



Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

<http://dergipark.gov.tr/yyufbed>



Araştırma Makalesi

Farklı Dalgacık Dönüşümü Türleri Kullanılarak COVID-19'un Olay İlişkili P300 Potansiyeli Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi

Onur Erdem KORKMAZ

Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, 25240, Erzurum, Türkiye

Onur Erdem KORKMAZ, [ORCID No: 0000-0001-6336-6147](https://orcid.org/0000-0001-6336-6147)

Sorumlu yazar e-posta: onurerdem.korkmaz@atauni.edu.tr

Makale Bilgileri

Geliş: 01.12.2022
Kabul: 13.03.2023
Online Ağustos 2023

DOI:[10.53433/yyufbed.1212844](https://doi.org/10.53433/yyufbed.1212844)

Anahtar Kelimeler

Beyin-bilgisayar arayüzü,
COVID-19,
Dalgacık dönüşümü,
EEG

Öz: COVID-19'un nörolojik ve mikrovasküler sistem üzerinde etkileri bulunmaktadır. Bu bilgiden hareketle bu çalışmada COVID-19 öncesi ve COVID-19 sonrası aynı kişiler ve aynı deney prosedürüyle kaydedilmiş EEG sinyallerinden elde edilen olay ilişkili potansiyeller karşılaştırılmıştır. Farklı dalgacık dönüşümü türleri kullanılarak elde edilen spektrogram görüntüleri Cz, P3, P4, Pz, P7, P8, O1, Oz ve O2 kanalları kullanılarak COVID-19 öncesi ve COVID-19 sonrası durumları karşılaştırılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, 4 Hz frekans bölgesi ve 100 ile 300 ms zaman bölgesi arasında Oz, P8, P7 ve P4 elektrotlarında bir aktivasyon azalmasının meydana geldiği görülmektedir. Farklılığın daha net ortaya konulabilmesi için, farklı dalgacık türleri kullanılarak elde edilen güç katsayısı değerleri karşılaştırılmıştır. COVID-19 sonrası en büyük azalma oranı %16.10 ile bump dalgacık türünde meydana gelmiştir. Morse ve amor dalgacık türleri içinse sırasıyla %14.22 ve %14.25'lik dalgacık dönüşümü katsayısı güç azalması meydana gelmiştir. Kanallar açısından en büyük farklılık Oz kanalında meydana gelmiştir.

Investigation of the Effect of COVID-19 on Event-Related P300 Potential Using Different Types of Wavelet Transforms

Article Info

Received: 01.12.2022
Accepted: 13.03.2023
Online August 2023

DOI:[10.53433/yyufbed.1212844](https://doi.org/10.53433/yyufbed.1212844)

Keywords

Brain-computer interface,
COVID-19,
EEG,
Wavelet transform

Abstract: COVID-19 has effects on the neurological and microvascular systems. Based on this information, in this study, event-related potentials were compared from EEG signals recorded by the same people and the same experimental procedure before and after COVID-19. The spectrogram images obtained using different wavelet transform types were compared using the Cz, P3, P4, Pz, P7, P8, O1, Oz, and O2 channels before and after COVID-19. When the results are examined, it is seen that there is a decrease in activation in the Oz, P8, P7, and P4 electrodes between the 4 Hz frequency region and the 100 to 300 ms time region. In order to reveal the difference more clearly, the power coefficient values obtained by using different wavelet types were compared. The most significant reduction rate after COVID-19 occurred in the bump wavelet type, with 16.10%. For Morse and amor wavelet types, wavelet transform coefficient power reduction of 14.22% and 14.25%, respectively, occurred. The most significant difference in terms of channels occurred in the Oz channel.

1. Giriş

Dünyada ilk kez Aralık 2019'da Çin'in Wuhan kentinde tespit edilen COVID-19, hızla yayılmış ve dünyanın her yerinden milyonlarca insana bulaşmıştır. Dünya Sağlık Örgütü, 11 Mart 2020'de küresel sağlık acil durumu ve pandemi ilan etmiştir. Virüsün kalp, akciğerler, solunum yolu epiteli, endotel hücreleri ve beyne zarar verdiği yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (Hashimoto ve ark., 2022). Öte yandan, COVID-19 karantinası çeşitli sosyal ve ekonomik sorunlara neden olmuştur (Ashraf & Goodell, 2022; Flor ve ark., 2022).

COVID-19 virüsünün sosyal yaşam biçimleri ve insan sağlığı üzerindeki etkileri araştırmacıların ana hedef noktasını oluşturmaktadır. Örneğin, Kontoangelos ve arkadaşlarının 65'ten fazla makale taraması yaparak yaptıkları derleme çalışmasında, COVID-19 virüsünün çocuklar üzerinde endişe, korku ve ilerleyen dönemlerde çeşitli sağlık sorunları çıkarabileceğini söylemişlerdir. Çalışmada yaşlı kişilerin hayata karşı düşüncelerinin olumsuz manada etkilendiğini ve daha savunmasız hale geldiklerini belirtmişlerdir. Aynı çalışmada son olarak sağlık çalışanlarının hem fiziksel hem de psikolojik açıdan ağır baskı altında çalışmak durumunda kaldıkları belirtilmiş bununda ilerde ciddi sağlık sorunlarına sebebiyet vereceği belirtilmiştir (Kontoangelos ve ark., 2020). Başka bir sosyal problem temelli çalışmada ise Satre ve arkadaşları, karantina döneminde alkol tüketiminin arttığına dikkat çekmişlerdir (Satre ve ark., 2020). Delussi ve arkadaşları ise COVID-19 karantinasının insan stres seviyesini yükselttiğini, dolayısıyla migren sıklığını ve şiddetini artırdığını bildirmişlerdir (Delussi ve ark., 2020).

