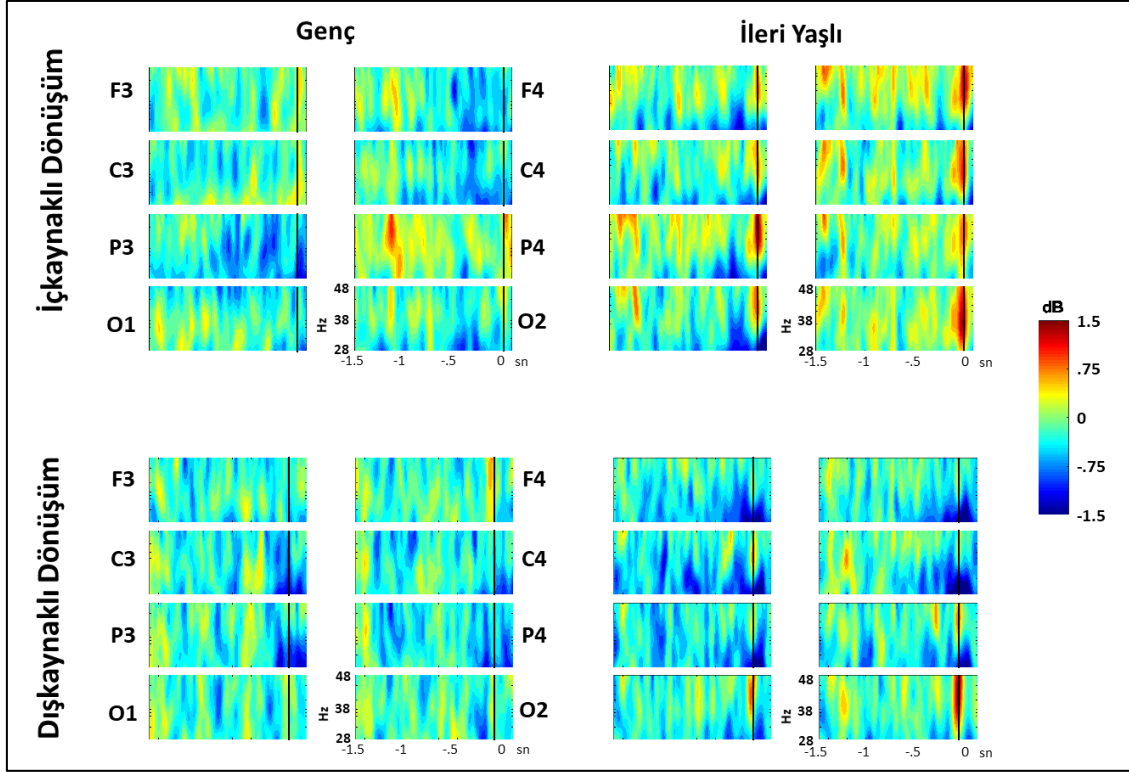
Sonuçlar gruplar arasındaki algısal dönüşüm sayısı farkının istatistiksel açıdan anlamlı olduğunu gösterdi  $F(5, 89) = 5.529, p < .001$  (Şekil 3). Post-hoc analizleri 5 genç yetişkin grubun da ileri yaşlı gruptan daha çok algısal dönüşüm raporladığını anlamlı olacak şekilde göstermektedir ( $p < ,05$ ). Ayrıca 5 genç yetişkin grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p > ,05$ ).



Şekil 3. Almanya örnekleminde ileri yaşlı (DE\_Yaşlı), genç (DE\_Genç) ve Türkiye örnekleminde seçkisiz seçilmiş 4 genç yetişkin grubun log-dönüştürülmüş ortalama algısal dönüşüm sayıları (örneklem büyüklüğü her grup için  $n=15$ ). Hata çubukları %95 güvenirlilik aralığını göstermektedir.

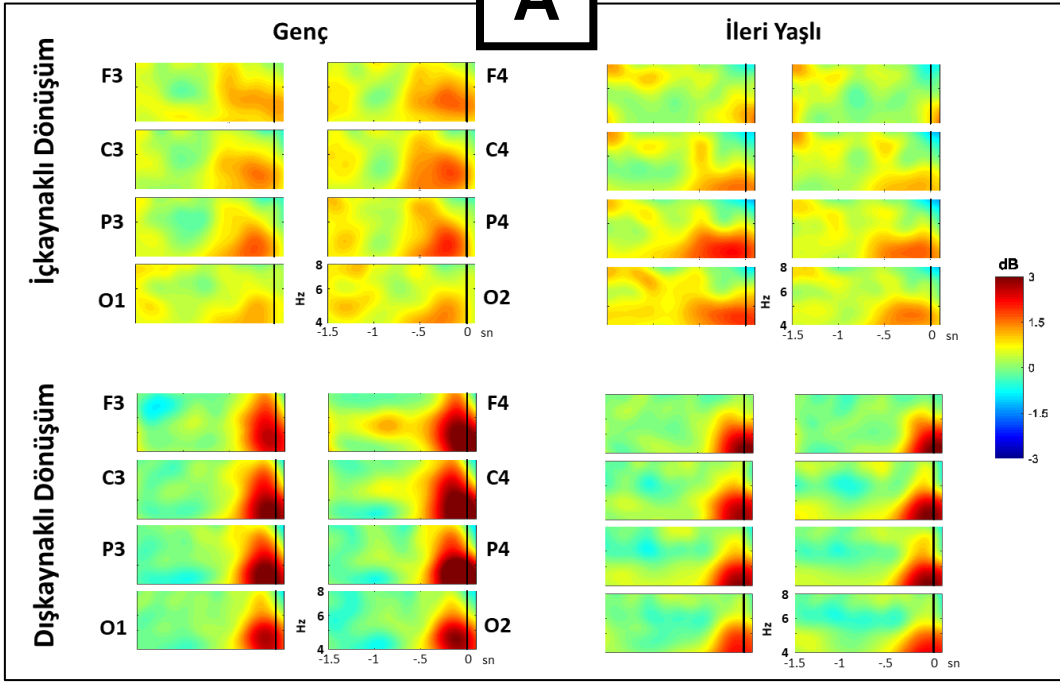
### 3.2 Elektrofizyoloji Bulguları

İçkaynaklı ve dışkaynaklı algısal dönüşümde gözlemlenen gama yanıtlarının instabilite epoklarındaki olaya ilişkili spektral pertürbasyonları Şekile 4'te gösterilmiştir. Benzer şekilde, iç ve dışkaynaklı dönüşümlerdeki teta (Şekil 5A) ve alfa yanıtları (Şekil 5B) da Şekil 5'te gösterilmiştir.

