

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

UZUN SÜREDİR GİTAR VE BAĞLAMA ÇALAN KONSERVATUVAR  
ÖĞRENCİLERİ İLE HERHANGİ BİR MÜZİK ALETİ ÇALMAYAN  
ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNİN EL PARMAK UÇLARINDAN  
ÖLÇÜLEN İKİ NOKTA AYRIM DUYULARININ KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ali KARA

Tez Danışman:

Dr. Öğretim Üyesi Hüseyin BAYLAN

EYLÜL 2025

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

UZUN SÜREDİR GİTAR VE BAĞLAMA ÇALAN KONSERVATUVAR  
ÖĞRENCİLERİ İLE HERHANGİ BİR MÜZİK ALETİ ÇALMAYAN  
ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNİN EL PARMAK UÇLARINDAN  
ÖLÇÜLEN İKİ NOKTA AYRIM DUYULARININ KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ali KARA

Enstitü Anabilim Dalı: Anatomi

Tez Danışman:

Dr. Öğretim Üyesi Hüseyin BAYLAN

EYLÜL 2025

## **BİLDİRİM**

Sakarya Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Tez-Proje Yazım Kılavuzu'na uygun olarak hazırladığım bu çalışmada:

- Tezde yer verilen tüm bilgi ve belgeleri akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi ve sunduğumu,
- Yararlandığım eserlere atıfta bulunduğumu ve kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değiştirmede bulunmadığımı,
- Bu tezin tamamını ya da herhangi bir bölümünü başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı,

beyan ederim.

**Ad SOYAD**

TC.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**UZUN SÜREDİR GİTAR VE BAĞLAMA ÇALAN KONSERVATUVAR  
ÖĞRENCİLERİ İLE HERHANGİ BİR MÜZİK ALETİ ÇALMAYAN  
ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNİN EL PARMAK UÇLARINDAN ÖLÇÜLEN İKİ  
NOKTA AYRIM DUYULARININ KARŞILAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Ali KARA**

**Enstitü Anabilim Dalı: Anatomi**

**“Bu tez 12/09/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oy birliği ile kabul edilmiştir.”**

| <b>JÜRİ ÜYESİ</b>                  | <b>KANAATİ</b> | <b>İMZA</b> |
|------------------------------------|----------------|-------------|
| Doç. Dr. Keziban KARACAN           | Başarılı       |             |
| Dr. Öğretim Üyesi Hüseyin BAYLAN   | Başarılı       |             |
| Dr. Öğretim Üyesi M. Furkan ARPACI | Başarılı       |             |

## ÖNSÖZ/ TEŞEKKÜR

Bu çalışmamız uzun süren bir emeğin sonucudur. Çalışmamda hem motivasyon hem de maddi manevi yardımlarını esirgemeyen ve emekleri geçen danışman hocam Dr. Öğretim Üyesi Hüseyin Baylan'a; Doç. Dr. Derya Güzel Erdoğan'a, konservatuvarda yaptığımız çalışmada desteklerini esirgemeyen Prof. Dr. Nilgün Sazak'a, tezimde ölçüm yaptığım tüm öğrenci arkadaşlarıma teşekkür ederim. Ayrıca yüksek lisans eğitimini aldığım Sakarya Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Temel Tıp Bilimleri Bölümü, Anatomi AD. başkanı çok kıymetli Doç. Dr. Keziban Karacan hocam olmak üzere tüm Anatomi ekibine ve emekleri geçen tüm arkadaş ve dostlarıma; en önemlisi bu zamana kadar eğitim ve öğretim hayatımda beni her zaman destekleyen, varlıklarıyla güven veren aileme, sevdiklerime ve sevdiceğime

Teşekkür ederim..

## ÖZET

İki nokta diskriminasyonu testi (2ND), omurilik, beyin sapı ve serebrumdaki duyuşal yolların değeriendirilmesinde kullanılan güvenilir bir nörolojik testtir. Hafif düzeydeki duyuşal bozuklukların belirlenmesinde yüksek duyarlılığa sahip olması nedeniyle klinik ve deneysel araştırmalarda sıkça kullanılmaktadır. Müzisyenler, özellikle gitar ve bağlama gibi telli enstrümanları uzun süre çalan bireyler, el ve parmaklarını tekrarlayıcı hareketlerle kullanarak zamanla mikrotravmalara maruz kalmaktadır. Bu durum, parmak uçlarında kalınlaşmış deri (hiperkeratoz) dokularının gelişmesine ve duyuşal hassasiyetin azalmasına yol açabilmektedir.

Bu çalışma, uzun süredir gitar veya bağlama çalan konservatuvar öğrencileri ile herhangi bir müzik aleti çalmayan üniversite öğrencilerinin el parmak uçlarından ölçülen iki nokta ayırım duyuşlarını karşılaştırmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Mart–Mayıs 2025 tarihleri arasında Sakarya Üniversitesi Devlet Konservatuvarı’nda yürütölen araştırmaya 75 sağlıklı gönüllü (30 deney, 45 kontrol) katılmıştır. Deney grubunun yaş ortalaması  $22,73\pm4,56$  yıl, kontrol grubunun ise  $21,33\pm2,35$  yıl olarak bulunmuştur.

Sonuçlara göre gitar ve bağlama çalan bireylerde hem sağ hem sol elde belirli parmak bölgelerinde 2ND değerieleri anlamlı biçimde daha uzun ölçölmüştür. Özellikle sağ elde 3. ve 5. parmak uçlarında ( $p<0,05$ ) ve sol elde 2.–5. parmak uçlarında ( $p<0,01$ ) belirgin farklar saptanmıştır. Örneğin, sağ 3. parmak ucunda deney grubunda ortalama  $3,90\pm1,12$  mm iken kontrol grubunda  $2,83\pm0,94$  mm olarak bulunmuştur. Benzer şekilde sol 4. parmak ucunda deney grubunda ortalama  $3,85\pm1,09$  mm, kontrol grubunda  $2,75\pm0,88$  mm ölçölmüştür.

Elde edilen bulgular, uzun süreli enstrüman kullanımının parmak uçlarındaki iki nokta ayırım duyuşunu azalttığını göstermekte ve hiperkeratozun bu farklılıkta etkili olabileceğini düşöndürmektedir. Bu sonuçlar, müzisyenlerde duyu-motor adaptasyonun ve periferik duyuşal değışımlerin değeriendirilmesi açısından literatüre önemli katkı sağlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** İki nokta diskriminasyonu, Parmak ucu, Hiperkeratoz, Gitar, Bağlama

## SUMMARY

### COMPARISON OF TWO-POINT DISCRIMINATION SENSES MEASURED FROM HAND FINGERTIPS OF CONSERVATORY STUDENTS WHO PLAY GUITAR AND BAĞLAMA FOR A LONG TIME AND UNIVERSITY STUDENTS WHO DO NOT PLAY ANY MUSICAL INSTRUMENT

The two-point discrimination test (2PD) is a reliable neurological assessment used to evaluate sensory pathways within the spinal cord, brainstem, and cerebrum. Due to its high sensitivity in detecting mild sensory impairments, it is frequently employed in both clinical and experimental research. Musicians, particularly those who play string instruments such as the guitar and bağlama for extended periods, are exposed to repetitive microtraumas through continuous use of their hands and fingers. This repetitive strain may lead to the development of thickened skin tissue (hyperkeratosis) at the fingertips, which in turn can reduce tactile sensitivity.

This study aimed to compare the two-point discrimination thresholds measured from the fingertips of long-term guitar or bağlama players and university students with no musical training. The research was conducted between March and May 2025 at Sakarya University State Conservatory and included 75 healthy volunteers (30 in the experimental group and 45 in the control group). The mean age was  $22.73 \pm 4.56$  years in the experimental group and  $21.33 \pm 2.35$  years in the control group.

Results indicated that 2PD values were significantly higher in specific finger regions of both hands among guitar and bağlama players. In particular, significant differences were observed at the right 3rd and 5th fingertips ( $p < 0.05$ ) and at the left 2nd–5th fingertips ( $p < 0.01$ ). For example, the mean 2PD value at the right 3rd fingertip was  $3.90 \pm 1.12$  mm in the experimental group compared to  $2.83 \pm 0.94$  mm in controls, while at the left 4th fingertip it was  $3.85 \pm 1.09$  mm versus  $2.75 \pm 0.88$  mm, respectively.

These findings demonstrate that long-term instrument playing reduces two-point discrimination sensitivity at the fingertips and suggest that hyperkeratosis may contribute to this sensory alteration. The results provide valuable insights into sensorimotor adaptation and peripheral sensory changes observed in musicians.

**Keywords:** Two-point discrimination, Fingertip, Hyperkeratosis, Guitar, Bağlama

## İÇİNDEKİLER

|                                                                     |      |
|---------------------------------------------------------------------|------|
| BİLDİRİM.....                                                       | i    |
| ÖNSÖZ/ TEŞEKKÜR .....                                               | iii  |
| ÖZET .....                                                          | iv   |
| SUMMARY .....                                                       | v    |
| TABLolar LİSTESİ.....                                               | vii  |
| ŞEKİLLER LİSTESİ.....                                               | viii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR.....                                        | ix   |
| GİRİŞ VE AMAÇ.....                                                  | 1    |
| GENEL BİLGİLER.....                                                 | 3    |
| 1.1 DUYUSAL SİSTEM .....                                            | 3    |
| 1.3. ELİN DUYULARI .....                                            | 5    |
| 1.4. MEKANORESEPTÖRLER.....                                         | 7    |
| 1.5 SOMATOSENSÖRİYEL DUYU İLETİM YOLLARI.....                       | 8    |
| 1.5.1 Funiculus Posterior–Lemniscus Medialis Yolu .....             | 10   |
| 1.6 İKİ NOKTA AYRIM DUYUSU (2ND) .....                              | 11   |
| 1.7 GİTAR VB. MÜZİK ALETİ ÇALANLARDA ELDE OLUŞAN DEĞİŞİKLİKLER..... | 12   |
| 1.8 İKİ NOKTA AYRIMI ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ.....                          | 12   |
| YÖNTEM.....                                                         | 14   |
| 2.1. 2ND DEĞERİNİN BELİRLENMESİ.....                                | 16   |
| 2.2. ÇALIŞMAYA DAHİL EDİLMEME KRİTERLERİ.....                       | 19   |
| 2.3 İSTATİSTİKSEL ANALİZ.....                                       | 20   |
| BULGULAR.....                                                       | 21   |
| 3.1 DEMOGRAFİK BULGULAR .....                                       | 21   |
| 3.2 SAĞ ELİN PALMAR YÜZÜNÜN 2ND BULGULARI .....                     | 22   |
| 3.3 SOL ELİN PALMAR YÜZÜNÜN 2ND BULGULARI .....                     | 24   |
| 3.4 KONTROL GRUBUNUN PARMak UÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI.....        | 27   |
| 3.5 DENEY GRUBUNUN PARMak UÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI.....          | 28   |
| TARTIŞMA .....                                                      | 30   |
| SONUÇ.....                                                          | 39   |
| KAYNAKÇA .....                                                      | 40   |
| EKLER .....                                                         | 46   |
| ÖZGEÇMİŞ .....                                                      | 48   |

## TABLÖLAR LİSTESİ

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tablo 1:</b> Her bir elin palmar yüzündeki 2ND' nin değerlendirildiği bölgeler.....   | 16 |
| <b>Tablo 2:</b> Katılımcıların Demografik Bulguları.....                                 | 21 |
| <b>Tablo 3:</b> Sağ elin palmar yüzünden ölçülen 2ND değerlerinin karşılaştırılması..... | 22 |
| <b>Tablo 4:</b> Sol elin palmar yüzünden ölçülen 2ND değerlerinin karşılaştırılması..... | 25 |
| <b>Tablo 5:</b> Kontrol Grubunda Her Bir Elin 2ND değerlerinin Karşılaştırılması.....    | 28 |
| <b>Tablo 6:</b> Deney Grubunda Her Bir Elin 2ND değerlerinin Karşılaştırılması.....      | 29 |