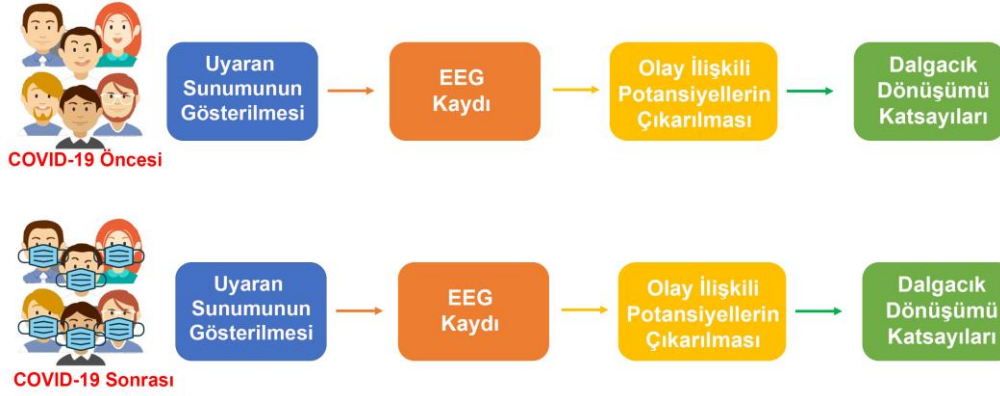
COVID-19 enfeksiyonu insanlarda sosyal sorunların yanında uzun veya kısa süreli ciddi klinik semptomlara yol açabilmektedir. Hastaneye yatırılan birçok hastada solunum yetmezliği, baş ağrısı, koku kaybı ve felce kadar değişen nörolojik belirtiler görülmüştür (Iadecola ve ark., 2020). Yapılan bir diğer çalışmada ise Azevedo ve arkadaşları, artan miyokard enfarktüsü riski, deprese sistolik sol ventrikül fonksiyonu ile hızla gelişen fulminan miyokardit, aritmiler, venöz tromboembolizm ve STEMI sunumlarını taklit eden kardiyomiyopatiler, COVID-19 hastalarında tanımlanan en yaygın kardiyovasküler komplikasyonlar olduğunu bildirmişlerdir (Azevedo ve ark., 2021). Literatürde yapılan bir çalışmada ise Ciceri ve arkadaşları COVID-19 virüsünün beyin, kalp ve diğer hayati öneme sahip organların mikrovasküler yatağını etkileyerek çoklu organ yetmezliğine ve buna bağlı ölümlere neden olabileceğini açıklamışlardır (Ciceri ve ark., 2020). Yapılan literatür araştırması sonucunda COVID-19'un nörolojik, kardiyovasküler sistem ve mikrovasküler yatak üzerinde olumsuz etkiler bıraktığı görülmektedir.

Olay ilişkili potansiyeller (OİP), beynin alakasız uyarıcı dizileri arasında alakalı uyarana verdiği tepki olarak tanımlanmaktadır ve bilişsel sürecin bir parçası olarak görülmektedir (Brandeis & Lehmann, 1986; Hansenne, 2000). Dolayısıyla olay ilişkili potansiyeller üzerinde meydana gelen değişiklikler bilişsel süreçle ilişkilendirilebilmektedir (Zhang, 2020). COVID-19'un nörolojik ve mikrovasküler sistem üzerindeki etkileri göz önüne alındığında, bilişsel fonksiyonlar üzerinde etki bıraktığı düşünülebilir. Bu bilgiden hareketle gerçekleştirilen bu çalışma kapsamında katılımcıların COVID-19 geçirmeden önceki ve COVID-19 geçirdikten sonraki kaydedilen EEG sinyalleri ile elde edilen OİP'ler farklı dalgacık dönüşümü metotları kullanılarak karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, COVID-19 sonrası OİP'lere ait dalgacık katsayı güçlerinde azalma meydana gelmiştir. Ayrıca COVID-19 öncesi ve sonrası dalgacık dönüşümü sonuçları görsel açıdan karşılaştırılmış, yine enfeksiyon sonrasında çoğu kanalda aktivasyon azalmasının meydana geldiği görülmüştür.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Veri seti tanıtımı

Çalışma kapsamında COVID-19 vakaları ülkemizde görülmeden çok kısa zaman önce katılımcılarla beyin bilgisayar arayüzü (BBA) deneyi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra ülkemizde COVID-19 vakaları görülmeye başlamış ve katılımcılarımızdan bazıları COVID-19'a yakalanmıştır. Vakalar öncesi kayıt aldığımız katılımcılardan COVID-19 testi pozitif çıkanlarla aynı deney prosedürü ile tekrar veri alınmıştır. Böylelikle COVID-19 öncesi ve COVID-19 sonrası aynı deney prosedürü ile kaydedilmiş EEG veri seti elde edilmiştir. Çalışmaya ait blok diyagramı Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Çalışmaya ait blok diyagram.

Yaşları 26 ile 46 arasında değişen toplam altı katılımcı ile deneyler gerçekleştirilerek EEG veri seti kaydedildi. Katılımcıların hiçbiri daha önce böyle bir deneye katılmadı ve görme dahil herhangi bir hastalıklarının olmadıklarını bildirdiler. Veri toplama süreci Atatürk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Etik Kurulu tarafından onaylandı ve EEG kaydı başlamadan önce tüm katılımcılar onam formunu imzaladılar. COVID-19 tanısı öncesi ve sonrası olmak üzere iki farklı oturumda EEG sinyalleri kaydedildi. COVID-19 enfeksiyonu geçirmeden önce katılımcılardan alınan EEG kayıtlarının kesin tarihleri ile enfeksiyon tanı tarihleri Çizelge 1.'de verilmiştir. Katılımcılarla tanı tarihinden 15-20 gün sonra ikinci oturum EEG veri kaydı alınmıştır.