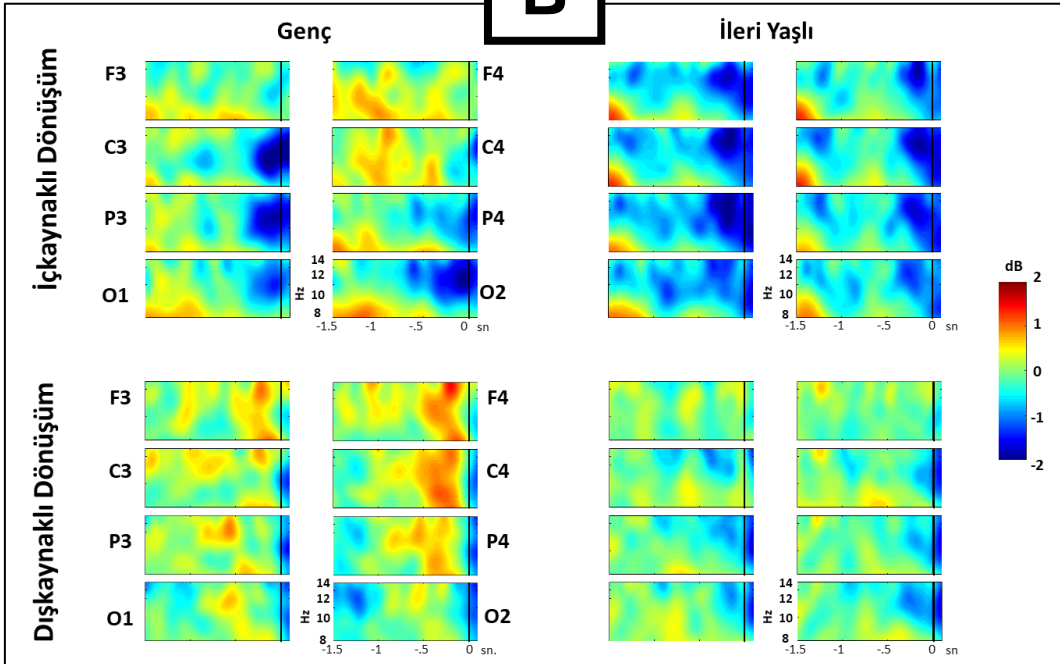


Şekil 4. İçkaynaklı (yukarı) ve dışkaynaklı (aşağı) görevlerdeki gama yanıtları. Sekiz lokasyondaki yanıtlar genç (sol) ve yaşlı (sağ) gruplar için gösterilmiştir. Algısal dönüşümü belirtmek için basılan tuşun zamanlaması "0" zamanında siyah çubuk ile gösterilmiştir. Frekanslar dikey eksenle belirtilirken, zaman yatay eksenle belirtilmiştir. Renkler instabil epoklardaki teta yanıtının stabil epoklara kıyasla artışını (kırmızı) ya da azalmasını (mavi) göstermektedir.

A



B



Şekil 5. İçkaynaklı (yukarı) ve dışkaynaklı (aşağı) görevlerdeki teta (A) ve alfa (B) yanıtları. Sekiz lokasyondaki yanıtlar genç (sol) ve yaşlı (sağ) gruplar için gösterilmiştir. Algısal dönüşümü belirtmek için basılan tuşun zamanlaması "0" zamanında siyah çubuk ile gösterilmiştir. Frekanslar dikey eksende belirtilirken, zaman yatay eksende belirtilmiştir. Renkler instabil epoklardaki teta yanıtının stabil epoklara kıyasla artışını (kırmızı) ya da azalmasını (mavi) göstermektedir

### 3.2.1 İçkaynaklı Dönüşüm Sırasındaki Teta Aktivitesi

İçkaynaklı dönüşüm sırasındaki teta aktivitesine dair temel ve etkileşim etkilerinin istatistiksel sonuçları Tablo 2’de gösterilmiştir. Sonuçlar teta yanıtının geç zaman aralığında erken aralığa göre istatistiksel açıdan anlamlı şekilde yüksek olduğunu göstermiştir. Lokasyon ve grup etkilerinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür. Geç zaman aralığındaki gruplar arası farkları incelemek için her lokasyonda planlı karşılaştırmalar yapıldı. Bu karşılaştırmaların hiçbiri istatistiksel anlamlılığa erişememiştir ( $p > ,05$ ). Bonferroni düzeltmesi kullanılarak yapılan diğer bir planlı karşılaştırma ise her grup içinde erken aralıktaki teta yanıtı ile geç aralıktakinin karşılaştırılmasıdır. Bu karşılaştırmaların sonuçları genç yetişkinlerin F3, F4, C3, C4 ve P3 lokasyonlarında teta yanıtının anlamlı olarak arttığını göstermiştir ( $p < ,006$ ). Yaşlı yetişkinlerde ise hiçbir lokasyonda anlamlı bir artış görülmemiştir ( $p > ,006$ ).