## ŞEKİLLER LİSTESİ

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 1:</b> Elin duyu innervasyonu.....                                                | 4  |
| <b>Şekil 2:</b> Deride bulunan reseptörler.....                                            | 6  |
| <b>Şekil 3:</b> 2Nd duyusunun iletim yolu.....                                             | 7  |
| <b>Şekil 4:</b> Somatosensöriyel sistemin mekanizması.....                                 | 8  |
| <b>Şekil 5:</b> Çalışma katılımcı formu.....                                               | 13 |
| <b>Şekil 6:</b> Sol elin işaret parmağının ucundan 2ND ölçümü.....                         | 16 |
| <b>Şekil 7:</b> Sağ ve sol elde ölçüm yapılan yerler.....                                  | 16 |
| <b>Şekil 8:</b> Dtools marka dijital kaliper cihazı.....                                   | 17 |
| <b>Şekil 9:</b> Çalışmaya katılanların akış diyagramı.....                                 | 18 |
| <b>Şekil 10:</b> Sağ elin palmar yüzünden yapılan ölçümlerde anlamlı bulunan bölgeler..... | 23 |
| <b>Şekil 11:</b> Sol elin palmar yüzünden yapılan ölçümlerde anlamlı bulunan bölgeler..... | 26 |

## SİMGELER VE KISALTMALAR

|     |                           |
|-----|---------------------------|
| 2ND | İki nokta diskriminasyonu |
| Rn  | sağ n. parmak             |
| Ln  | sol n. parmak             |
| vb  | ve benzeri                |
| vd  | ve diğerleri              |
| VKİ | vücut kitle indeksi       |
| BMI | body mass index           |
| GA  | güven aralığı             |
| SS  | standart sapma            |
| Kg  | kilogram                  |
| mm  | milimetre                 |
| P   | anlamlılık düzeyi         |
| SD  | standard deviation        |

## GİRİŞ VE AMAÇ

Somatosensoriyel sistem, dış çevreden gelen mekanik, termal ve kimyasal uyarıların algılanması ve merkezi sinir sistemine iletilmesiyle vücut ile çevresi arasındaki iletişimi sağlar (Schacter vd, 2013). Dış ortamdan gelen duyuusal bilgilerin algılanması, deride bulunan reseptörler aracılığıyla gerçekleşmektedir (Bear vd, 2020). Mekanoreseptörler; dokunma, basınç, titreşim ve iki nokta ayırım duyusu gibi çeşitli duyuusal özelliklerin algılanmasını sağlamaktadır (Johansson ve Vallbo, 1983). Özellikle elde ve parmak uçlarında yoğun olarak bulunan mekanoreseptörler, üst ekstremitenin işlevselliği ve ince motor aktivitelerde kritik rol üstlenmektedir (Abaira ve Ginty, 2013).

İki nokta ayırım duyusu (2ND) testi, cildin aynı anda iki farklı noktadan uyarılması durumunda, bu iki uyarının tek veya ayrı olarak algılanabilme mesafesinin ölçümüdür (Weinstein, 1968). Bu duyunun ölçülmesi, periferik sinirlerin fonksiyonel durumunun değerlendirilmesi ve klinik sinir lezyonlarının takibinde yaygın biçimde kullanılmaktadır (Novak, 2001). İki nokta ayırım testi; pratik, maliyeti düşük ve non-invaziv olması nedeniyle klinik ve araştırma ortamlarında sıklıkla tercih edilmektedir (Moberg, 1990).

Deri içerisindeki reseptör yoğunluğu ve tipine bağlı olarak, vücudun farklı bölgelerinde iki nokta ayırım mesafeleri değişiklik göstermektedir (Johansson ve Vallbo, 1979). Özellikle parmak uçlarında, yoğun innervasyon ve küçük reseptif alanlar sayesinde diğer vücut bölgelerine kıyasla daha düşük mesafelerle ayırım yapılabilir (Johnson, 2001). Parmak uçlarının duyu hassasiyeti, günlük yaşamsal aktiviteler ve mesleki uygulamalar açısından önemli bir parametre olup, bu duyunun değişkenliği farklı fiziksel ve çevresel faktörlerden etkilenebilmektedir (Shumway-Cook ve Woollacott, 2007).

Müzik aleti çalmak, ince motor beceri, propriosepsiyon ve dokunma duyusunun aktif kullanımını gerektiren bir aktivitedir (Pascual-Leone vd, 1995). Özellikle gitar ve bağlama gibi telli çalgıların uzun süreli icrasında, parmak uçları sürekli fiziksel temasa ve basınca maruz kalmaktadır (Brandfonbrener vd, 2003). Bu durum, ciltte keratinizasyon artışı ve mekanoreseptörlerin fonksiyonel yapısında değişikliklere yol açabilmektedir (Byl ve Hamati, 1996). Bununla birlikte Elbert vd. (1995) tarafından yapılan bir çalışmada, müzisyenlerde somatosensoriyel korteks organizasyonunda belirgin değişiklikler saptanmış ve uzun süreli müzik eğitiminin nöroplastisite üzerinde etkili olabileceği belirtilmiştir.

Müzik aleti çalan bireylerde, parmak uçlarındaki tekrarlayıcı temas ve basınca bağlı olarak iki nokta ayırım duyusunda değişiklikler olabileceği düşünülmektedir (Ragert vd, 2004). Schwenkreis vd. (2007) ise müzisyenlerde sensorimotor korteks plastisitesinin, duyu eşiklerinde farklılaşmaya neden olabileceğini bildirmiştir. Ancak bu konuda yürütülen çalışmalar sınırlı olup, özellikle gitar ve bağlama çalan bireylerdeki somatosensoriyel değişimlerin iki nokta ayırım duyusu üzerine etkisi yeterince araştırılmamıştır (Zeuner vd, 2002).

Bu bağlamda, uzun süredir gitar ve bağlama çalan konservatuvar öğrencileri ile herhangi bir müzik aleti çalmayan üniversite öğrencilerinin parmak uçlarından ölçülen iki nokta ayırım duyularının karşılaştırılması, müzik eğitiminin somatosensoriyel sistem üzerine olası etkilerini ortaya koyabilmek açısından önem taşımaktadır (Pantev vd, 2001).

Bu çalışmanın amacı, uzun süredir gitar ve bağlama çalan konservatuvar öğrencileri ile herhangi bir müzik aleti çalmayan üniversite öğrencilerinin el parmak uçlarından ölçülen statik iki nokta ayırım duyusu değerlerini karşılaştırarak, müzik aleti çalmanın somatosensoriyel duyu hassasiyeti üzerine olası etkilerini değerlendirmektir.

## GENEL BİLGİLER

### 1.1 DUYUSAL SİSTEM

Günlük yaşamın önemli bir kısmında rol oynayan duyuşal sistem çevresel uyarınları algılar ve organizmanın çevresiyle etkileşimde olmasını sağlar. (Bear vd, 2020). Dokunma duyusu, çevreden gelen bazı uyarıları algılaması ve işleme tabi tutması becerisiyle motor koordinasyon, nesneleri tanıma ve algılama, denge, doğru hareket etme gibi temel fonksiyonların yerine getirilmesine yardımcı olur (Schacter vd., 2013).

Duyusal sistemin önemli bir parçası olan mekanoreseptörler parmak uçlarında bulunur ve çevreden gelen bilgilerin ayrıntılı olarak alınmasında rol oynar (Johansson ve Vallbo, 1983) İnsan vücudunda özellikle de duyuşal sistemde ortaya çıkan ve spesifik olarak el ve parmak uçlarında oluşan bozukluklar, ince motor beceri gerektiren aktivitelerde zorluğa ve dokunma algısının zayıflamasına sebep olabilir (Gould vd., 2007).

Aynı zamanda duyuşal sistemde ortaya çıkan bozukluklar, motor fonksiyonların kontrolünde sıkıntılara sebep olarak düşme riskini artırırken bireyin yaşam kalitesini de düşürebilir (Shumway-Cook ve Woollacott, 2007). Bu duyuşal bozukluklar periferik sinir hasarı, karpal tünel sendromu, diyabetik nöropati gibi hastalık durumlarında sıkça karşımıza çıkmaktadır (Serarslan vd., 2008).

Somatosensöriyel sistem çevresel uyarınların algılanmasını sağlarken bir işlevi ortaya koyar. Bu işlev kas ve eklemlerden gelen duyuşal verilerin merkezi sinir sistemine iletilmesidir (Purves vd., 2001). Somatosensöriyel sistemde yer alan algılayıcılar basınç, dokunma ve titreşim (vibrasyon) gibi mekanik uyarınlara karşı yüksek algılama hassasiyetine sahiptir (Johnson, 2001). Bu algılayıcıların parmak uçlarında yoğunluğunun fazla olması dokunma duyusunun hassasiyetini artırır. Bu artışa sebep olan reseptörler ise Meissner cisimcikleri ve Merkel diskleridir (Craig ve Johnson, 2000). Mekanik uyarınlı sonucunda reseptörler tarafından alınan bilgi, periferik sinirlerden omurilik aracılığıyla talamusa, oradan da korteksteki ilgili alana iletilir (Schacter vd., 2013).

İki nokta ayırma testi (2ND) mekanik uyarınları algılayan reseptörlerin fonksiyonelliğini ve sinir iletim hızını değerlendirmek için yararlanılan ve standart kabul edilen duyuşal bir testtir (Dellon, 1981). 2ND testi periferik sinir yaralanmaları gibi klinik vakalarda hem tanı

koymak hem de vakayı takip etmek için yaygın olarak tercih edilen bir testtir (Gould vd., 2007). Bununla birlikte sinir sıkışmalarında (karpal tünel sendromu gibi), 2ND hassasiyetinin azalması başka bir deyişle 2ND ölçümünün uzaması tanı için dikkate alınan bir bulgudur (Serarslan vd., 2008). Girişimsel (invaziv) olmaması, maliyetinin düşük olması ve uygulanabilir bir yöntem olması 2ND testini klinikte tercih edilebilir yapmaktadır (Boesch vd., 2019). Modern cihazlar ve farklı protokoller geliştirilmişse de, temel prensipler evrensel olarak kabul görmeye devam etmektedir (Chassard vd., 1993).

2ND testi aynı zamanda hastaların rehabilitasyon sürecinin verimliliğini değerlendirmek için ve duyuşal fonksiyonlarının iyileşme durumunu takibe almak için de kullanılmaktadır (Mackinnon ve Dellon, 1985).

Hem basınç algısı ile cilt sertliği arasında, hem de iki nokta ayırımındaki etkin mekanizmalar ile cilt sertliği arasında ilişki olduğu literatürde araştırma konusu olmuştur (Dellon ES vd. 1995). Amerikan El Cerrahisi Derneği sunduğu öneri de cilt sertliğinin duyuşal testlerle ilişkili olabileceğine değinmiştir (Omer GE, 1983). 2ND'nin ölçüldüğü bir hastada hastanın mesleğine bağlı el duyarlılığının cilt yüzeyi sertliğine göre değişebileceği de bildirilmektedir. Sonuç olarak cilt sertliğinin 2ND ölçümünü etkilediği varsayılmaktadır (Dellon ES vd., 1995).

Uzun süreli müzik aleti kullanımı, el parmak uçlarında mekanik uyarılar nedeniyle yapısal ve fonksiyonel değişikliklere yol açabilmektedir (Elbert vd., 1995). Müzisyenlerde somatosensoriyel kortekste artmış plastisite ve parmak uçlarındaki mekanoreseptör yoğunluğunda değişiklikler rapor edilmiştir (Pantev vd., 2001). Ancak, parmak uçlarında oluşan kallus ve deri kalınlaşması gibi yapısal değişikliklerin, iki nokta ayırım duyuşunu olumsuz etkileyebileceği belirtilmektedir (Haines vd., 1988).

Bu çalışma, uzun süredir gitar ve bağlama çalan konservatuvar öğrencileri ile herhangi bir müzik aleti çalmayan üniversite öğrencilerinin el parmak uçlarından ölçülen iki nokta ayırım duyuşlarını karşılaştırmayı amaçlamaktadır. Böylece, müzik aleti kullanımı nedeniyle ortaya çıkabilecek duyuşal farklılıkların anatomik ve fizyolojik temelleri incelenecektir.