Çizelge 1. Birinci oturum kayıt ve tanı tarihleri

Katılımcı	Cinsiyet	Yaş	COVID-19 Öncesi Birinci Oturum EEG Kayıt Tarihi	COVID-19 Tanısı Konma Tarihi
Kişi 1	E	30	07.04.2020	02.11.2020
Kişi 2	K	26	17.04.2020	02.11.2020
Kişi 3	E	46	07.07.2020	07.10.2020
Kişi 4	K	27	07.06.2020	30.10.2020
Kişi 5	K	35	06.06.2020	10.12.2020
Kişi 6	E	29	25.06.2020	29.11.2020

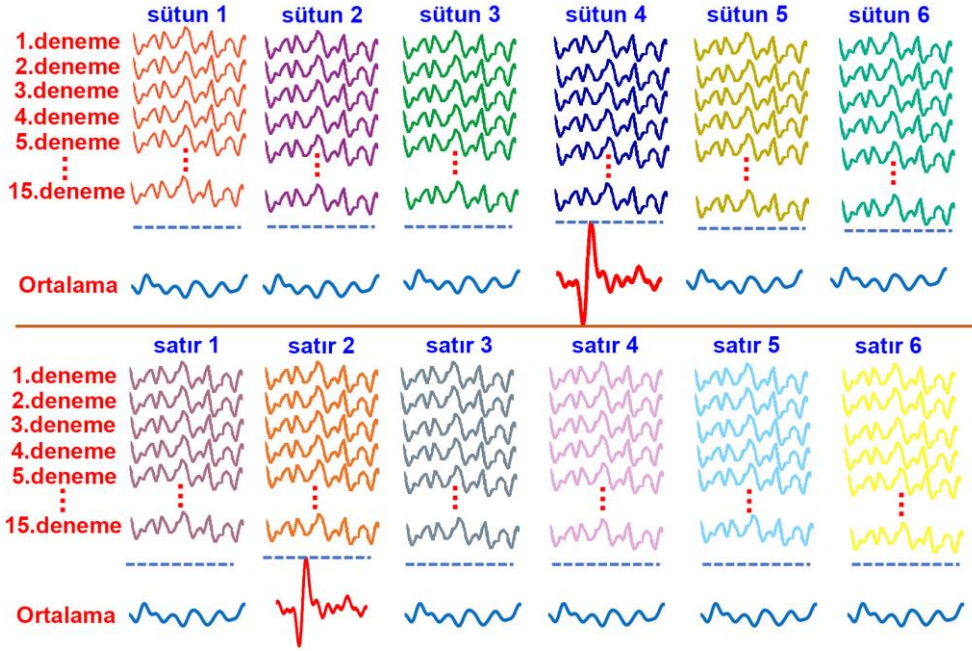
2.2. Paradigma

Bu çalışmada, ilk olarak Donchin ve arkadaşları tarafından önerilen satır-sütun flaşlanması tabanlı görsel paradigma kullanılmıştır (Farwell & Donchin, 1988). Bu paradigmada katılımcıya öncelikle Şekil 2.a'da gösterildiği gibi 6x6'lık bir matris içerisindeki harf ve rakamlardan oluşan karakter seti gösterildi. Daha sonra Şekil 2.b'de gösterildiği gibi bu karakter setinden bir tanesi 'hedef karakter' olarak gösterildikten sonra Şekil 2.c ve d'de gösterildiği gibi her defasında bir satır ve bir sütun olacak şekilde flaşlanma işlemi gerçekleştirildi. 6 satır ve 6 sütunun tamamının flaşlanmasına bir 'deneme' denilir ve bir deneme toplam 12 (6+6) flaşlanmadan oluşmaktadır. Bir deneme flaşlanmasının 15 kez tekrar edilmesine de 'koşum' denilmektedir ve bir koşum toplam 180 (12*15) flaşlanmadan oluşmaktadır.



Şekil 2. Satır sütun flaşlanma paradigması.

elde edildiği, diğer sütun ve satır flaşlanmalarına ait ortalamalardan OIP elde edilemediği görülmektedir.



Şekil 4. Olay ilişkili potansiyellerin elde edilmesi.

2.5. Dalgacık dönüşümü katsayılarının elde edilmesi

Dalgacık dönüşümü zaman-frekans lokalizasyonu sağlaması açısından önemli bir yöntemdir. Dalgacık analizinin en önemli noktası, uygun bir dalgacık fonksiyonunun seçimidir. Ayrıca dalgacık fonksiyonunun ve analiz edilecek sinyallerin benzerliği, faydalı bilgiler elde etmek için önemlidir (Aydemir & Kayıkcıoğlu, 2011).