Etkileşim etkilerinden sadece Lokasyon X Grup etkisinin anlamlı farklılık yarattığı görülmüştür. Bu etkileşimi incelemek için yapılan basit etki analizleri O2 teta yanıtının ileri yetişkinlerde F4’e göre daha yüksek olduğunu ( $MD = ,49$ ,  $SE = ,21$ ),  $p < ,05$  gösterirken, genç yetişkinlerde bu anlamlı fark görülmemiştir ( $MD = ,30$ ,  $SE = ,33$ ),  $p > ,05$ . P3 lokasyonundaki teta yanıtının yine ileri yaşlı yetişkinlerde F3’ten anlamlı olarak yüksek olduğu ( $MD = ,55$ ,  $SE = ,23$ ),  $p < ,05$  görülürken genç yetişkinlerde bu fark görülmemiştir ( $MD = ,15$ ,  $SE = ,21$ ),  $p > ,05$ .

Tablo 2. İçkaynaklı dönüşüm sırasındaki teta yanıtının temel ve etkileşim etkilerinin istatistiksel sonuçları.

Etkiler	F	p	$\eta^2$
Zaman	5,08	,034	,188
Lokasyon	,74	,543	,033
Grup	,413	,527	,018
Zaman X Lokasyon	1,473	,228	,063
Zaman X Grup	1,873	,185	,078
Lokasyon X Grup	3,492	,016	,137
Zaman X Lokasyon X Grup	1,601	,196	,068

### 3.2.2 Dışkaynaklı Dönüşüm Sırasındaki Teta Aktivitesi

Dışkaynaklı dönüşüm sırasındaki teta aktivitesine dair temel ve etkileşim etkilerinin istatistiksel sonuçları Tablo 3'te gösterilmiştir. Sonuçlar zaman faktörünün teta yanıtı üzerinde anlamlı bir etkisi olduğunu göstermiştir. Özellikle, geç zaman aralığındaki teta gücü erken zaman aralığına göre daha yüksektir. Lokasyon faktörünün de teta yanıtı üzerinde istatistiksel açıdan anlamlı etkisi bulunmuştur. Ayrıca, grup faktörünün de anlamlı etkisi olduğu görülmüştür. Özellikle, genç yetişkinlerin teta gücü ileri yaşlı yetişkinlere göre daha yüksektir. Geç aralıkta gruplar arası teta yanıtı farklarının incelenmesi için Bonferroni düzeltmeli planlı karşılaştırmalar yapılmıştır. Sonuçlar genç yetişkinlerin geç aralıktaki teta yanıtlarının F4, P4, C4 ve O2 lokasyonlarında ileri yaşlı yetişkinlerden anlamlı olarak yüksek olduğunu göstermiştir ( $p < ,05$ ). Teta yanıtının gruplar içinde erken aralıktan geç aralığa olan değişimini incelemek için planlı karşılaştırmalar yapılmıştır. Genç yetişkinlerde F3, C3, C4, P3, P4, O1 ve O2 lokasyonlarındaki teta yanıtının geç aralıkta erken aralığa göre anlamlı şekilde yüksek olduğu görülmüştür ( $p < ,006$ ). Yaşlı yetişkinlerde ise F3, C3, C4, P3 ve P4 lokasyonlarındaki teta yanıtının geç aralıkta daha yüksek olduğu görülmüştür ( $p < ,006$ ).

Tablo 3. Dışkaynaklı dönüşüm sırasındaki teta yanıtının temel ve etkileşim etkilerinin istatistiksel sonuçları.

Etkiler	F	p	$\eta^2$
Zaman	73,444	,000	,769
Lokasyon	2,855	,008	,115
Grup	4,766	,040	,178
Zaman X Lokasyon	1,392	,212	,060
Zaman X Grup	2,497	,128	,102
Lokasyon X Grup	1,214	,298	,052
Zaman X Lokasyon X Grup	,393	,906	,018

### 3.2.3 İçkaynaklı Dönüşüm Sırasındaki Alfa Aktivitesi

İçkaynaklı dönüşüm sırasındaki alfa aktivitesine dair temel ve etkileşim etkilerinin istatistiksel sonuçları Tablo 4'te gösterilmiştir. ANOVA sonuçları zaman faktörünün anlamlı etkisi olduğunu göstermiştir. Özellikle, geç aralıktaki alfa yanıtlarının erken aralığa göre daha düşük olduğu görülmüştür. Zaman X Grup X Lokasyon üç yönlü etkileşiminin anlamlı etkisi bulunmuştur. Özellikle, frontal alandaki zamansal alfa azalmasının genç ve yaşlı yetişkinlerde anlamlı şekilde farklı olduğu görülmüştür  $F(1, 22) = 5,678, p < ,05$ . Ayrıca, alfa yanıtının zamansal azalması gruplar arasında oksipital alanda istatistiksel anlamlılığa

yaklaşmıştır  $F(1, 22) = 4,068$ ,  $p = ,056$ . Basit etki analizleri ile gruplar içinde her lokasyondaki alfa yanıtının erken aralıktan geç aralığa doğru azalması incelenmiştir. İleri yaşlı yetişkinlerde frontal, santral ve parietal alanlardaki alfa azalması istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p < ,05$ ). Genç yetişkinlerde ise alfa azalması sadece oksipital ve parietal alanlarda istatistiksel anlamlılığa ulaşmıştır ( $p < ,05$ ). Sonuçlar erken aralıktan geç aralığa alfa azalmasının ileri yaşlı yetişkinlerde en çok fronto-santral alanda, genç yetişkinlerde ise parieto-oksipital alanda olduğunu göstermiştir.

Tablo 4. İçkaynaklı dönüşüm sırasındaki alfa yanıtının temel ve etkileşim etkilerinin istatistiksel sonuçları.