## **1.2. EL ANATOMİSİ**

El, karmaşık yapısı sayesinde çeşitli kavrama ve manipülasyon hareketlerinin gerçekleştirilmesine olanak sağlayan bir anatomik bölgedir (Standring, 2020). El, proksimalden distale doğru carpus (el bileği), metacarpus (el tarak kemikleri) ve phalanges

(parmak kemikleri) olmak üzere üç bölümde incelenmektedir (Moore vd., 2018). Carpus, sekiz küçük kemikten oluşur ve proksimal ile distal sıralar halinde düzenlenmiştir (Standring, 2020). Bu kemikler scaphoideum, lunatum, triquetrum, pisiform, trapezium, trapezoideum, capitatum ve hamatum olarak adlandırılmaktadır (Elsevier, 2005).

Metacarpus, beş adet metakarpal kemikten oluşur ve distalinde phalanges ile eklem yapmaktadır (Moore vd., 2018). Phalanges ise her elde toplam on dört adet olup, başparmakta iki, diğer parmaklarda üçer adet bulunur (Standring, 2020). El bileği ve elin kemik yapısı, eklemler, bağlar ve kaslar tarafından desteklenmektedir (Drake vd., 2015).

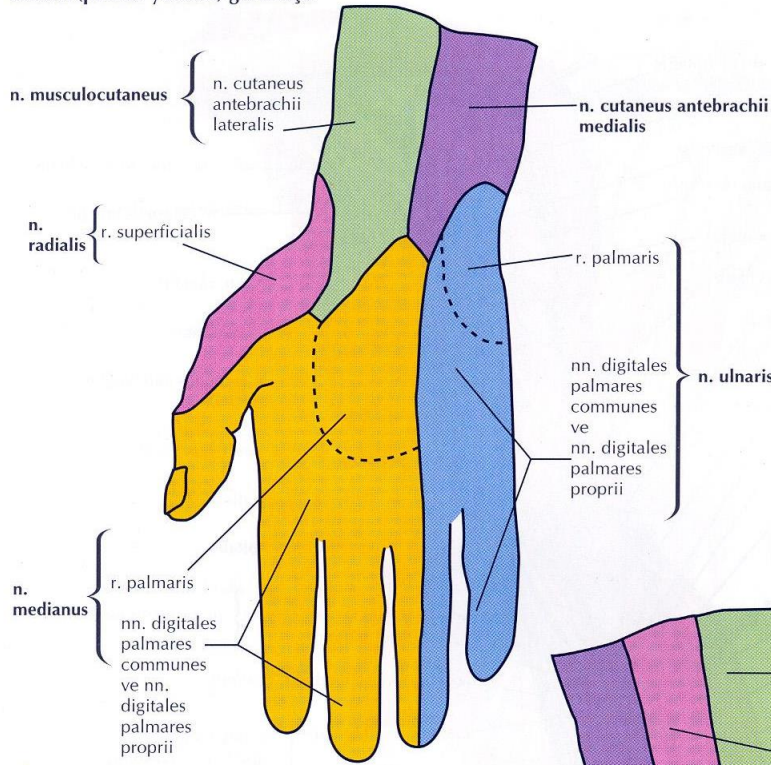
Elin inervasyonu ise median, ulnar ve radial sinirler tarafından sağlanmakta olup, hem motor hem de duyuşal lifler içermektedir (Purves vd., 2001). Median sinir, elin palmar yüzünün büyük bölümünü, ulnar sinir, elin medial kısmını ve radial sinir ise dorsal yüzünün duyuşunu sağlar (Standring, 2020).

Elin karmaşık anatomik yapısı, çevresel uyarılara hızlı cevap verebilme ve hassas hareketleri gerçekleştirme kapasitesine önemli katkı sağlamaktadır (Rosén vd., 2004).

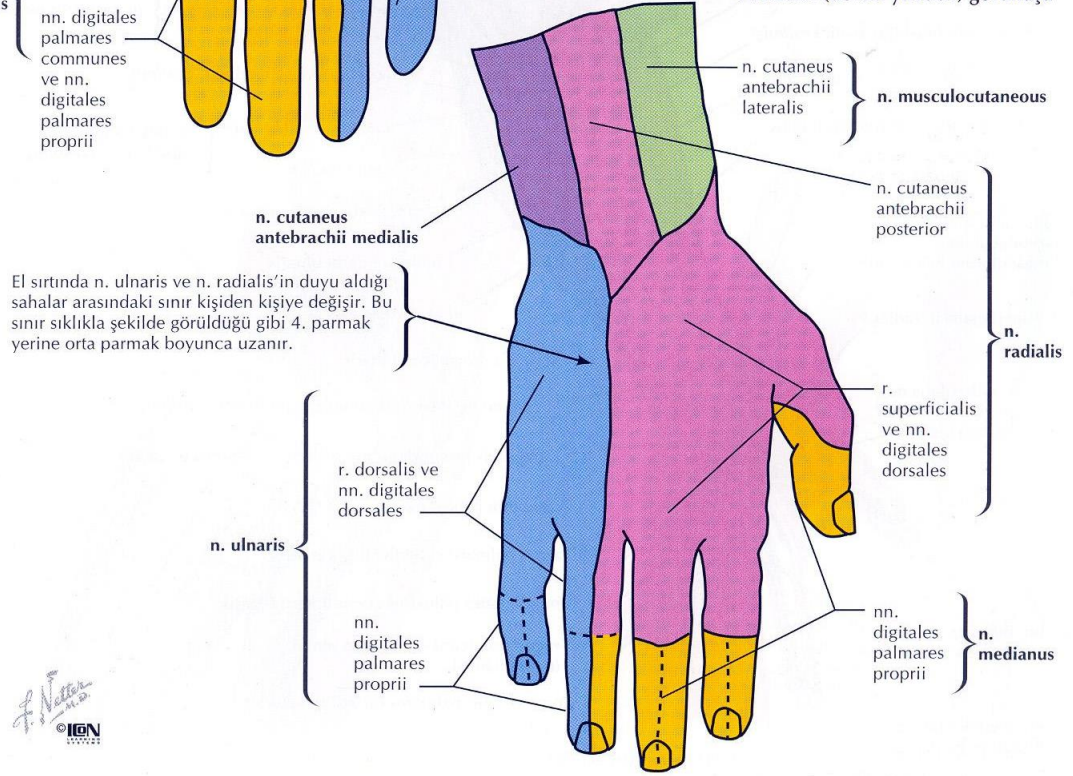
### **1.3. ELİN DUYULARI**

Deri, vücut yüzeyini kaplayan ve çevreden gelen çeşitli duyuşal uyarıları algılayan bir organdır (Standring, 2020). El bölgesi, vücudun en yoğun duyuşal innervasyona sahip bölgelerinden biridir ve bu nedenle çevresel uyarılara karşı oldukça hassastır (Rosén vd., 2004). Elin duyuşal innervasyonu; median sinir, ulnar sinir ve radial sinir tarafından sağlanmaktadır (Şekil 1) (Standring, 2020). Bu sinirler, farklı deri bölgelerine dağılarak dokunma, basınç, titreşim, sıcaklık ve ağrı gibi duyuşları merkezi sinir sistemine iletir (Purves vd., 2001).

**Önden (palmar yüzden) görünüşü**



**Arkadan (dorsal yüzden) görünüşü**



**Şekil 1. Elin duyu innervasyonu**

(Kaynak: Netter, F. H. (2019). Netter İnsan Anatomisi Atlası (7. Baskı). Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri. “El Bileği ve El Derisinin İnnervasyonu” (Şekil 441))

El derisi içerisinde mekanoreseptörler, termoreseptörler ve nosiseptörler gibi farklı tipte duyuşal reseptörler bulunmaktadır (Schacter vd., 2013). Mekanoreseptörler; Merkel diskleri, Meissner cisimcikleri, Ruffini uç organları ve Pacini cisimcikleri olarak sınıflandırılmakta

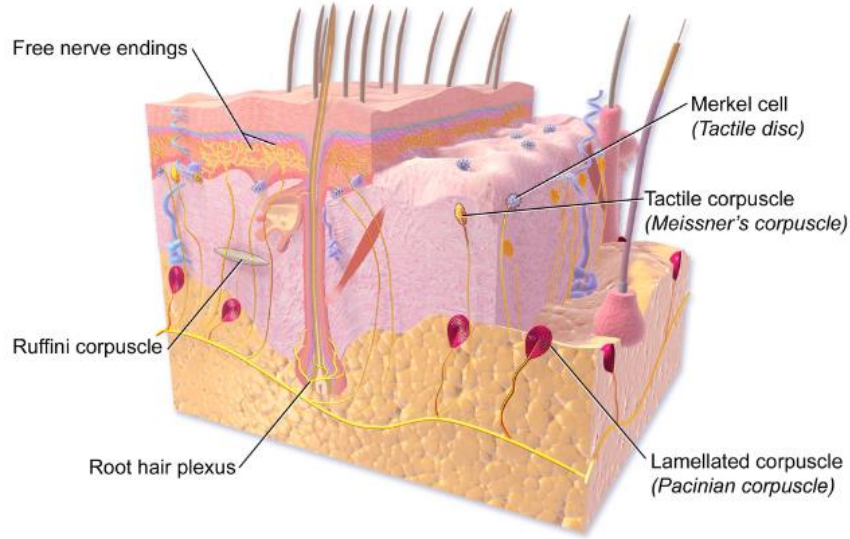
ve dokunma ile basınç duyularını algılamaktadır (Johnson, 2001). Bu reseptörler, derideki yerleşim derinliklerine ve adaptasyon hızlarına göre farklı özelliklere sahiptir (Abraira ve Ginty, 2013).

El bölgesi, iki nokta ayırım duyusu bakımından vücudun en hassas bölgelerinden biridir (Johansson ve Vallbo, 1979). İki nokta ayırım duyusu, deriye temas eden iki farklı noktanın, kişi tarafından ayrı uyaranlar olarak algılanabilme kapasitesini ifade etmektedir (Weinstein, 1968). Bu duyunun değerlendirilmesi, periferik sinir fonksiyonunun ve mekanoreseptör yoğunluğunun belirlenmesinde önem taşımaktadır (Dellon, 1981).

Elin palmar yüzü, özellikle parmak uçları, yüksek mekanoreseptör yoğunluğu sayesinde ince dokunma ve diskriminatif duyunun sağlanmasında görev almaktadır (Cauna, 1954). Bu bölgedeki reseptör yoğunluğu, özellikle hassas motor beceriler ve çevresel uyaranlara karşı adaptasyon açısından önemlidir (Johnson vd., 2000). Elin duyu özellikleri, günlük yaşam aktivitelerinde ve mesleki işlevlerde kritik bir rol oynamaktadır (Rosén vd., 2004).

#### **1.4. MEKANORESEPTÖRLER**

Mekanoreseptörler, dokunma, basınç, titreşim ve deri gerilimi gibi mekanik uyarıları algılayan özel duyu reseptörleridir (Schacter vd., 2013). İnsan derisinde farklı türlerde mekanoreseptörler bulunmaktadır ve bunlar fonksiyonel özelliklerine göre sınıflandırılır (Johnson, 2001). Başlıca dört tip mekanoreseptör; Merkel diskleri, Meissner cisimcikleri, Ruffini sonlanmaları ve Pacini cisimcikleridir (Şekil 2) (Abraira ve Ginty, 2013). Merkel diskleri, yavaş adaptasyon gösteren reseptörlerdir ve özellikle ince dokunma ve yüzey dokusu algısında görev alır (Johnson, 2001). Bu reseptörler özellikle parmak uçlarında yüksek yoğunlukta bulunur ve dokunma şekli, sertliği gibi detayların algılanmasında önemlidir (Cauna, 1954). Meissner cisimcikleri ise hızlı adaptasyon gösterir ve titreşimlere karşı duyarlıdır; özellikle hafif dokunuş ve hareketli uyaranların algılanmasında rol oynar (Johansson ve Vallbo, 1979). Ruffini sonlanmaları, deri gerilimini algılayan yavaş adaptasyonlu mekanoreseptörlerdir ve el hareketlerinin kontrolünde önemli rol oynar (Johnson, 2001). Pacini cisimcikleri ise derin dokularda yer alır, hızlı adaptasyon gösterir ve yüksek frekanslı titreşimlerin algılanmasında görev yapar (Abraira ve Ginty, 2013).