Sürekli dalgacık dönüşümü (SDD), orijinal $x(t)$ sinyali ile $\psi(\tau, s)$ (t) dalgacık fonksiyonunun konvolüsyonu olarak tanımlanmaktadır ve Eşitlik 1 ile gösterilmektedir;

$$SDD_x^\psi(\tau, s) = \frac{1}{\sqrt{|s|}} \int x(t) \psi^* \left(\frac{t - \tau}{s} \right) dt \quad (1)$$

eşitlikte $\psi_{(\tau,s)}(t)$, $\psi(t)$ dalgacık fonksiyonunun genişleme ve kaydırılma miktarını göstermektedir ve Eşitlik 2'de gösterildiği gibi hesaplanmaktadır;

$$\psi_{(\tau,s)}(t) = \frac{1}{\sqrt{s}} \psi \left(\frac{t - \tau}{s} \right) \quad (2)$$

burada t, τ ve s sırasıyla zaman, öteleme ve ölçekleme parametrelerini göstermektedir (Adeli ve ark., 2003). Dalgacık dönüşümü katsayılarının genlik kareleri toplamları (dalgacık dönüşümü katsayıları gücü, DDKG) Eşitlik 3'te gösterildiği gibi hesaplanmaktadır;

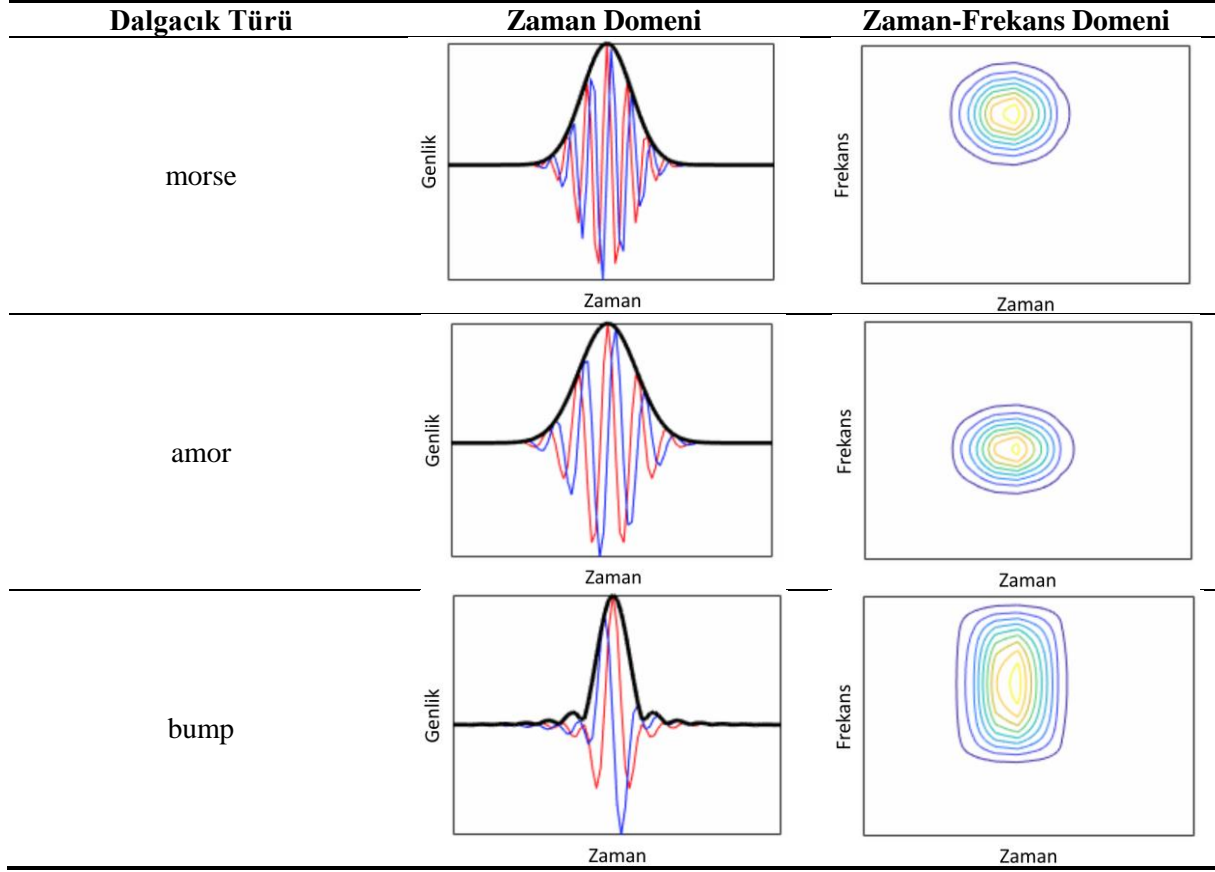
$$DDKG = \sum_{i=1}^n |w_i|^2 \quad (3)$$

eşitlikte w_i , i. dalgacık dönüşümü katsayısını, n ise toplam dalgacık katsayısını göstermektedir.

Çalışma kapsamında kullanılan dalgacık türleri ve bu dalgacık türlerine ait zaman, zaman-frekans domeni özelliklerini gösterir grafikler Çizelge 2.'de gösterilmiştir.

Morse dalgacık türünde zaman ve frekans yayılımını değiştirmek için iki parametreyi değiştirebilir iken amor dalgacık türünde zaman ve frekansta eşit varyansa sahiptir. Bump dalgacık türü ise zaman ekseninde daha geniş varyans, frekans ekseninde daha dar varyansa sahiptir.