Etkiler	F	p	$\eta^2$
Zaman	16,376	,001	,427
Lokasyon	2,898	,066	,116
Grup	,873	,360	,038
Zaman X Lokasyon	2,432	,093	,100
Zaman X Grup	,000	,985	,000
Lokasyon X Grup	1,335	,274	,057
Zaman X Lokasyon X Grup	5,906	,004	,212

### 3.2.4 Dışkaynaklı Dönüşüm Sırasındaki Alfa Aktivitesi

Dışkaynaklı dönüşüm sırasındaki alfa aktivitesine dair temel ve etkileşim etkilerinin istatistiksel sonuçları Tablo 5'te gösterilmiştir. Sonuçlar hiçbir temel etkinin istatistiksel anlamlılığa ulaşmadığını göstermiştir. Fakat Zaman X Lokasyon etkileşiminin anlamlı olduğu bulunmuştur. Özellikle, Bonferroni düzeltmeli karşılaştırmalar oksipital alfa yanıtının geç aralıkta erken aralığa göre anlamlı şekilde az olduğunu göstermiştir ( $p = ,012$ ). Fakat gruplar içi inceleme yapıldığında bu bulgu iki grup için de anlamlı düzeye ulaşmamıştır.

Tablo 5. Dışkaynaklı dönüşüm sırasındaki alfa yanıtının temel ve etkileşim etkilerinin istatistiksel sonuçları.

Etkiler	F	p	$\eta^2$
Zaman	2,935	,101	,118
Lokasyon	1,171	,309	,051

Grup	2,160	,156	,089
Zaman X Lokasyon	4,276	,021	,163
Zaman X Grup	,464	,503	,021
Lokasyon X Grup	,467	,571	,021
Zaman X Lokasyon X Grup	5,906	,004	,212

### 3.2.5 İçkaynaklı Dönüşüm Sırasındaki Gama Aktivitesi

İçkaynaklı dönüşüm sırasındaki gama aktivitesine dair temel ve etkileşim etkilerinin istatistiksel sonuçları Tablo 6'da gösterilmiştir. Sonuçlar hiçbir temel etkide anlamlılık göstermemiştir. Fakat Zaman X Lokasyon X Grup üç yönlü etkileşiminin anlamlı etkisi bulunmuştur. Etkiyi incelemek için özel kontrastlar analizi yapılmıştır. Sonuçlar, P3, O1 ve O2 lokasyonlarında erken aralıktan geç aralığa gama yanıtının ileri yaşlı yetişkinlerde genç yetişkinlere kıyasla anlamlı şekilde daha çok arttığını göstermiştir ( $p < .05$ ). Geç zaman aralığında yapılan gruplar arası karşılaştırmalar gama yanıtının sadece P3 lokasyonunda ileri yaşlı yetişkinlerde genç yetişkinlere kıyasla anlamlı şekilde yüksek olduğunu göstermiştir ( $p < .05$ ).

Tablo 6. İçkaynaklı dönüşüm sırasındaki gama yanıtının temel ve etkileşim etkilerinin istatistiksel sonuçları.

Etkiler	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>n</i> <sup>2</sup>
Zaman	,006	,937	,000
Lokasyon	1,361	,226	,058
Grup	3,423	,078	,135
Zaman X Lokasyon	1,915	,116	,080
Zaman X Grup	1,788	,195	,075
Lokasyon X Grup	1,594	,141	,068
Zaman X Lokasyon X Grup	2,792	,032	,113

### 3.2.6 Dışkaynaklı Dönüşüm Sırasındaki Gama Aktivitesi

Dışkaynaklı dönüşüm sırasındaki gama aktivitesine dair temel ve etkileşim etkilerinin istatistiksel sonuçları Tablo 7'de gösterilmiştir. Sonuçlar hiçbir temel veya etkileşim etkisinin anlamlı olmadığını göstermiştir.



Tablo 7. Dışkaynaklı dönüşüm sırasındaki gama yanıtının temel ve etkileşim etkilerinin istatistiksel sonuçları.

Etkiler	F	p	n <sup>2</sup>
Zaman	,002	,964	,000
Lokasyon	1,292	,258	,055
Grup	,002	,962	,000
Zaman X Lokasyon	,574	,668	,025
Zaman X Grup	,137	,714	,006
Lokasyon X Grup	1,376	,253	,059
Zaman X Lokasyon X Grup	,729	,564	,032

#### 4. Tartışma

Bu çalışma literatürde ilk kez yaşlanmayla alakalı algısal dönüşüm hızının yavaşlamasının altında yatan EEG osilasyonlarındaki değişimleri incelemiştir. İçkaynaklı ve dışkaynaklı görevlerde genç yetişkin ve ileri yaşlı yetişkin katılımcıların EEG'si kayıt edilmiştir. İki görevdeki osilasyon ağlarındaki değişimler yaşlanma ile alakalı olarak tartışılmıştır. Teta, gama yanıtlarındaki değişimler yukarıdan-aşağı süreçlerdeki değişimleri, alfa yanıtındaki değişimler de aşağıdan-yukarı süreçleri incelemek için analiz edilmiştir.

Bu çalışmanın bulguları ile Frontiers ve Cognitive Neurodynamics dergilerinde toplamda 2 adet yayın yapılacaktır. Makale yazımı başlamıştır.

##### 4.1 Davranışsal Sonuçlar

Bu çalışmada elde edilen davranışsal veriler uzun süredir bilinen yaşlanmayla alakalı algısal dönüşüm yavaşlaması bulgusunu tekrar ortaya koymuştur. Ayrıca, bu bulgunun hem farklı ülkelerdeki katılımcılar arasında tutarlı olması hem de bu ülkelerde yapılan deneyler arasında uzun yıllar olması yaşlanmayla alakalı algısal dönüşüm yavaşlamasının geçerli ve tutarlı bir bulgu olduğunu göstermiştir.