Şekil 2. Deride bulunan reseptörler

(Kaynak: [https://en.wikiversity.org/wiki/WikiJournal\\_of\\_Medicine/Medical\\_gallery\\_of\\_Blausen\\_Medical\\_2014#/media/File:Blausen\\_0809\\_Skin\\_TactileReceptors.png](https://en.wikiversity.org/wiki/WikiJournal_of_Medicine/Medical_gallery_of_Blausen_Medical_2014#/media/File:Blausen_0809_Skin_TactileReceptors.png) / Erişim Tarihi: 02.06.2025)

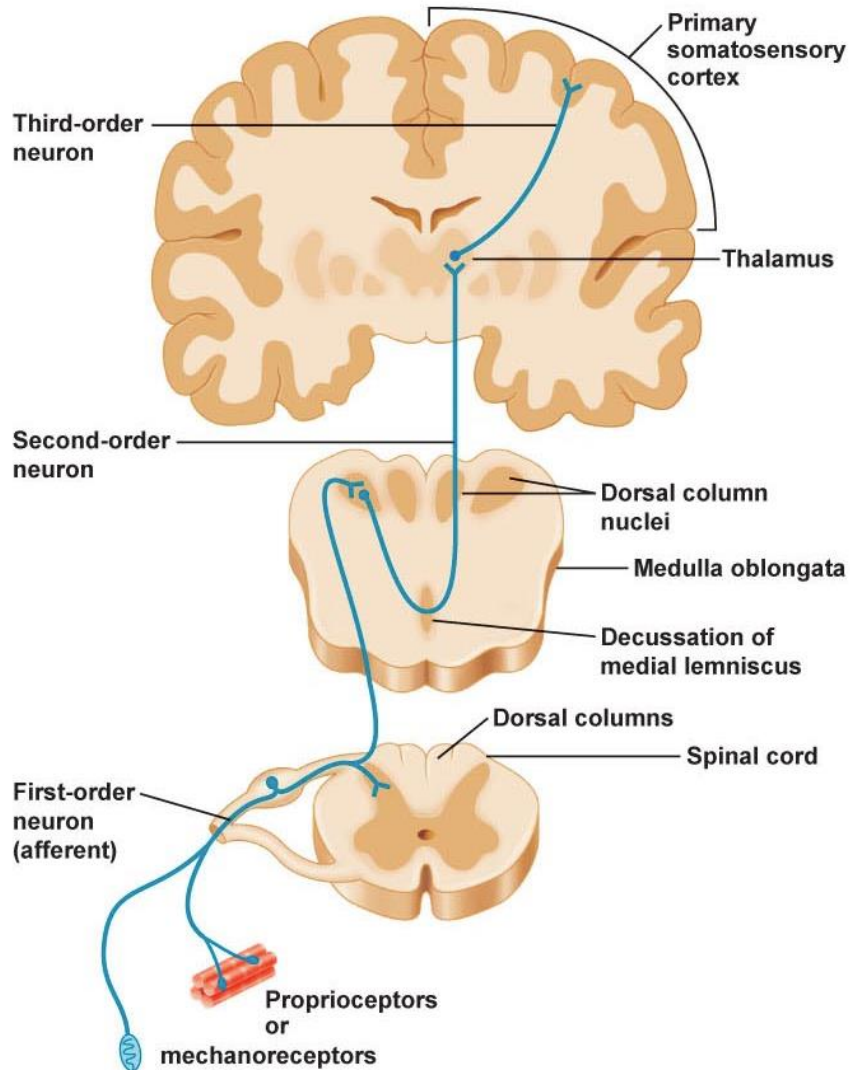
Bu mekanoreseptörlerin dağılımı, deri yüzeyine ve derinliğine göre değişiklik gösterir; özellikle parmak uçları gibi hassas bölgelerde yoğunlukları daha fazladır (Johansson ve Vallbo, 1979). Mekanoreseptörler aracılığıyla iletilen uyarılar, sinir lifleri vasıtasıyla merkezi sinir sistemine taşınır ve burada dokunma duyusunun ayrıntılı algılanması sağlanır (Purves vd., 2001). Mekanoreseptörlerin işlevselliği, periferik sinir yaralanmaları, nöropatiler ve bazı dejeneratif hastalıklarda bozulabilir; bu nedenle klinik değerlendirmelerde önem taşır (Rosén vd., 2004).

## 1.5 SOMATOSENSÖRİYEL DUYU İLETİM YOLLARI

Somatosensöriyel sistem, deri, kas, tendon ve eklemlerden gelen dokunma, basınç, titreşim, proprioepsiyon, ağrı ve sıcaklık duyularını merkezi sinir sistemine ileten duyu yollarından oluşur (Schacter vd., 2013). Bu duyular, başlıca iki yol ile beyne taşınır: dorsal kolon-medial lemniskus yolu ve anterolateral (spinal talamik) yol (Purves vd., 2001).

Dorsal kolon-medial lemniskus sistemi; hafif dokunma, titreşim, basınç, iki nokta ayrımı ve proprioseptif duyuları taşır (Şekil 3) (Snell, 2010). Periferik sinirlerden omurilik dorsal

kolonlarına giren lifler, medulla oblongata'da nöron değiştirerek medial lemniskus aracılığıyla talamusa, oradan da somatosensör kortekse iletilir (Strandring, 2020).



Şekil 3. 2ND duyusunun iletim yolu

(Kaynak: [https://ddxof.com/weakness/dorsal\\_column/](https://ddxof.com/weakness/dorsal_column/) Erişim Tarihi: 02.06.2025)

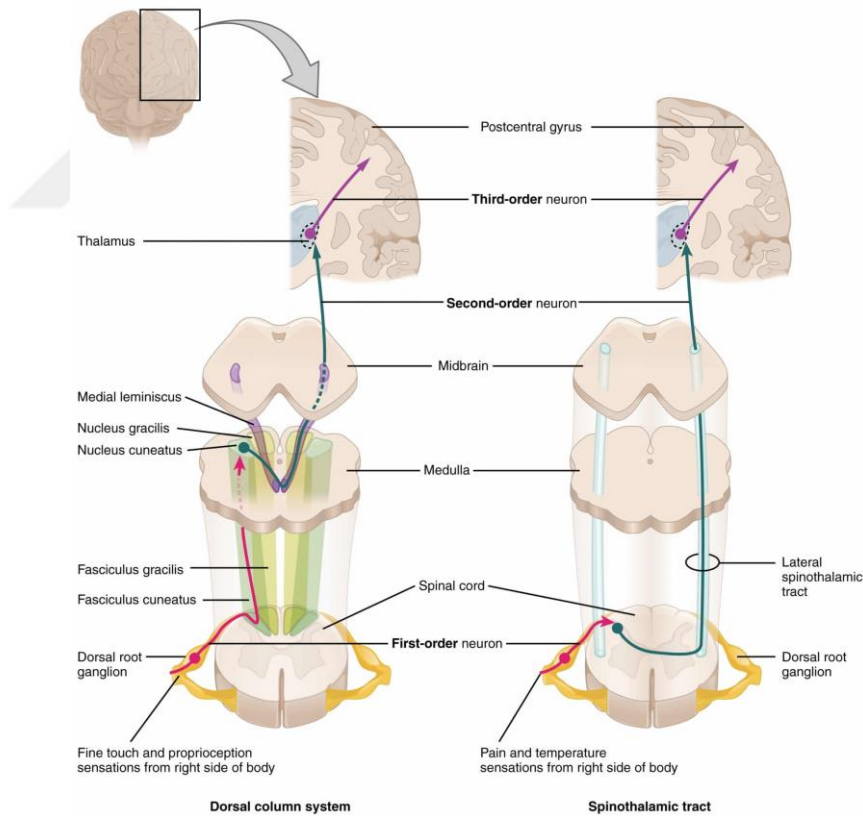
Anterolateral sistem ise ağrı, sıcaklık ve kaba dokunma duyularını taşır (Schacter vd., 2013). Bu lifler omurilik arka boynuzunda çapraz yaparak karşı tarafta yükselir ve talamusa ulaştıktan sonra somatosensör kortekste sonlanır (Purves vd., 2001).

### 1.5.1 Funiculus Posterior–Lemniscus Medialis Yolu

Funiculus posterior-lemniscus medialis yolu, somatosensöriyel sistemin epikritik duyuları ileten önemli bir afferent yoludur (Şekil 4) (Snell, 2010). Bu sistem; hafif dokunma, titreşim, iki nokta ayırımı ve propriosepsiyon duyularını taşır (Schacter vd., 2013).

Periferik sinirlerden çıkan birinci nöron lifleri, omurilik arka kordonunda (funiculus posterior) fasciculus gracilis ve fasciculus cuneatus yoluyla yukarı doğru ilerler (Standring, 2020). Alt ekstremité ve gövde alt yarısından gelen lifler fasciculus gracilis, üst ekstremité ve gövde üst yarısından gelen lifler ise fasciculus cuneatus içinde seyrederek (Purves vd., 2001).

Bu lifler, medulla oblongata'da nucleus gracilis ve nucleus cuneatus'ta sonlanarak ikinci nöronlara aktarılır (Snell, 2010). İkinci nöronlar burada çapraz yaparak medial lemniscus'u oluşturur ve talamusun ventral posterolateral (VPL) çekirdeğine ulaşır (Şekil 4) (Schacter vd., 2013).



Şekil 4. Somatosensöriyel sistemin mekanizması

(Kaynak: Merkezi Sinir Sisteminin Yükselen Yolları | Geeky Doktorlar / Erişim Tarihi: 02.06.2025)

Talamusta üçüncü nöronlara geçen impulslar, somatosensör korteksin postcentral girusundaki ilgili bölgelere iletilir (Standring, 2020). Bu yol, dokunsal ve proprioseptif duyuların hızlı ve doğru iletiminde kritik rol oynar (Purves vd., 2001).

## **1.6 İKİ NOKTA AYRIM DUYUSU (2ND)**

Deri, çevreden gelen mekanik uyarıları algılayabilen farklı reseptörlerle donatılmıştır ve bu reseptörlerin yoğunluğu, vücut yüzeyinde bölgeden bölgeye değişiklik göstermektedir (Schacter vd, 2013). Duyusal reseptörlerin yoğun olduğu bölgelerde, iki ayrı noktanın birbirinden ayırt edilmesi daha kolay olmaktadır (Weinstein, 1968). Bu nedenle parmak uçları, dudaklar ve dil gibi bölgeler vücudun en hassas duyu alanları arasında yer almaktadır (Johansson ve Vallbo, 1979).

İki nokta ayırma duyu (two-point discrimination, 2PD), deri yüzeyine temas eden iki noktanın ayrı uyarılar olarak algılanabilmesi için gerekli olan en kısa mesafenin ölçülmesiyle değerlendirilen bir somatik duyu testidir (Dellon, 1981). Bu test, periferik sinir fonksiyonlarının değerlendirilmesi ve sinir hasarlarının tanısında sıkça kullanılmaktadır (Rosén vd., 2004). Statik ve dinamik olmak üzere iki farklı şekilde uygulanabilen bu testte, statik yöntem sabit iki uyarıcı noktanın aynı anda deriye temas ettirilmesiyle, dinamik yöntem ise uyarıcıların deri boyunca hareket ettirilmesiyle gerçekleştirilir (Dellon, 1978).

İki nokta ayırma duyu, mekanoreseptör yoğunluğu, sinir liflerinin iletim kapasitesi ve santral sinir sisteminin kortikal temsil alanları ile doğrudan ilişkilidir (Johnson ve Phillips, 1981). Mekanoreseptörlerin yoğun olduğu bölgelerde iki nokta ayırma eşikleri düşük, yoğunluğun azaldığı bölgelerde ise yüksektir (Abraira ve Ginty, 2013). Özellikle Meissner ve Merkel mekanoreseptörleri, 2ND duyusunda önemli rol oynamaktadır (Cauna, 1954).