Çizelge 2. Farklı dalgacık türlerine ait zaman, zaman-frekans domeni özellikleri

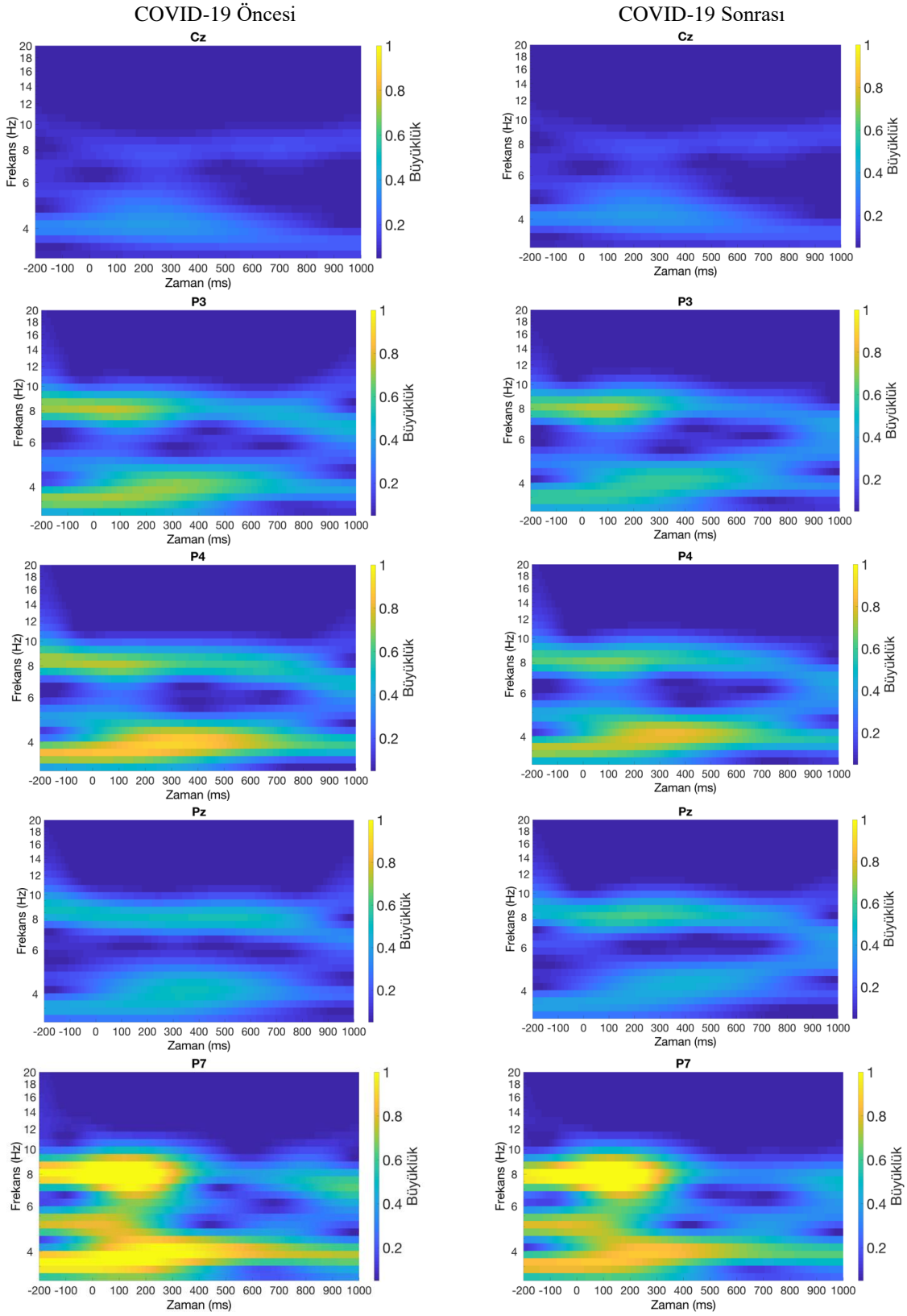


3. Bulgular

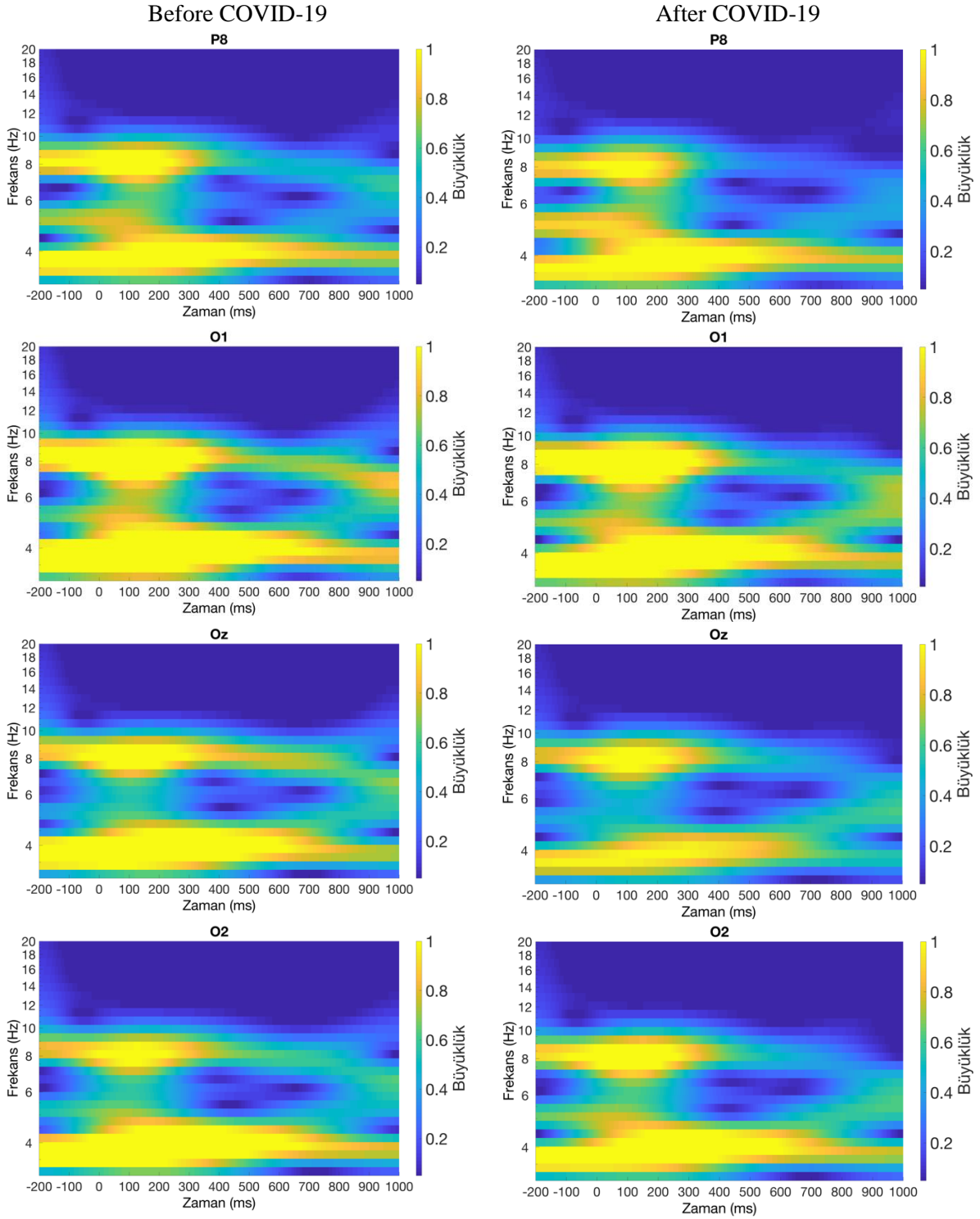
Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde, görsel uyarıların çoğunlukla oksipital, parietal ve sentral bölgede aktivasyon meydana getirdiği görülmektedir. (Brouwer & Van, 2010; Jin vd., 2012; Jin vd., 2020). Bu çalışmada görsel uyarıların sonucu COVID-19 öncesi ve sonrasında oluşan olay ilişkili P300 potansiyeli karşılaştırıldığından sentral (Cz), parietal (P3, P4, Pz, P7 ve P8), ve oksipital (O1, Oz ve O2) bölge elektrotları kullanılarak karşılaştırmalı sonuçlar verilmiştir.

Çalışma kapsamında hem COVID-19 öncesi hem de COVID-19 sonrası kaydedilen EEG sinyallerinden elde edilen OİP'ler Cz, P3, P4, Pz, P7, P8, O1, Oz ve O2 kanalları kullanılarak elde edilen dalgacık dönüşümü katsayılarıyla hem görsel açıdan hem de DDKG açısından karşılaştırılmıştır. Öncelikle Şekil 5 ve Şekil 6'da morse dalgacık dönüşümü kullanılarak elde edilen spektrogram görüntüleri COVID-19 öncesi ve COVID-19 sonrası durumları için görsel açıdan karşılaştırılmıştır. Grafiklerde yer alan koyu mavi, açık mavi, yeşil ve sarı renklerle gösterilen bölgeler 0'dan 1'e kadar değişen genlik değerini göstermektedir. Genlik değerleri ve renkler grafiğin yan tarafında bulunan barda görülmektedir. Koyu mavi yaklaşık 0 genlik değerini ve sarı renk ise yaklaşık 1 genlik değerini göstermektedir. Grafikler kabaca