##### 4.2 Elektrofizyolojik Sonuçlar

İçkaynaklı görevdeki alfa ve teta yanıtlarında genç ve ileri yaşlı yetişkinler arasında önemli topografik farklar bulunmuştur. Genç yetişkinler maksimum teta yanıtını anterior alanda göstermişken, ileri yaşlı yetişkinlerde maksimum teta yanıtı oksipital alana kaymıştır. Genç yetişkinlerin alfa desenkronizasyonu en çok paritookspital alanda görülürken, yaşlı yetişkinlerde en yoğun alfa desenkronizasyonu frontosantral alanda görülmüştür. Genç yetişkinler dışkaynaklı görevde daha güçlü teta yanıtlarına sahip olsa da, gruplar arasında herhangi bir topografik değişim gözlemlenmemiştir. Gama yanıtlarında ise beklenenin aksine

yaş grupları arasında frontal bölgede bir fark görülmemiştir. Daha ziyade geç aralıkta parietal ve oksipital alanlardaki gama yanıtı yükselmesi ileri yaşlı yetişkinlerde gençlere kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Bu fark dışkaynaklı dönüşümde gözlemlenmemiştir.

#### **4.2.1 Teta (4-7 Hz)**

Önceki literatür algısal dönüşümün yüksek seviye beyin bölgelerinin düşük seviye bölgelerle olan etkileşimi sonucunda ortaya çıktığını göstermiştir (Başar-Eroğlu vd., 1993; Leopold ve Logothetis, 1999). Beyin osilasyonları arasında da frontal teta ağlarının büyük çaplı bilgi iletimi, beklenti ve çatışma çözümü gibi fonksiyonları olduğunu gösterilmiştir ve bu algısal dönüşüm sırasında da teta ağlarının rol oynadığına işaret etmektedir (Cohen ve Cavanagh, 2011; Karakaş 2020). Buna paralel olarak genç yetişkinlerde frontal teta ağlarının algısal çatışmayı beklenti ve önceki deneyimler aracılığıyla çözdüğü önceki çalışmalarda gösterilmiştir (Mathes vd., 2014; Mathes vd., 2016; Rürup vd., 2020). Bu çalışmadaki içkaynaklı dönüşüm bulguları yaşlanmayla alakalı frontal teta ağlarındaki güç azalması göstermiştir. Bu bulgu, ileri yaşlı katılımcılarda algısal çatışma çözümünde yukarıdan aşağı süreçlerin rolünün azaldığına işaret etmektedir. Algısal dönüşümde aktive olan frontal teta ağlarının yaşlanmayla beraber oksipital alana kayması algısal çatışmanın yukarıdan-aşağı süreçlerden ziyade uyarana yönelik duyusal kanıtlara odaklanarak çözüldüğünü göstermektedir. Önceki literatür yaşlanmayla beraber frontal teta ağlarının fonksiyonunun bilişsel göreve göre farklı değişimlere uğradığını göstermiştir. Örneğin, duygusal yüz ifadesi tanımlamada ve işitsel bir davranış ketleme görevinde ileri yaşla beraber frontal teta ağlarındaki yanıtların faz kilitlemesi artarken, görsel bir davranış ketleme görevinde bu ağlardaki faz kilitlemesi ve güç değerleri azalmıştır (Schmiedt-Fehr ve Başar-Eroğlu, 2011; Schmiedt-Fehr, Dühl ve Başar-Eroğlu, 2011; Aktürk vd., 2020). Bahsedilen son çalışma ile bu çalışmadaki dışkaynaklı dönüşüm bulguları örtüşürken, multistabil algı dışındaki bilişsel görevlerdeki sonuçlardan yola çıkarak içkaynaklı dönüşüm bulgularına dair varsayımlarda bulunmak güç gözükmemektedir. Zira sadece dışkaynaklı dönüşümdeki anterior teta yanıtlarının içkaynaklı dönüşümde görülmemesi dahi yaşlanmadaki teta aktivite değişimlerinin görev gereksinimleriyle olan hassas ilişkisini göstermektedir.

#### **4.2.2 Alfa (8-14 Hz)**

Multistabil algı literatüründe görsel bilinçte temsil edilen algısal yorumların oksipital alanda alfa ağları tarafından temsil edildiği kabul edilmektedir (İşoğlu-Alkaç vd., 2000; Strüber ve Herrmann, 2002). Aynı şekilde basit duyusal uyarım araştırmalarında modalite-spesifik alanlarda alfa desenkronizasyonunun duyusal işlemedeki rolü net şekilde gösterilmiştir (Aranibar ve Pfurtscheller, 1978; Başar vd., 1997). Posterior alfa ağlarındaki dönüşüm öncesinde görülen desenkronizasyonun da algısal yorumun destabilizasyonunu temsil ettiği kabul edilmiştir (İşoğlu-Alkaç ve Strüber, 2006; Başar-Eroğlu vd., 2016). Bu çalışmada ise

yaşlanmayla beraber alfa desenkronizasyonunun anterior alanlarda yoğunluk gösterdiği görülmüştür. Benzer şekilde Kolev vd. (2002) basit görsel uyarımın orta yaşlı katılımcıların frontal alfa ağlarındaki genliğin ve faz kilitlemesinin genç katılımcılara göre daha yüksek olduğunu göstermiştir. Dahası, aynı araştırmacılar oksipital alanda alfa faz kilitlemesi ölçümlerinin orta yaşlı katılımcılarda daha düşük olduğunu göstermiştir. Aynı grubun başka bir çalışmasında benzer bulgular işitsel paradigma da bulunmuştur (Yordanova vd., 1998). Araştırmacılar bu bulguların duyuşal beyin bölgelerinde yaşlanmayla beraber gelen fonksiyon azalmasının asosiyatif alanlarda aktive edelien ağlar tarafından telafi edildiğini öne sürmüştür. Bu bulgular kedi ve maymunlarda yapılan tek nöron kaydı çalışmaları ile de desteklenmiştir. Yaşlanmayla beraber hem kedilerin hem de maymunların oksipital kortekslerindeki sinyal gürültü oranının azaldığı ve ek olarak bu alandaki nöronların yanıt varyansının önemli ölçüde arttığı gösterilmiştir (Schmolesky vd., 2000; Hua vd., 2006; Yang vd., 2009). Bu çalışmanın bulguları da oksipital korteksin yaşlanmayla beraber duyuşal fonksiyonunun azaldığını ve önceki EEG literatürüyle paralel olarak bunun anterior alfa ağları ile telafi edildiğini göstermiştir. Dışkaynaklı görevdek alfa yanıtında ise herhangi bir fark bulunmaması görevin