Klinik uygulamalarda 2ND testi, karpal tünel sendromu, sinir kesileri ve nöropati gibi durumların değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (MacKinnon ve Dellon, 2007). Ayrıca sinir cerrahisi sonrası iyileşmenin takibi ve rehabilitasyon sürecinde duyu fonksiyonlarının izlenmesi açısından da önemlidir (Rosén vd., 2004). İki nokta ayırma duyu, yaş, cinsiyet, deri kalınlığı ve çevresel faktörler gibi değişkenlerden de etkilenmektedir (Weinstein, 1968).

## 1.7 GİTAR VB. MÜZİK ALETİ ÇALANLARDA ELDE OLUŞAN DEĞİŞİKLİKLER

Uzun süreli müzik aleti kullanımı, özellikle gitar ve benzeri telli enstrümanlarda parmak uçlarında duyuşal ve motor fonksiyonlarda değışikliklere neden olmaktadır (Ragert vd., 2004). Bu değışiklikler, tekrarlayan hassas hareketlerin sinir sisteminde ve periferik dokularda uyum ve plastisiteye yol açması sonucu oluşmaktadır (Elbert vd., 1995).

Müzik aleti çalan bireylerin parmak uçlarındaki mekanoreseptör yoğunluğu ve hassasiyeti, müzik eğitimi almayan bireylere göre artış gösterebilmektedir (Pantev vd., 1998). Bu durum, iki nokta ayırımı duyusu gibi somatosensörük fonksiyonlarda gelişmeye yol açmakta ve müzik eğitimi alanlarda daha iyi dokunsal algılamaya neden olmaktadır (Schwenkreis vd., 2007).

Bununla birlikte, uzun süreli basınç ve tekrarlayan hareketler, parmak uçlarında deri kalınlaşması, tırnak deformiteleri ve bazen duyuşal tahribata yol açabilmektedir (Chan vd., 2014). Özellikle telli enstrümanların tellerinin oluşturduğu mekanik baskı, parmak uçlarındaki deri yapısında adaptif değışikliklere neden olurken, sinir uçlarında da fonksiyonel değışimler görülebilmektedir (Zeuner vd., 2002).

Müzik aleti çalanlarda elde gözlenen bu duyuşal değışiklikler, sinir iletim hızında artış, periferik sinirlerin yeniden düzenlenmesi ve kortikal somatotopik haritalarda plastisite ile ilişkilidir (Pascual-Leone vd., 1995). Bu adaptasyonlar, özellikle hassas ve hızlı parmak hareketleri gerektiren enstrümanlarda daha belirgindir (Elbert vd., 1995).

Ancak, aşırı kullanım durumlarında sinir sıkışması ve tendinit gibi overuse sendromları gelişebilir; bu durumlar parmaklarda duyuşal kayıplara ve fonksiyonel bozukluklara yol açabilir (Nakano, 1991). Bu nedenle, müzik eğitimi sırasında ergonomik önlemler ve uygun dinlenme süreleri önem taşımaktadır (Brandfonbrener vd., 2003).

## 1.8 İKİ NOKTA AYRIMI ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

İki nokta ayırımı testi (2ND), deri üzerindeki iki ayrı noktanın algılanabilme mesafesini değerlendiren temel somatosensörük muayene yöntemidir (Dellon, 1978). Bu test, özellikle periferik sinir hasarlarının ve somatosensör korteks fonksiyonlarının değerlendirilmesinde sıkça kullanılır (Moberg, 1990).

Test, klasik olarak esthesiometer, kaliper ya da özel iki uçlu diskriminatör cihazları ile yapılır (Bell-Krotoski ve Tomancik, 1987). Cihazın uçları, cilt üzerine birbirine paralel ve eşit

kuvvetle temas ettirilerek uygulanan iki uyarının, tek veya çift olarak algılanıp algılanmadığı kaydedilir (MacKinnon ve Dellon, 2007).

İki nokta ayrımı testi, statik ve dinamik olmak üzere iki farklı şekilde uygulanabilir (Jerosch-Herold, 2000). Statik testte, iki uçlu uyarıcı cilt üzerine hareketsiz şekilde temas ettirilirken, dinamik testte uçlar cilt üzerinde kaydırılır (Dellon, 1978).

En sık kullanılan bölgeler el parmak uçları, avuç içi ve ayak tabanı olup, parmak uçları en yüksek duyuşal çözünürlüğe sahip bölgelerdir (Weinstein, 1968). Normal popülasyonda iki nokta ayrımı mesafesi, parmak uçlarında yaklaşık 2-5 mm, avuç içinde 8-12 mm, sırt ve uyluk gibi alanlarda ise 30-40 mm'dir (Weinstein, 1968).

Özellikle el cerrahisi, nöroloji ve fizik tedavi-rehabilitasyon alanlarında, iki nokta ayrımı testi, periferik sinir yaralanmaları sonrası duyuşal iyileşmenin izlenmesinde önemli bir değerlendirme aracıdır (MacKinnon ve Dellon, 2007).

## YÖNTEM

Bu çalışma, Mart 2025- Mayıs 2025 tarihleri arasında Sakarya Üniversitesi Devlet Konservatuvarında gerçekleştirildi. Önceden hazırlanmış ayrıntılı onam formları nörolojik yönden normal olan konservatuvar öğrencilerinden topladığımız tüm katılımcılara okutuldu ve imzalatılarak onamlar alındı. Çalışmamıza katılan öğrencilerin isimleri, yaş, cinsiyet, boy, kilo, vki, kullandıkları enstrüman, notalara basarken hangi eli tercih ettikleri, kaç senedir gitar veya bağlama çaldıkları, kaçınıcı sınıf oldukları yazıldı (Şekil 5). Ölçümlere başlanmadan önce çalışmaya dahil edilmeme kriterleri katılımcıya belirtildi.

Katılımcının yapılacak olan işlem hakkında soru işareti olup olmadığı soruldu. Katılımcının soru işaretleri giderildikten sonra ölçümün nasıl uygulanacağı gözleri açık bir şekilde gösterildikten sonra gözlerini kapatması istendi. Çalgı çalan öğrenciler ile yapılan ölçümlerde sıkılmaması ve ölçümlerin veriminin düşmemesi için hafif tonda müzik eşliğinde ölçümlere başlandı. Ölçümler için 0,01 mm hassasiyete sahip dijital kaliper (DTools) kullanıldı. Her iki elden tüm parmakların uçları ve orta boğumlarından 2ND duyuları ölçüldü (Şekil 6). Ayrıca her parmak ucu için hiperkeratoz varlığı, araştırmacı tarafından ölçüm kağıtlarına kaydedildi.

Ölçüme klavye elin (notalara basarken kullanılan el) 2. parmak orta boğumundan başlandı, daha sonra sırasıyla diğer orta boğumlar ve parmak uçları ölçüldü ve yine aynı elin 5. parmağının parmak ucunda sonlandırıldı. Klavye eldeki ölçümler tamamlandıktan sonra aynı şekilde diğer eldeki ölçümler yapıldı (Şekil 7). Ölçümlerin sırası Tablo 1’de gösterilmiştir.

Hem sağ hem de sol elin palmar yüzünde önceden belirlenmiş olan 9 bölgede (Şekil 7) Wayne State Üniversitesi Somatosensöriyel Muayene ve Değerlendirme Kılavuzuna göre 2ND değerlerinin ölçümü yapıldı. Elde edilen ölçüm verilerinin grup, taraf, cinsiyet, yaş, boy, kilo açısından farklılık gösterip göstermediği IBM SPSS İstatistik sürüm 22 yazılımı kullanılarak istatistiksel olarak analiz edilmiştir.

SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ BİLİMSEL ÇALIŞMA KATILIMCI FORMU

|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| AD SOYAD                              |  |
| YAŞ                                   |  |
| CİNSİYET                              |  |
| BOY                                   |  |
| KİLO                                  |  |
| VKİ                                   |  |
| DOMİNANT EL                           |  |
| ÇALGI TÜRÜ<br>(gitar / bağlama / yok) |  |
| SINIF                                 |  |
| KAÇ SENEDİR (miktar)                  |  |
| TELEFON                               |  |

| SAĞ EL PALMAR YÜZÜ  |           |           |           |           |           |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                     | 1. parmak | 2. parmak | 3. parmak | 4. parmak | 5. parmak |
| proksimal boğum (a) | -----     | -----     | -----     | -----     | -----     |
| orta boğum (b)      | -----     |           |           |           |           |
| distal boğum (c)    |           |           |           |           |           |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| Tenar Bölge     | ----- |
| Hipotenar Bölge | ----- |
| Median Bölge    | ----- |

| SOL EL PALMAR YÜZÜ  |           |           |           |           |           |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                     | 1. parmak | 2. parmak | 3. parmak | 4. parmak | 5. parmak |
| proksimal boğum (a) | -----     | -----     | -----     | -----     | -----     |
| orta boğum (b)      | -----     |           |           |           |           |
| distal boğum (c)    |           |           |           |           |           |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| Tenar Bölge     | ----- |
| Hipotenar Bölge | ----- |
| Median Bölge    | ----- |

Şekil 5. Çalışma Katılımcı Formu

## 2.1. 2ND DEĞERİNİN BELİRLENMESİ

2ND değerleri, Wayne State Üniversitesi Somatosensöriyel Muayene ve Değerlendirme Kılavuzu (Somatosensory Examination and Evaluation Study Guide) esas alınarak tespit edilmiştir (kaynak: Somatosensory examination).

### Test işlemi

1. İşlemi hastaya gözleri açık olarak açıklayın. Örneğin, “Bu aletle kollarınızın (veya vücudunuzun diğer kısımlarının) çeşitli yerlerine dokunacağım. Sana bir ya da iki noktayla dokunacağım ve dokunuşu hissettiğinde bir ya da iki nokta hissedip hissetmediğini bana söylemenizi istiyorum.”
2. Hasta işlemi anlayana kadar işlemi hastanın gözleri açık olarak gösterin
3. Hasta gözlerini kapatır veya katılımcı gözlerini kapatmak istemezse gözlerle değerlendirme alanı arasına engel konur
4. Teste, test edilen vücut parçası için ortalama değerden daha büyük açılan esteziometre noktaları ile başlayın
5. İki noktaya hafif ve eşit basınç uygulayarak uyarıyı sağlayın
6. Hastanın bir veya iki nokta hissedip hissetmediğini belirlemesini sağlayın
7. Hasta iki noktayı ayrı olarak ayırt edemeyecek duruma gelene kadar ardışık denemelerde iki noktayı birbirine yaklaştırın
8. Esteziometre cetvelini kullanarak iki nokta arasındaki mesafeyi ölçün
9. Şüpheli alanlarda tekrarlayın ve ölçümleri kaydedin

$VKİ \text{ (BMI, kg/m}^2\text{)} = \text{Kişinin ağırlığı (kg)} / [\text{Kişinin boyunun metre cinsinden karesi}]$

Vücut kitle indeksi (BMI), Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezi (CDC)’ nin tanımlaması baz alınarak belirlenmiştir (kaynak: CDC).