değerlendirildiğinde COVID-19 öncesi genlik değerlerinin özellikle 4 Hz frekans bölgesinde daha yüksek olduğu bu bölgenin daha açık renkte olmasından (daha açık sarı yada daha açık mavi) anlaşılmaktadır. Örneğin Oz kanalı ele alındığında, COVID-19 öncesi elde edilen dalgacık dönüşümü grafiğinde 4 Hz dolaylarında elde edilen OİP sinyalinin genliğinin COVID-19 sonrası elde edilen OİP sinyalinin genliğinden daha yüksek olduğu o bölgenin daha açık sarı renkte olmasından anlaşılmaktadır. Benzer şekilde özellikle 100-300 ms dolaylarında COVID-19 öncesi elde edilen OİP sinyallerinin dalgacık dönüşümü grafiklerinde daha

açık mavi renkte ya da daha açık sarı renkte olmasından anlaşılmaktadır. Bu bilgiler ışığında incelenen grafiklerden de görüleceği üzere



Şekil 5. Cz, P3, P4, Pz ve P7 kanalları için dalgacık dönüşümü sonuçları.



Şekil 6. P8, O1, Oz ve O2 kanalları için dalgacık dönüşümü sonuçları.

özellikle 4 ile 8 Hz frekans bölgesinde ve 100 ile 300 ms zaman bölgesinde aktivasyonun arttığı görülmektedir. COVID-19 öncesi ve sonrası arasındaki fark en fazla 4 Hz frekans bölgesi ve 100 ile 300 ms zaman bölgesi arasında görülmektedir.

Şekil 5 ve Şekil 6'daki spektrogram grafiklerinden görüleceği üzere, COVID-19 sonrası özellikle Oz, P8, P7 ve P4 elektrotlarında bir aktivasyon azalması meydana gelmiştir. Farklılığın daha net ortaya konulabilmesi adına farklı dalgacık türleri açısından DDKG değerleri karşılaştırılmıştır ve bu değerler Çizelge 3'te yer almaktadır.