#### **4.2.3 Gama (28-48 Hz)**

Multistabil algının EEG literatüründe çoğunlukla frontal alandaki gama aktivitesinin önemi vurgulanmıştır (Başar-Eroğlu vd., 1996a; Strüber vd., 2000; Strüber vd., 2001). Bu çalışmalarda içkaynaklı dönüşüm sırasında görülen frontal gama yanıtındaki artışın algısal dönüşüm hızıyla alakalı olduğunu ve dikkat ile ilgili süreçleri temsil ettiği öne sürülmüştür (Strüber vd., 2000). Bunun temel sebebi ise daha önceki EEG literatürünün frontal gama aktivitesini net bir şekilde dikkat ile ilişkilendirmiş olmasıdır (Fuster 1989, aktaran Başar-Eroğlu vd., 1996a). Aynı grubun sonraki çalışmalarında ise içkaynaklı dönüşümle alakalı frontal gama yanıtında anlamlı artış bulunamamıştır (Strüber ve Herrmann, 2002; Rürup vd., 2020). Aksine, parietal ve oksipital alanlardaki gama yanıtının içkaynaklı dönüşümde arttığı ve bu artışın sağlıklı katılımcılarda şizofreni hastalarına kıyasla daha yüksek olduğu görülmüştür (Rürup vd., 2020). Benzer şekilde Uhlaas ve Singer (2010) de Mooney Yüz uyarını sonrasında posterior alanlarda faz kilitlemesinin arttığını ve bunun sağlıklılarda şizofreni hastalarına göre daha yüksek olduğunu göstermiştir. Posterior alanlardaki bu gama yanıtının ise algısal bağlama (binding) süreçlerini temsil ettiği öne sürülmüştür. Bu yorumla paralel olarak, bir literatür taramasında gamanın algısal bağlama fonksiyonu obje tanıma ve ilüzyon algılama deneyleri üzerinden etraflica tartışılmış ve bu fonksiyonun sadece insanlarda değil kedi ve balıklarda dahi gözlemlendiği gösterilmiştir (Başar-Eroğlu vd., 1996b; Uhlaas vd., 20). Bu çalışmada da algısal dönüşümle alakalı gama yanıtları her iki grup için de posterior alanda görülmüştür. Bahsedilen bu çalışmaların yöntemleri incelendiğinde

kullanılan frekans analizi yöntemleri ve analiz edilen zaman aralıkları arasındaki farkın bu topografik değişime sebep olabileceği gözükmemektedir. Örneğin bu çalışmada analiz edilen veriler Morlet dalgacı ile dönüştürülmüş ve normalize edilmiş (baseline normalization) desibel cinsinden veri türleridir. 1996 ve 2001 arasında frontal yanıt gösteren çalışmalarda ise bant geçiren filtre (bandpass filter) kullanılarak genlik ölçümlerinin karekök ortalamaları analiz edilmiştir ve zaman aralıkları da değişkenlik göstermektedir (Başar-Eroğlu vd., 1996a; Strüber vd., 2000; Strüber vd., 2001). Bu çalışmanın da temel düzey düzeltmesi kullanılmadan güç değerleri incelendiğinde de aynı şekilde frontal alandaki gücün her iki grup için de diğer alanlardan yüksek olduğu görülmüştür, fakat stabil epoklarla instabil epoklar arasında frontal alanda anlamlı bir fark görülmemiştir (rapor edilmedi). Böylece bu çalışmada da frontal gama yanıtının deney süresince diğer alanlara göre daha yüksek olduğu ve bunun genel bir dikkat artışını temsil ettiği ortaya çıkmaktadır. Posterior gama yanıtının algısal bağlama fonksiyonu gördüğü ve algısal dönüşüm ile daha yakından alakalı olduğu gözükmemektedir. Dolayısıyla literatürdeki bu çelişkinin aslında yöntemsel farklılıklardan ortaya çıktığı ve temelde veriler arasında fark olmadığı ortaya çıkmıştır.

Posterior gama yanıtları erken aralıktan geç aralığa yaşlı grupta artarken genç grupta azalmıştır. Önceki çalışmalarda da genç katılımcılarda yeni algısal yorumun bağlama sürecinin erken aralıkta gerçekleştiği gösterilmiştir (Strüber ve Herrmann, 2002; Rürup vd., 2020). Bu çalışmada ileri yaşlı grupta gama yanıtının geç aralıkta yükselmesi bağlama sürecinin posterior teta yanıtlarıyla kesiştiğini göstermektedir. Bu da ileri yaşlı grupta algısal bağlama işlemiyle algısal çözümün aynı zaman aralığında gerçekleştiğine işaret etmektedir. Fakat olay ilişkili spektral pertürbasyon grafikleri ileri yaşlı katılımcılarda erken aralıktan önceki analiz edilmeyen 500 ms'lik aralıkta tüm kortekste 2 güçlü gama yanıtı göstermektedir (Şekil 4). Yaşlı grubun yavaş tepki zamanları düşünüldüğünde bu kadar erken bir aralıkta duyuşsal bağlama ile alakalı gama yanıtı görmek olağandır. Aynı şekilde kortekste yayılmış alfa desenkronizasyonu düşünüldüğünde de bu aralıktaki gama yanıtının topografik dağılımı tüm kortekste gerçekleşen bir algısal bağlama süreci ile açıklanabilir. Yapılan post-hoc analizlerde bu açıklamanın istatistiksel olarak desteklenmediği ortaya çıkmıştır (raporlanmadı). Dolayısıyla çözüm ve bağlama işlemlerinin kesişmesi açıklaması daha olağan gözükmemektedir, fakat bunu ilerideki çalışmalar gösterecektir. Algı süreçleriyle alakalı açıklamalar tatmin edici olsa bile gama yanıtındaki bu farkın motor yanıtın kaynaklanan gama artışından kaynaklanabileceği de göz ardı edilmemelidir. Zira ileri yaşlı katılımcılarda motor yanıtın önceki yaklaşık 60 ms içinde tuşa basma anı üzerinde toplanan bir aktivite görülmektedir. Fakat aynı motor yanıt aktivitesinin dış kaynaklı dönüşümde de görülmesi ve bu deneysel koşulda gruplar arası fark olmaması algı süreçleriyle alakalı açıklamaları desteklemektedir.