Tablo 1

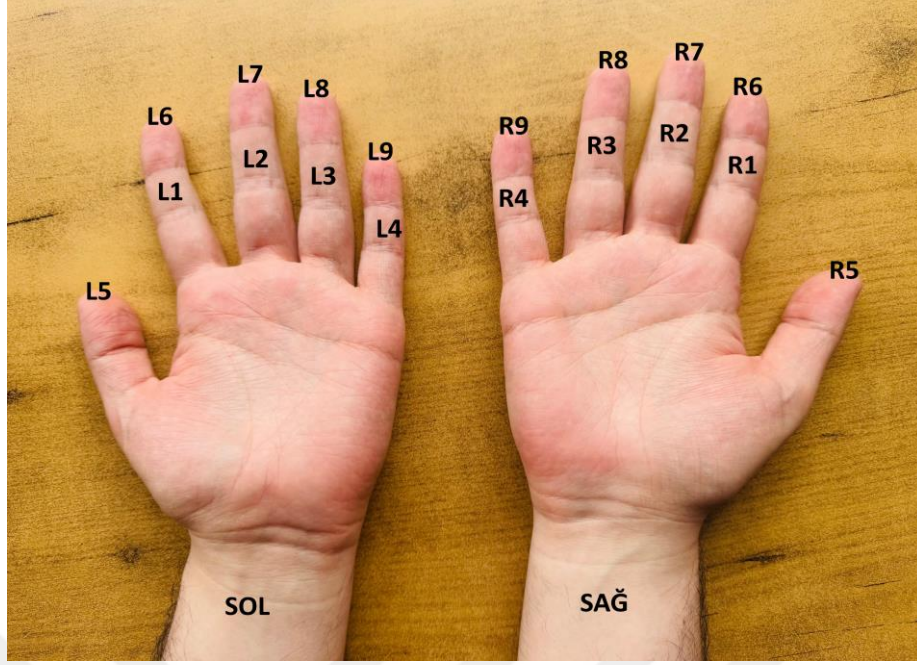
*Her bir elin palmar yüzündeki 2ND' nin değerlendirildiği bölgeler*

| Parametre |        | Tanım                          |
|-----------|--------|--------------------------------|
| Sağ el    | Sol el |                                |
| R1        | L1     | 2. el parmağının orta falanksı |
| R2        | L2     | 3. el parmağının orta falanksı |
| R3        | L3     | 4. el parmağının orta falanksı |
| R4        | L4     | 5. el parmağının orta falanksı |
| R5        | L5     | 1. el parmağının ucu           |
| R6        | L6     | 2. el parmağının ucu           |
| R7        | L7     | 3. el parmağının ucu           |
| R8        | L8     | 4. el parmağının ucu           |
| R9        | L9     | 5. el parmağının ucu           |

R; sağ el, L; sol elde bulunan bölgeleri temsil etmektedir.



Şekil 6. Sol elin işaret parmağının ucundan 2ND ölçümü



Şekil 7. Sağ ve sol elde ölçüm yapılan yerler

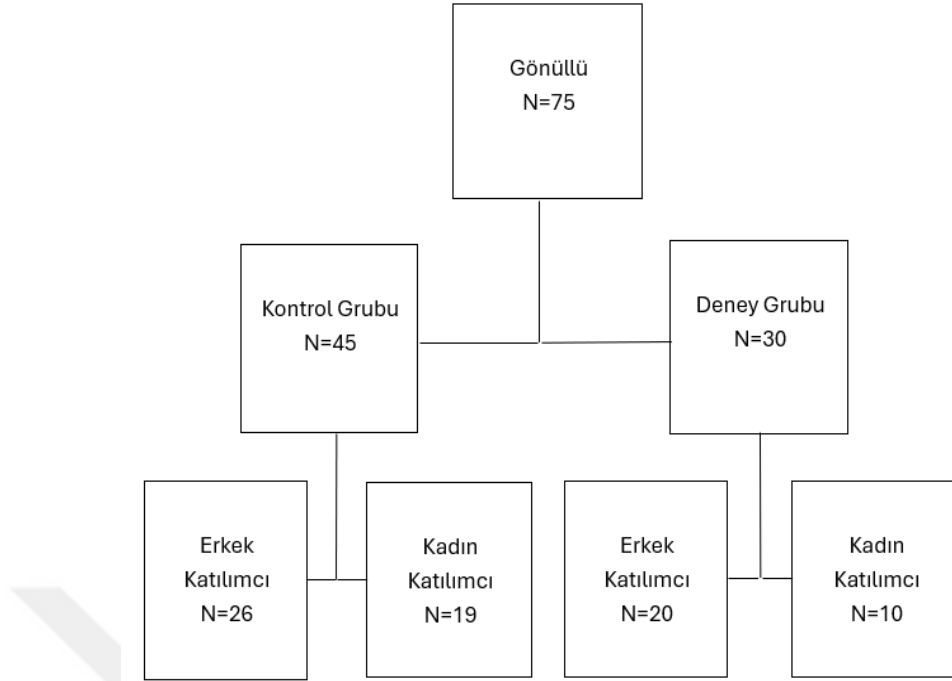
Çalışmada, 0,01 mm hassasiyetle ölçüm yapabilen Dtools marka elektronik dijital kaliper kullanıldı (Şekil 8).



Şekil 8. Dtools marka dijital kaliper cihazı

Çalışmaya gönüllü olan, 18-30 yaşlarında 30 deney grubu ve 45 kontrol grubu olmak üzere toplam 75 sağlıklı birey dahil edildi (Şekil 9).

Çalışmaya katılan 75 gönüllünün 30'u konservatuvar öğrencisi, 45'i herhangi bir müzik aleti çalmayan üniversite öğrencilerinden oluşmaktadır.



Şekil 9. Çalışmaya katılanların akış diyagramı

## 2.2. ÇALIŞMAYA DAHİL EDİLMEME KRİTERLERİ

Çalışmaya dahil edilmeme kriterleri aşağıda yer almaktadır (Yardımcı C., 2023):

1. Mevcut veya geçirilmiş periferik veya santral sinir sistemi hastalığının varlığı
2. Ağır işlerde çalışarak parmak epidermisinde keratinizasyon artışı olanlar
3. Diabetes mellitus, hipo-hipertiroidi, böbrek hastalığı gibi sistemik hastalığı olanlar
4. Sistemik kollajen doku hastalığı olanlar
5. Üst ekstremitte cerrahisi geçiren bireyler
6. Üst ekstremiteyi tutan dermatolojik hastalığı olanlar
7. Servikal bölgede intervertebral disk hernisi olanlar
8. Servikal vertebra cerrahisi geçirmiş olanlar
9. Cilt hastalığı olanlar
10. Bağışıklık bozuklukları olanlar
11. Malabsorpsiyon sendromları olanlar
12. İlaç tedavisi (örn. izoniazid veya vinkristin kullanımı) alanlar
13. Periferik damar hastalığı mevcudiyeti
14. Çalışmaya oryante olamayıp, “bir” veya “iki” yanıtından farklı yanıt verenler

### 2.3 İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Bu çalışmadaki analizler Windows 10 işlemci ve IBM SPSS İstatistik sürüm 22 aracılığıyla gerçekleştirildi.

Değişkenleri karşılaştırırken, önce verilerin dağılımı incelendi. İki bağımsız grubu normal dağılımla karşılaştırmak için bağımsız örneklem t testleri kullanıldı ve normal dağılıma sahip eşleştirilmiş gruplar için Mann-Whitney U testi kullanıldı. Varyansların homojenliğini değerlendirmek için Levene testi uygulandı. İki bağımsız grup arasındaki kategorik değişkenleri karşılaştırmak için Ki-kare testleri ve Fisher testleri kullanıldı. Normal dağılımlı sayısal değişkenler arasındaki korelasyonları incelemek için Pearson korelasyonu kullanılırken, en az bir değişken normal dağılıma uymadığında Spearman korelasyonu kullanıldı. Çalışma için  $p < 0,05$ 'lik bir önem düzeyi dikkate alındı. Ek olarak, güven aralığı (GA) %95 olarak belirlendi.

## BULGULAR

### 3.1 DEMOGRAFİK BULGULAR

Çalışmaya gönüllü olan, 18-30 yaşlarında 45 kontrol grubu (19 kadın, 26 erkek) ve 30 deney grubu (10 kadın, 20 erkek) olmak üzere toplam 75 sağlıklı birey dahil edildi.

Katılımcıların 'yaş' ları kontrol grubunda  $21,33 \pm 2,35$  (ortalama $\pm$ SS); deney grubunda  $22,73 \pm 4,56$  (ortalama $\pm$ SS) idi (Tablo 2)

Katılımcıların 'boy' ları kontrol grubunda  $1,70 \pm 0,10$  (ortalama $\pm$ SS); deney grubunda  $1,73 \pm 0,08$  (ortalama $\pm$ SS) metre idi (Tablo 2)

Katılımcıların 'kilo' ları kontrol grubunda  $69,73 \pm 16,10$  (ortalama $\pm$ SS); deney grubunda  $68,73 \pm 12,80$  (ortalama $\pm$ SS) kg idi (Tablo 2)

Gönüllülerin BMI' sı kontrol grubunda  $23,64 \pm 3,73$  (ortalama $\pm$ SS); deney grubunda  $22,55 \pm 3,00$  (ortalama $\pm$ SS) kg/m<sup>2</sup> olarak saptandı (Tablo 2).

Tablo 2

*Katılımcıların Demografik Bulguları*

| Parametre | Kontrol (ortalama $\pm$ SS) | Deney (ortalama $\pm$ SS) |
|-----------|-----------------------------|---------------------------|
| Yaş       | $21,33 \pm 2,35$            | $22,73 \pm 4,56$          |
| Boy       | $1,70 \pm 0,10$             | $1,73 \pm 0,08$           |
| Kilo      | $69,73 \pm 16,10$           | $68,73 \pm 12,80$         |
| BMI       | $23,64 \pm 3,73$            | $22,55 \pm 3,00$          |

### 3.2 SAĞ ELİN PALMAR YÜZÜNÜN 2ND BULGULARI

Kontrol ve deney gruplarının sağ elleri 2ND açısından karşılaştırıldığında elin belli bölgelerinde anlamlı farklar ortaya çıkmıştır (Şekil 10, Tablo 3). Bu bölgeler R1, R2, R3, R4, R7, R9 olarak ifade ettiğimiz bölgelerdir (Şekil 3).

Tablo 3

*Sağ elin palmar yüzünden ölçülen 2ND değerlerinin karşılaştırılması*

| Parametre | Ortalama  |           | Ortalamalar arası fark | %95 Güven aralığı |           | p       |
|-----------|-----------|-----------|------------------------|-------------------|-----------|---------|
|           | Kontrol   | Deney     |                        | Alt sınır         | Üst sınır |         |
| <b>R1</b> | 3,00±0,69 | 3,56±1,47 | 0,56                   | -1,06             | -0,05     | 0,03*   |
| <b>R2</b> | 2,92±0,86 | 3,62±1,36 | 0,69                   | -1,21             | -0,18     | 0,008** |
| <b>R3</b> | 2,87±0,92 | 3,96±1,51 | 1,08                   | -1,64             | -0,52     | 0,000** |
| <b>R4</b> | 2,56±0,78 | 3,74±1,55 | 1,18                   | -1,72             | -0,63     | 0,000** |
| <b>R5</b> | 1,74±0,40 | 1,96±0,65 | 0,21                   | -0,45             | 0,02      | 0,083   |
| <b>R6</b> | 1,67±0,47 | 1,92±0,84 | 0,25                   | -0,56             | 0,04      | 0,096   |
| <b>R7</b> | 1,75±0,42 | 2,07±0,68 | 0,32                   | -0,58             | -0,06     | 0,014*  |
| <b>R8</b> | 1,72±0,53 | 1,95±0,58 | 0,23                   | -0,49             | 0,02      | 0,074   |
| <b>R9</b> | 1,63±0,49 | 1,96±0,62 | 0,33                   | -0,59             | -0,07     | 0,012*  |

\*\* :  $p=0,01$ ; \* :  $p=0,05$  düzeyinde anlamlılık. R1: 2. parmağın orta falanksı, R2: 3. parmağın orta falanksı, R3: 4. parmağın orta falanksı, R4: 5. parmağın orta falanksı; R5: 1. parmağın ucu, R6: 2. parmağın ucu, R7: 3. parmağın ucu, R8: 4. parmağın ucu, R9: 5. parmağın ucu

Gitar ve bağlama çalanlarda sağ 2. parmak orta falanks, çalmayan grubun sağ 2. parmak orta falanksına göre 2ND ölçümü daha uzundur ( $p<0,05$ ).