Çizelge 3 incelendiğinde her üç dalgacık türü içinde COVID-19 sonrası ortalama dalgacık katsayısı güç değerinde bir azalma meydana geldiği görülmektedir. En büyük ortalama azalma oranı %16.10 ile bump dalgacık türünde meydana gelmiştir, morse ve amor dalgacık türleri içinse sırasıyla %14.22 ve %14.25'lik DDKG azalması meydana gelmiştir. Cz kanalı dışındaki tüm kanallarda COVID-19 sonrası bir DDKG azalması meydana gelmiştir, Cz kanalında ise her üç dalgacık türünde de artış gözlemlenmiştir. Kanal bazında en büyük farklılık Oz'de meydana gelmiştir. Morse, amor ve bump dalgacık türlerinde Oz kanalı için sırasıyla %58.24, %58.25 ve % 35.82'lik bir azalma meydana gelmiştir. En düşük azalma oranı ise Pz kanalında görülmektedir. Yine P7 kanalında da morse, amor ve bump dalgacık türleri için sırasıyla %20.97, %21.23 ve % 21.71 azalma oranı görülmekte, bu fark da dikkate değerdir.

Çizelge 3. COVID-19 öncesi ve sonrası farklı dalgacık türlerine ait DDKG değerleri

Kanallar	Morse			Amor			Bump		
	COVID-19 Öncesi	COVID-19 Sonrası	Azalma Oranı (%)	COVID-19 Öncesi	COVID-19 Sonrası	Azalma Oranı (%)	COVID-19 Öncesi	COVID-19 Sonrası	Azalma Oranı (%)
Cz	131.91	171.86	-23.25	170.38	222.33	-23.37	9.08	10.63	-14.58
P3	892.33	737.05	21.07	1161.43	958.73	21.14	129.4	108.52	19.24
P4	1230.87	1036.98	18.70	1595.11	1344.21	18.67	154.85	121.09	27.88
Pz	531.91	523.88	1.53	687.63	679.13	1.25	97.49	105.27	-7.39
P7	2127.3	1758.6	20.97	2788.21	2299.98	21.23	246.19	202.27	21.71
P8	2228.23	2065.92	7.86	2907.52	2694.76	7.90	266.55	172.05	54.93
O1	3552.81	3089.7	14.99	4639.65	4027.01	15.21	451.66	400.25	12.84
Oz	2698.12	1705.03	58.24	3514.87	2221.09	58.25	340.63	250.8	35.82
O2	2595.12	2405.44	7.89	3379.43	3129.12	8.00	272.75	288.73	-5.53
		Ortalama	14.22		Ortalama	14.25		Ortalama	16.10

4. Sonuç

COVID-19'enfeksiyonun insanlarda sosyal sorunların yanında, nörolojik, kardiyovasküler sistem ve mikrovasküler yatak üzerinde olumsuz etkileri gibi uzun veya kısa süreli ciddi klinik semptomlara yol açtığı yapılan çalışmalarla gösterilmiştir. COVID-19'un nörolojik ve mikrovasküler sistem üzerindeki etkileri göz önüne alındığında, bilişsel fonksiyonlar üzerinde etki bıraktığı düşünülerek Korkmaz ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada (Korkmaz ve ark., 2021) COVID-19 geçirilmeden önce alınan EEG sinyalleri ile aynı kişilerle COVID-19 geçirdikten sonra aynı deney prosedürüyle EEG sinyalleri kaydedilerek COVID-19'un P300 tabanlı BBA sistem performansı üzerindeki etkileri sınıflandırma doğruluğu açısından karşılaştırılmıştır. Ancak bu çalışmada COVID-19'un OİP'ler üzerinde zaman, zaman-frekans açısından ne gibi farklılıklar meydana getirdiği açıkça belirtilmemiştir. Bu bilgiden hareketle gerçekleştirilen bu çalışma kapsamında, Korkmaz ve arkadaşlarının kaydettikleri veri setindeki, katılımcıların COVID-19 geçirilmeden önceki ve COVID-19 geçirdikten sonraki kaydedilen EEG sinyalleri ile elde edilen OİP'ler farklı dalgacık dönüşümü metotları kullanılarak hem spektrogram hem de DDKG açısından karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre COVID-19 geçirdikten sonra elde edilen OİP sinyalleri aktivasyonunda bir azalma meydana geldiği görülmüş, özellikle Oz, P8, P7 ve P4 elektrotlarında bu fark daha da belirgindir. Farkın daha net ortaya koyulması amacıyla farklı dalgacık türlerine ait DDKG değerleri elde edilerek karşılaştırmalı sonuçlar verilmiştir. Elde edilen DDKG sonuçlarına göre morse, amor ve bump dalgacık türleri için COVID-19 sonrası sırasıyla ortalama %14.22, %14.25 ve %16.10 azalma meydana gelmiştir. Hem spektrogram hem de DDKG sonuçlarına göre COVID-19 sonrası OİP sinyallerinde aktivasyon azalması meydana gelmiştir. Özellikle Oz, P8, P7 ve P4 elektrotlarında bu fark daha da belirgindir. Parietal lobun insan beyninin mekânsal yön belirleme, tatları algılama, acı ve dokunma hisleri gibi işlevlerinden sorumlu olduğu, oksipital lobun görsel uyarınları yorumlamadan (görsel algıdan) sorumlu olduğu düşünüldüğünde COVID-19 un görme, tat algılama, acı ve dokunma hislerinde değişiklik meydana getirebileceği düşünülebilir.

Elde edilen sonuçlara göre COVID-19 öncesi ve sonrası OİP sinyalleri arasında farklılıklar bulunmaktadır. OİP sinyallerinin bilişsel fonksiyonların çıktısı olduğu düşünüldüğünde, COVID-19'un insan beyni ve dolayısıyla bilişsel süreçler üzerinde etkisinin olduğu sonucuna varılmaktadır.