## 5. Sonuç

Bu çalışmada literatürde ilk kez yaşlanmayla ortaya çıkan algısal dönüşüm yavaşlamasının elektrofizyolojik incemelesi yapılmıştır. Sağlıklı yaşlanmanın beyin osilasyonlarına etkisi iç ve dışkaynaklı koşullarda farklı bulunmuştur. Bulgular bu farkın içkaynaklı dönüşüm koşulundaki görsel kanıt eksikliğinden ortaya çıktığına işaret etmektedir. Dışkaynaklı dönüşümde sağlıklı yaşlanmayla beraber sinyal tespit ve uzun mesafe bilgi transferi gibi yukarıdan aşağı işlemlerde bozulma görülmüştür. Daha önemlisi, içkaynaklı algısal dönüşüm sırasındaki osilasyon yanıtlarında yaşlı grupta önemli topografik ve zamansal değişimler bulunmuştur. Algısal yorumun muhafazasının ve çözümü süreçlerinin sağlıklı yaşlanmayla beraber kortekse yayılarak yoğunlukla anterior alanlarda gerçekleştiği görülmüştür. Bu da telafi edici aktivasyonların algısal çatışmanın çözüm fonksiyonunu anterior alanlardan posterior alanlara taşıyıp görsel dikkati arttırmasına, dolayısıyla algısal dönüşümün aşağıdan-yukarı süreçlerle tetiklenmesini sağlamıştır. Bu topografik değişim posterior alanlardaki algısal bağlama işleminin çatışma çözümüyle kesişmesine neden olmuştur. Yaşlanmayla beraber gelen algısal dönüşüm yavaşlaması bu açıklama ile örtüşmektedir. Zira tüm kortekse yayılan algısal temsilin adaptasyon süresi uzayacak ve bu da dönüşümlerin daha uzun sürmesine sebep olacaktır. Çalışmanın bulguları ileri yaşta görülen beyin osilasyon yanıtlarındaki değişimin sadece bozulmayı değil, çevresel koşullara göre değişen telafi edici aktivasyonları temsil ettiğini göstermektedir.

### 5.1 Öneriler

Bu çalışmada sadece bir ileri yaşlı katılımcı grubu bulunmaktadır. Fakat ileriki çalışmalarda bu yaş gruplarının arttırılması yaşlanmanın kademeli etkisinin daha detaylı şekilde ortaya çıkmasını sağlayacaktır. Çalışmamızda kullanılan güç analizlerinin yanı sıra gelecek çalışmalarda faz kilitlemesi ve faz senkronizasyonu ölçümlerinin kullanılması beyin bağlantısallığının multistabil algıya etkisini görmek için önemli olacaktır. Önemli bir detay da EEG verilerinin pandemi önlemleri kapsamında Türkiye’de toplanmasının durmuş olmasıdır. Davranışsal veriler incelendiğinde yaşlanma etkisinin ülkeler arası değişmediği görülmektedir. Bu tutarlı etkiyi EEG kayıtlarında da görebileceğimizi düşünüyoruz ve pandeminin sona ereceği o güzel günden itibaren bunu göstermek için çalışmalarını başlatacağız.

### Kaynaklar

- [1] Aktürk, T., İšoğlu-Alkaç, Ü., Hanoğlu, L. ve Güntekin, B. 2020. “Age-related differences in the recognition of facial expression: Evidence from EEG event-related brain oscillations” *International Journal of Psychophysiology*, 147, 244-256.



- [2] Aranibar, A. ve Pfurtscheller, G. 1978. "On and off effects in the background EEG activity during one-second photic stimulation" *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 44, 307-316.
- [3] Aydın, S., Strang, N. C. ve Manahilov, V. 2013. "Age-related deficits in attentional control of perceptual rivalry" *Vision Research*, 77, 32-40.
- [4] Başar, E., Başar-Eroğlu, C., Karakaş, S., ve Schürmann, M. 2000. "Brain oscillations in perception and memory" *International Journal of Psychophysiology*, 35, 95-124.
- [5] Başar, E., Başar-Eroğlu, C., Karakaş, S., ve Schürmann, M. 2001. "Gamma, alpha, delta and theta oscillations govern cognitive processes", *International Journal of Psychophysiology*, 39, 241-248.
- [6] Başar-Eroğlu, C., Mathes, B., Khalaidovski, K., Brand, A., ve Schmiedt-Fehr, C. 2016. "Altered alpha oscillations during multistable perception in schizophrenia", *International Journal of Psychophysiology*, 103, 118-128.
- [7] Başar-Eroğlu, C., Strüber, D., Kruse, P., Başar, E., ve Stadler, M. 1996a. "Frontal gamma-band enhancement during multistable visual perception", *International Journal of Psychophysiology*, 24, 113-125.
- [8] Basar-Eroglu, C., Strüber, D., Schurmann, M., Stadler, M., Basar, E., 1996b. "Gamma-band responses in the brain: a short review of psychophysiological correlates and functional significance" *International Journal of Psychophysiology* 24 (1–2), 101–112.
- [9] Başar-Eroğlu, C., Strüber, D., Stadler, M., ve Kruse, P. 1993. "Multistable visual perception induces a slow positive EEG wave", *International Journal of Neuroscience*, 73, 139-151.
- [10] Cohen, M. X. and Cavanagh, J. F. 2011. "Single-trial regression elucidates the role of prefrontal theta oscillations in response conflict", *Frontiers in Psychology*, 2, 1-12.  
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00030>
- [11] Fuster, J.M. 1989. "The Prefrontal Cortex, Anatomy", *Physiology and Neuropsychology of the Frontal Lobe*, Raven Press, New York.