Gitar ve bağlama çalanlarda sağ 3. parmak orta falanks, çalmayan grubun sağ 3. parmak orta falanksına göre 2ND ölçümü daha uzundur. ( $p<0,05$ )

Gitar ve bağlama çalanlarda sağ 4. parmak orta falanks, çalmayan grubun sağ 4. parmak orta falanksına göre 2ND ölçümü daha uzundur. ( $p<0,05$ )

Gitar ve bağlama çalanlarda sağ 5. parmak orta falanks, çalmayan grubun sağ 5. parmak orta falanksına göre 2ND ölçümü daha uzundur. ( $p<0,05$ )

Gitar ve bağlama çalanlarda sağ 1. parmak ucu, çalmayan grubun sağ 3. parmak ucu karşılaştırıldığında 2nd açısından anlamlı bir fark tespit edilemedi. ( $p>0,05$ )

Gitar ve bağlama çalanlarda sağ 2. parmak ucu, çalmayan grubun sağ 2. parmak ucu karşılaştırıldığında 2nd açısından anlamlı bir fark tespit edilemedi. ( $p>0,05$ )

Gitar ve bağlama çalanlarda sağ 3. parmak ucu, çalmayan grubun sağ 3. parmak ucuna göre 2ND ölçümü daha uzundur. ( $p<0,05$ )

Gitar ve bağlama çalanlarda sağ 4. parmak ucu, çalmayan grubun sağ 4. parmak ucu karşılaştırıldığında 2nd açısından anlamlı bir fark tespit edilemedi.  $p>0,05$

Gitar ve bağlama çalanlarda sağ 5. parmak ucu, çalmayan grubun sağ 5. parmak ucuna göre 2ND ölçümü daha uzundur. Bu fark istatistiksel olarak da anlamlıdır.  $p<0,05$



Şekil 10. Sağ elin palmar yüzünden yapılan ölçümlerde anlamlı bulunan bölgeler

\*Koyu mavi renk  $p<0,01$  hassasiyet alanlarını temsil ederken; açık mavi renk  $p<0,05$  hassasiyet alanlarını temsil etmektedir.

### 3.3 SOL ELİN PALMAR YÜZÜNÜN 2ND BULGULARI

Kontrol ve deney gruplarının sol elleri 2ND açısından karşılaştırıldığında elin belli bölgelerinde anlamlı farklar ortaya çıkmıştır (Şekil 11, Tablo 4). Bu bölgeler L1, L2, L3, L4, L6, L7, L8, L9 olarak ifade ettiğimiz bölgelerdir (Şekil 3).

Tablo 4

*Sol elin palmar yüzünden ölçülen 2ND değerlerinin karşılaştırılması*

| Parametre | Ortalama  |           | Ortalama<br>arası fark | %95 Güven aralığı |           | p       |
|-----------|-----------|-----------|------------------------|-------------------|-----------|---------|
|           | Kontrol   | Deney     |                        | Alt sınır         | Üst sınır |         |
| L1        | 2,72±0,60 | 3,54±0,87 | 0,82                   | -1,16             | -0,47     | 0,000** |
| L2        | 2,80±0,83 | 3,58±1,12 | 0,78                   | -1,23             | -0,33     | 0,001** |
| L3        | 2,75±0,93 | 3,68±1,26 | 0,93                   | -1,43             | -0,42     | 0,000** |
| L4        | 2,53±0,95 | 3,35±1,12 | 0,82                   | -1,30             | -0,34     | 0,001** |
| L5        | 1,65±0,40 | 1,79±0,56 | 0,14                   | -0,36             | 0,81      | 0,20    |
| L6        | 1,60±0,40 | 2,03±0,63 | 0,42                   | -0,66             | -0,18     | 0,001** |
| L7        | 1,71±0,37 | 2,33±0,85 | 0,62                   | -0,91             | -0,33     | 0,000** |
| L8        | 1,74±0,46 | 2,33±0,70 | 0,58                   | -0,85             | -0,32     | 0,000** |
| L9        | 1,68±0,49 | 2,25±1,13 | 0,56                   | -0,95             | -0,18     | 0,004** |

\*\* : p=0,01 düzeyinde anlamlılık. L1: 2. parmağın orta falanksı, L2: 3. parmağın orta falanksı, L3: 4. parmağın orta falanksı, L4: 5. parmağın orta falanksı; L5: 1. parmağın ucu, L6: 2. parmağın ucu, L7: 3. parmağın ucu, L8: 4. parmağın ucu, L9: 5. parmağın ucu

Gitar ve bağlama çalanlarda sol 2. parmak orta falanks, çalmayan grubun sol 2. parmak orta falanksına göre 2ND ölçümü daha uzundur ( $p<0,01$ ).

Gitar ve bağlama çalanlarda sol 3. parmak orta falanks, çalmayan grubun sol 3. parmak orta falanksına göre 2ND ölçümü daha uzundur. ( $p<0,01$ ).

Gitar ve bağlama çalanlarda sol 4. parmak orta falanks, çalmayan grubun sol 4. parmak orta falanksına göre 2ND ölçümü daha uzundur. ( $p<0,01$ ).

Gitar ve bağlama çalanlarda sol 5. parmak orta falanks, çalmayan grubun sol 5. parmak orta falanksına göre 2ND ölçümü daha uzundur. ( $p<0,01$ ).

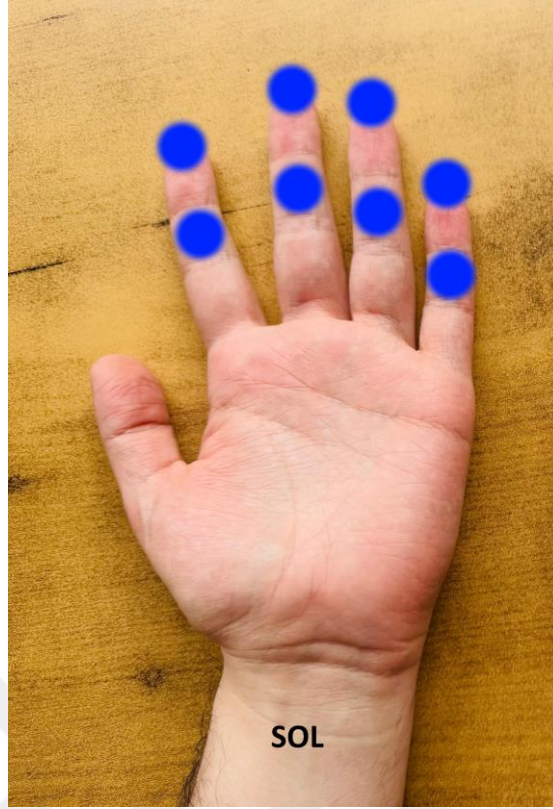
Gitar ve bağlama çalanlarda sol 1. parmak ucu, çalmayan grubun sol 1. parmak ucu karşılaştırıldığında 2ND açısından anlamlı bir fark tespit edilemedi ( $p>0,05$ ).

Gitar ve bağlama çalanlarda sol 2. parmak ucu, çalmayan grubun sol 2. parmak ucuna göre 2ND ölçümü daha uzundur. ( $p<0,01$ ).

Gitar ve bağlama çalanlarda sol 3. parmak ucu, çalmayan grubun sol 3. parmak ucuna göre 2ND ölçümü daha uzun bulundu ( $p<0,01$ ).

Gitar ve bağlama çalanlarda sol 4. parmak ucu, çalmayan grubun sol 4. parmak ucuna göre 2ND ölçümü daha uzundur. Bu fark istatistiksel olarak da anlamlıdır ( $p<0,01$ ).

Gitar ve bağlama çalanlarda sol 5. parmak ucu, çalmayan grubun sol 5. parmak ucuna göre 2ND ölçümü daha uzundur. Bu fark istatistiksel olarak da anlamlıdır ( $p<0,01$ ).



*Şekil 11.* Sol elin palmar yüzünden yapılan ölçümlerde anlamlı bulunan bölgeler. Koyu mavi renkler  $p<0,01$  hassasiyet alanlarını temsil etmektedir.

### **3.4 KONTROL GRUBUNUN PARMAK UÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI**

Kontrol grupları parmak uçları karşılaştırıldığında sağ taraf 2. parmak orta falanks 2ND açısından anlamlı derecede uzun bulunmuştur.  $p<0,05$  olarak saptandı. Sol elin P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9 olarak ifade ettiğimiz bölgelerinde anlamlı bir fark ortaya çıkmadı (Tablo 5).

Tablo 5

*Kontrol Grubunda Her Bir Elin 2ND değerlerinin Karşılaştırılması*

| Parametre | Ortalama  |           | Ortalama arası fark | %95 Güven aralığı |           | p     |
|-----------|-----------|-----------|---------------------|-------------------|-----------|-------|
|           | Sağ       | Sol       |                     | Alt sınır         | Üst sınır |       |
| P1        | 3,00±0,69 | 2,72±0,60 | 0,28                | 0,04              | 0,51      | 0,02* |
| P2        | 2,92±0,86 | 2,80±0,83 | 0,12                | -0,18             | 0,42      | 0,4   |
| P3        | 2,87±0,92 | 2,75±0,93 | 0,12                | -0,20             | 0,44      | 0,4   |
| P4        | 2,56±0,78 | 2,53±0,95 | 0,03                | -0,22             | 0,28      | 0,8   |
| P5        | 1,74±0,40 | 1,65±0,40 | 0,09                | -0,03             | 0,22      | 0,1   |
| P6        | 1,67±0,47 | 1,60±0,40 | 0,07                | -0,08             | 0,21      | 0,4   |
| P7        | 1,75±0,42 | 1,71±0,37 | 0,04                | -0,10             | 0,17      | 0,6   |
| P8        | 1,72±0,53 | 1,74±0,46 | -0,02               | -0,17             | 0,13      | 0,7   |
| P9        | 1,63±0,49 | 1,68±0,49 | -0,05               | -0,22             | 0,11      | 0,5   |

P1: 2. parmak orta falanks, P2: 3. parmak orta falanks, P3: 4. parmak orta falanks, P4: 5. parmak orta falanks; P5: 1. parmak ucu, P6: 2. parmak ucu, P7: 3. parmak ucu, P8: 4. parmak ucu, P9: 5. parmak ucu

### 3.5 DENEY GRUBUNUN PARMAC UÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Gitar çalanların parmak uçları karşılaştırıldığında sol taraf 4. parmak ucu 2ND açısından anlamlı derecede uzun bulunmuştur.  $p < 0.05$  olarak saptandı. Sağ elin P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P9 olarak ifade ettiğimiz bölgelerinde anlamlı bir fark ortaya çıkmadı (Tablo 6).

Tablo 6

*Deney Grubunda Her Bir Elin 2ND değerlerinin Karşılaştırılması*

| Parametre | Ortalama  |           | Ortalama<br>r<br>arası fark | %95 Güven aralığı |           | p     |
|-----------|-----------|-----------|-----------------------------|-------------------|-----------|-------|
|           | Sağ       | Sol       |                             | Alt sınır         | Üst sınır |       |
| P1        | 3,56±1,47 | 3,54±0,87 | 0,02                        | -0,45             | 0,49      | 0,9   |
| P2        | 3,62±1,36 | 3,58±1,12 | 0,04                        | -0,43             | 0,50      | 0,8   |
| P3        | 3,96±1,51 | 3,68±1,26 | 0,28                        | -0,26             | 0,81      | 0,3   |
| P4        | 3,74±1,55 | 3,35±1,12 | 0,39                        | -0,11             | 0,88      | 0,1   |
| P5        | 1,96±0,65 | 1,79±0,56 | 0,17                        | -0,04             | 0,37      | 0,1   |
| P6        | 1,92±0,84 | 2,03±0,63 | -0,11                       | -0,41             | 0,20      | 0,4   |
| P7        | 2,07±0,68 | 2,33±0,85 | -0,26                       | -0,59             | 0,06      | 0,1   |
| P8        | 1,95±0,58 | 2,33±0,70 | -0,38                       | -0,64             | -0,09     | 0,01* |
| P9        | 1,96±0,62 | 2,25±1,13 | -0,29                       | -0,64             | 0,06      | 0,1   |

P1: 2. parmak orta falanks, P2: 3. parmak orta falanks, P3: 4. parmak orta falanks, P4: 5. parmak orta falanks; P5: 1. parmak ucu, P6: 2. parmak ucu, P7: 3. parmak ucu, P8: 4. parmak ucu, P9: 5. parmak u

## TARTIŞMA

İki nokta ayırım duyusu (2PD), hem nörolojik hem de fonksiyonel açıdan insan yaşamında kritik bir yere sahiptir. Somatosensoriyel sistemin mekânsal çözünürlüğünü yansıtan bu duysal kapasite, yalnızca bir klinik değerlendirme aracı değil; aynı zamanda yazı yazma, müzik aleti çalma, dikiş dikme, bilgisayar kullanma, yemek yapma, para ayırma gibi günlük yaşam aktivitelerinde el becerisi ve güvenli etkileşim için vazgeçilmezdir (Rosén vd., 2004; Johansson & Vallbo, 1979). Ayrıca bu duyunun bütünlüğü, bireyin çevresiyle olan güvenli etkileşimi için gereklidir. Kesici veya zararlı nesnelerin fark edilmesi gibi durumlarda bu duyunun bozulması, bireylerde yaralanma riskini artırabilir (Jerosch-Herold, 2000; Novak, 2001).