Teşekkür

Bu çalışma Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FOA-2018-6524 proje numarası ile desteklenmiştir.

Kaynakça

- Adeli, H., Zhou, Z., & Dadmehr, N. (2003). Analysis of EEG records in an epileptic patient using wavelet transform. *Journal of Neuroscience Methods*, 123(1), 69-87. doi:10.1016/S0165-0270(02)00340-0
- Ashraf, B. N., & Goodell, J. W. (2022). COVID-19 social distancing measures and economic growth: Distinguishing short-and long-term effects. *Finance Research Letters*, 47, 102639. doi:10.1016/j.frl.2021.102639
- Azevedo, R. B., Botelho, B. G., Hollanda, J. V. G. d., Ferreira, L. V. L., Junqueira de Andrade, L. Z., Oei, S. S. M. L., & Muxfeldt, E. S. (2021). Covid-19 and the cardiovascular system: A comprehensive review. *Journal of Human Hypertension*, 35, 4-11. doi:10.1038/s41371-020-0387-4
- Aydemir, O., & Kayikcioglu, T. (2011). Wavelet transform based classification of invasive brain computer interface data. *Radioengineering*, 20, 31-38.
- Brandeis, D., & Lehmann, D. (1986). Event-related potentials of the brain and cognitive processes: Approaches and applications. *Neuropsychologia*, 24(1), 151-168. doi:10.1016/0028-3932(86)90049-7
- Brouwer, A. M., & Van Erp, J. B. F. (2010). A tactile P300 brain-computer interface. *Frontiers in Neuroscience*, 4, 19. doi:10.3389/fnins.2010.00019
- Ciceri, F., Beretta, L., Scandroglio, A. M., Colombo, S., Landoni, G., Ruggeri, A., ..., & Zangrillo, A. (2020). Microvascular COVID-19 lung vessels obstructive thromboinflammatory syndrome (MicroCLOTS): an atypical acute respiratory distress syndrome working hypothesis. *Critical Care and Resuscitation*, 22(2), 95-97.
- Delussi, M., Gentile, E., Coppola, G., Prudenzano, A. M. P., Rainero, I., Sances, G., ..., & Tommaso, M. (2020). Investigating the effects of COVID-19 quarantine in migraine: An observational cross-sectional study from the Italian National Headache Registry (RiCe). *Frontiers in Neurology*, 11, 597881. doi:10.3389/fneur.2020.597881
- Farwell, L. A., & Donchin, E. (1988). Talking off the top of your head: Toward a mental prosthesis utilizing event-related brain potentials. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 70(6), 510-523. doi:10.1016/0013-4694(88)90149-6
- Flor, L. S., Friedman, J., Spencer, C. N., Cagney, J., Arrieta, A., Herbert, M. E., ..., & Gakidou, E. (2022). Quantifying the effects of the COVID-19 pandemic on gender equality on health, social, and economic indicators: A comprehensive review of data from March, 2020, to September, 2021. *The Lancet*, 399(10344), 2381-2397. doi:10.1016/S0140-6736(22)00008-3
- Hansenne, M. (2000). The p300 cognitive event-related potential. I. Theoretical and psychobiologic perspectives. *Clinical Neurophysiology*, 30(4), 191-210. doi:10.1016/S0987-7053(00)00223-9
- Hashimoto, Y., Suzuki, T., & Hashimoto, K. (2022). Mechanisms of action of fluvoxamine for COVID-19: A historical review. *Molecular Psychiatry*, 27, 1898-1907. doi:10.1038/s41380-021-01432-3
- Iadecola, C., Anrather, J., & Kamel, H. (2020). Effects of COVID-19 on the nervous system. *Cell*, 183(1), 16-27. doi:10.1016/j.cell.2020.08.028
- Jin, J., Allison, B. Z., Kaufmann, T., Kübler, A., Zhang, Y., Wang, X., & Cichocki, A. (2012). The changing face of P300 BCIs: A comparison of stimulus changes in a P300 BCI involving faces, emotion, and movement. *PloS One*, 7(11), e49688. doi:10.1371/journal.pone.0049688

- Jin, J., Chen, Z., Xu, R., Miao, Y., Wang, X., & Jung, T. P. (2020). Developing a novel tactile P300 brain-computer interface with a cheeks-stim paradigm. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 67(9), 2585-2593. doi:10.1109/TBME.2020.2965178
- Kontoangelos, K., Economou, M., & Papageorgiou, C. (2020). Mental health effects of COVID-19 pandemia: A review of clinical and psychological traits. *Psychiatry Investigation*, 17(6), 491-505. doi:10.30773/pi.2020.0161
- Korkmaz, O. E., Aydemir, O., Oral, E. A., & Ozbek, I. Y. (2021). Investigating the effect of COVID-19 infection on P300 based BCI application performance. *Traitement du Signal*, 38(6), 1767-1773. doi:10.18280/ts.380620
- Rakotomamonjy, A., & Guigue, V. (2008). BCI competition III: dataset II-ensemble of SVMs for BCI P300 speller. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 55(3), 1147-1154. doi:10.1109/TBME.2008.915728
- Satre, D. D., Hirschtritt, M. E., Silverberg, M. J., & Sterling, S. A. (2020). Addressing problems with alcohol and other substances among older adults during the COVID-19 pandemic. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, 28(7), 780-783. doi:10.1016/j.jagp.2020.04.012
- Zhang, X. (2020). The influences of brand awareness on consumers' cognitive process: An event-related potentials study. *Frontiers in Neuroscience*, 14, 549. doi:10.3389/fnins.2020.00549