- [12] Frigo, M. ve Johnson, S. G. 1998. “FFTW: An Adaptive Software Architecture for the FFT”, Proceedings of the International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, 3, 1381-1384.
- [13] Hua, T.M., Li, X., He, L., Zhou, Y., Wang, Y. ve Leventhal, A. 2006. “Functional degradation of visual cortical cells in old cats”, Neurobiology of Aging, 27, 155–162.
- [14] İšođlu-Alkaç, Ü., Başar-Erođlu, C., Ademođlu, A., Demiralp, T., Miener, M., ve Stadler, M. 2000. “Alpha activity decreases during the perception of Necker cube reversals: an application of wavelet transform”, Biological Cybernetics, 82, 313-320.
- [15] İšođlu-Alkaç, Ü., ve Strüber, D. 2006. “Necker Cube reversals during long-term EEG recordings: Sub-bands of alpha activity”, International Journal of Psychophysiology, 59, 179-189.
- [16] Karakaş, S. 2020. “A review of theta oscillation and its functional correlates”, International Journal of Psychophysiology, 155, 1-18.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2020.04.008>
- [17] Kolev, V., Yordanova, J., Basar-Eroğlu, C. and Basar, E. 2002. “Age effects on visual EEG responses reveal distinct frontal alpha networks” Clinical Neurophysiology, 113(6), 901 – 910. [https://doi.org/10.1016/S1388-2457\(02\)00106-2](https://doi.org/10.1016/S1388-2457(02)00106-2)
- [18] Kornmeier, J., ve Bach, M. 2006. “Bistable perception — along the processing chain from ambiguous visual input to a stable percept”, International Journal of Psychophysiology, 62, 345-349.
- [19] Köhler, W. (1940). “Dynamics in psychology”, Oxford: Liveright Publishing Corporation.
- [20] Leopold, D. A., ve Logothetis, N. K. 1999. “Multistable phenomena: Changing views in perception”, Trends in Cognitive Sciences, 3(7), 254–264.
- [21] Mathes, B., Khalaidovski, K., Schmiedt-Fehr, C., ve Başar-Eroğlu, C. 2014. “Frontal theta activity is pronounced during illusory perception”, International Journal of Psychophysiology, 94, 445-454.

- [22] Mathes, B., Khalaidovski, K., Wienke, A. S., Schmiedt-Fehr, C., ve Başar-Eroğlu, C. 2016. "Maturation of the P3 and concurrent oscillatory processes during adolescence", *Clinical Neurophysiology*, 127, 2599-2609.
- [23] Mathes, B., Strüber, D., Stadler, A. M., ve Başar-Eroğlu, C. 2006. "Voluntary control of Necker cube reversals modulates the EEG delta- and gamma-band response", *Neuroscience Letters*, 402, 145-149.
- [24] Necker, L.A. 1832. "Observations on some remarkable optical phaenomena seen in Switzerland; and on an optical phaenomenon which occurs on viewing a figure of a crystal or geometical solid", *London and Edinburgh Philosophical Magazine and Journal of Science* 1, 329–337.
- [25] Polich, J. 1997. "On the relationship between EEG and P300: Individual differences, aging, and ultradian rhythms", *International Journal of Psychophysiology*, 26, 299–317. [https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(97\)00772-1](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(97)00772-1)
- [26] Rürup, L., Mathes, B., Schmiedt-Fehr, C., Wienke, A. S., Özerdem, A., Brand, A. ve Başar-Eroğlu, C. 2020. "Altered gamma and theta oscillations during multistable perception in schizophrenia", *International Journal of Psychophysiology*, 155, 127-139.
- [27] Senay, A., Strang, N. C., ve Manahilov, V. 2013. "Age-related deficits in attentional control of perceptual rivalry", *Vision Research*, 77, 32-40.
- [28] Schmiedt-Fehr, C., Dühl, S., ve Başar-Eroğlu, C. 2011. "Age related increases in within-person variability: Delta and theta oscillations indicate that the elderly are not always old", *Neuroscience Letters*, 495, 159-163.
- [29] Schmiedt-Fehr, C., ve Başar-Eroğlu, C. 2011. "Event-related delta and theta brain oscillations reflect age-related changes in both a general and a specific neuronal inhibitory mechanism", *Clinical Neurophysiology*, 122, 1156-1167.
- [30] Schmolesky, M. T., Wang Y. C., Pu M. L. ve Leventhal, A. G. 2000. "Degradation of stimulus selectivity of visual cortical cells in senescent rhesus monkeys", *Nature Neuroscience*, 3, 384–390.
- [31] Strüber, D., ve Herrmann, C. S. 2002. "MEG alpha activity decrease reflects destabilization of multistable percepts", *Cognitive Brain Research*, 14, 370-382.





- [32] Strüber, D., Başar-Eroğlu, C., Hoff, E., ve Stadler, M. 2000. "Reversal-rate dependent differences in the EEG gamma-band during multistable visual perception", *International Journal of Psychophysiology*, 38, 243-252.
- [33] Uhlaas, P. J., & Singer, W. 2010. "Abnormal neural oscillations and synchrony in schizophrenia", *Nature Reviews*, 11, 100-113.
- [34] Yang, Y., Liang, Z., Li, G., Wang, Y. ve Zhou, Y. 2009. "Aging affects response variability of V1 and MT neurons in rhesus monkeys", *Brain Research*, 1274, 21-27.
- [35] Yordanova, J. Y., Kolev, V. N. and Polich, J. 1998. "P300 and alpha event-related desynchronization", *Society for Psychophysical Research*, 38, 143-152.