2PD duyusu, kortikal düzeydeki temsillerle de doğrudan ilişkilidir. Özellikle parmak uçları gibi yüksek duyarlılığa sahip bölgelerin, beynin somatosensoriyel korteksinde geniş temsillere sahip olduğu gösterilmiştir (Elbert vd., 1995; Pantev vd., 1998). Bu bağlamda, 2PD ölçümleri yalnızca periferik sinir fonksiyonlarını değil, aynı zamanda kortikal plastisiteyi ve merkezi sinir sisteminin adaptasyon kapasitesini de yansıtan bir göstergedir.

2PD testi, nörolojik muayenelerde en yaygın ve güvenilir duysal değerlendirme yöntemlerinden biri olarak uzun yıllardır kullanılmaktadır (Weinstein, 1968; Dellon, 1981). Özellikle Merkel diskleri ve Meissner cisimcikleri gibi mekanoreseptörlerin mekânsal ayırım kapasitesini değerlendiren bu test, diğer duysal testlere kıyasla daha özgül bir sonuç sunar. Vibrasyon, sıcaklık ve monofilament testleri farklı sinir liflerini değerlendirirken; 2PD testi doğrudan mekânsal çözünürlüğü ve bu çözünürlüğün kortikal temsillerdeki yansımaları ölçer (Johansson & Vallbo, 1979; Abaira & Ginty, 2013).

Literatürdeki birçok çalışmada, 2PD testinin tanısal gücünün diğer testlerle birlikte arttığı belirtilmiştir. Bununla birlikte, tek başına da kortikal düzeydeki plastisiteyi değerlendirme açısından önemli bir klinik araçtır. Özellikle periferik sinir yaralanmaları, diyabetik nöropati, karpal tünel sendromu gibi durumlarda, 2PD eşiklerinin belirgin şekilde bozulduğu ve bu

bozulmanın fonksiyonel kapasiteyle yakından ilişkili olduğu bildirilmiştir (Novak, 2001; Jerosch-Herold, 2000; Franco vd., 2015).

Bu test, ayrıca kortikal lezyonların duysal etkilerini değerlendirmede ve nöroplastisite çalışmalarında da yaygın şekilde kullanılmaktadır. Müzisyenler gibi yoğun motor pratik yapan bireylerde, parmak uçları gibi bölgelerde 2PD ölçümlerinin değişkenlik göstermesi, kortikal yeniden yapılanmanın bir sonucu olarak değerlendirilmektedir. (Elbert vd., 1995; Ragert vd., 2004).

Yokota H. ve arkadaşları (2020) optimum 2ND değerinin nasıl belirleneceğini saptamak için 36 sağlıklı gönüllüde (20 erkek, 16 kadın) özel yapım iki noktalı dokunsal uyarım cihazı kullanmıştır. Uyarıcı hızı, uyarıcı penetrasyon derinliği ve tekrarlanan 2ND ölçümünün 2ND eşiği ile ilişkisi bu özel yapım cihazla değerlendirilmiştir. Tekrarlanan iki nokta ayırım ölçümlerinin ölçüm sonuçlarını değiştirmeyeceği ve beklenmeyen bir etken olan öğrenmenin 2ND eşiğini değiştirici etkiye sebep olmayacağı bu çalışmanın sonuçları olarak rapor edilmiştir. Bu sonuçlardan yola çıkarak çalışmamızda uyguladığımız tekrarlı ölçümlerin ve beklenmeyen bir etken olan öğrenmenin çalışmamızdaki verilerin tutarlılığını olumsuz etkilemeyeceğini dile getirmek mümkündür (Yokota H. vd., 2020)

Bu çalışmada, gitar ve bağlama çalan müzisyenlerin parmak uçlarındaki 2PD değerlerini ölçmek için statik 2PD testi kullanılmıştır. Deney grubunun 2PD değerleri kontrol grubuna kıyasla belirgin biçimde daha yüksek bulunmuştur. Bu bulgu, uzun süreli enstrüman kullanımının parmak uçlarındaki iki nokta ayırım duysunu azaltabileceği yönündeki hipotezi desteklemektedir. Parmak uçlarındaki bu duysal değişimin temel nedenlerinden biri olarak kallus (nasır) oluşumu gösterilmektedir. Literatürde kalluslu cilt bölgelerinde reseptör yoğunluğunun azaldığı ve mekanik baskıya duyarlılığın düştüğü bildirilmiştir (Sims SE vd., 2015; Dellon ES vd., 1995).

Farklı çalışmalarda, 2PD değerlerinin yaş, cinsiyet ve ölçüm yapılan anatomik bölgeye göre değiştiği gösterilmiştir. Örneğin, 2ND testinin güvenilir bir şekilde uygulanabileceği yaş aralığını belirlemek amacıyla, pediatrik yaş grubunda 112 çocuk (62 erkek, 50 kız) üzerinde gerçekleştirilen bir çalışmada, parmaklardan elde edilen 2ND değerlerinin her iki elde 2–5 mm arasında değiştiği bildirilmiştir ve çocuklarda bu test için uygun yaşı 6 yaş olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada, sol el için ortalama değer 2,7 mm (SD = 0,7 mm), sağ el için ise 2,6 mm (SD = 0,7 mm) olarak rapor edilmiştir (Cope vd., 1992). Buna karşılık, tarafımızca

yürütülen ve yetişkin üniversite öğrencilerinden oluşan bir örneklem grubunu içeren çalışmada, her iki eldeki 2ND değerleri 1,60 mm ile 2,33 mm arasında değişmiştir. Bu iki çalışma arasında gözlenen değer farkının çeşitli nedenlerle açıklanması mümkündür. Cope ve arkadaşlarının çalışmasında, ölçüm sırasında katılımcının kararsız kaldığı mesafeden 1 mm yukarısının 2ND değeri olarak kaydedildiği belirtilmiştir. Ayrıca, aynı çalışmada parmaklardan elde edilen ölçümlerin istatistiksel olarak anlamlı bulunmadığı ve pediatrik yaş grubunda çalışıldığı ifade edilmiştir. Bu yöntemsel farklılıklar göz önüne alındığında, ölçüm protokolü ve değerlendirme kriterlerinin, Cope ve arkadaşlarının bildirdiği değerlerin bizim bulgularımızdan daha yüksek olmasında etkili olmuş olabileceğini düşündürmektedir. 2PD eşikleri ile ilgili yaşa bağlı değişkenlik, farklı çalışmalarda da gösterilmiştir. Franco PG ve arkadaşları (2015) 21 genç yetişkin ( $24.62 \pm 3.88$  yaş) ve 21 aktif yaşlı ( $66.95 \pm 5.55$  yaş) katılımcı ile yaptıkları çalışmada eklem pozisyon algısını, ayak bileği eklemının algılanan kuvvet seviyesini ve ayak tabanı 2ND değerlerini değerlendirmişlerdir. Aktif yaşlı grupta 2ND değerinin genç yetişkin gruba göre daha yüksek olduğunu rapor etmişlerdir ( $p < 0,01$ ) (Franco PG vd., 2015). Bu sonuçtan hareketle yaş ilerledikçe 2PD duyusunda azalma meydana geldiğini söylemek mümkündür. Dolayısıyla çalışmamıza dahil edilen örneklem yaş aralığının sınırlı tutulması, yaş faktörünün sonuçları etkilemesini minimize etmede etkili olmuştur.

Rehman HU ve arkadaşları (2022) 21-60 yaş arası (21-30, 31-40, 41-50 ve 51-60) 309 diyabetik katılımcı ile kesitsel bir çalışma yapmışlardır. Çalışmanın tamamlanması 6 ay sürmüştür. Bu çalışmada statik 2ND testi uygulanmıştır ve 21-30 ( $n=79$ ) yaş arası ortalama 2ND değeri  $1.64 \pm 0.30$  mm; 31-40 ( $n=78$ ) yaş arası ortalama 2ND değeri  $2.16 \pm 0.34$  mm; 41-50 ( $n=76$ ) yaş arası ortalama 2ND değeri  $2.72 \pm 0.34$  mm; 51-60 ( $n=76$ ) yaş arası ortalama 2ND değeri  $3.46 \pm 0.34$  mm ve genel katılımcı ( $n=309$ ) ortalama 2ND değeri  $2.48 \pm 0.75$  mm olarak kaydedilmiştir ( $p=0.001$ ) (Rehman HU vd., 2022). Bu çalışmada ortalama 2ND değerlerine odaklandığımız zaman yaş ilerledikçe 2ND değerinin de ilerlediğini görmekteyiz. Bizim çalışmamızda ise yaş aralığı 18-30 yıl ile sınırlı tutulmuştur. Dolayısıyla çalışmamıza dahil edilen örneklem yaş aralığının sınırlı tutulması, yaş faktörünün sonuçları etkilemesini minimize etmede etkili olmuştur.

Cinsiyet farklılığı konusunda ise literatür sonuçları değişkendir. Sato ve arkadaşları (1999) 684 (476 erkek; 208 kadın) diş hekimi öğrencisinde 15 yıl boyunca sürdürülmüş bir çalışma ortaya koymuşlardır. Bu çalışmada el, yüz ve ağızlarındaki 2ND eşik değerleri dermatom alanları dikkate alınarak ölçülmüştür. Alın hariç ölçülen diğer bölgelerde her iki cinsiyetin

2ND eşik değerleri arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır (t-testi,  $p>0,05$ ). Alın bölgesinde her iki cinsiyetin 2ND eşik değerleri arasında anlamlı bir fark bulunmuştur ve kadınlarda 2ND eşik değerinin daha düşük olduğu saptanmıştır (t-testi,  $p<0,05$ ). Bu farkın nedeni de belirsiz olarak rapor edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları, cinsiyet farklılığı olması durumunda 2ND eşiklerinin ölçülen bölgeye göre farklı olabileceğine işaret ediyor (Sato T. vd., 1999). Bu çalışmada olduğu gibi bazı araştırmalar, kadınların erkeklere kıyasla daha hassas 2PD eşik değerine sahip olduğunu belirtirken; bazı çalışmalarda bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı gösterilmiştir (Catley vd., 2014). Çalışmamızda gruplar arası cinsiyet dağılımının dengeli olması, bu değişkenin sonuçlar üzerindeki etkisini sınırlandırmıştır.

| Çalışma / Kaynak   | Katılımcı Profili            | 2-PD Değer Aralığı / Ortalama                                |
|--------------------|------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Cope vd., (1992)   | Çocuklar                     | 2–5 mm; Ortalama: sol 2.7, sağ 2.6                           |
| Yi SJ (2006)       | Kırsal yetişkinler           | Ortalama: 4.22–5.65 mm (parmaklara göre değişim)             |
| Seung-Ju Y. (2004) | Üniversite öğrencileri       | 3.3–4.9 mm (parmak türüne göre değişir)                      |
| Desai DH (2023)    | Yetişkinler (cinsiyete göre) | Erkek: $\sim 3.43 \pm 1.5$ mm; Kadın: $\sim 3.47 \pm 1.5$ mm |
| Sims vd., (2015)   | Müzişyen vs kontrol          | Sol elde müzişyenlerde azalmış duyarlılık                    |

Müzik icrası sırasında özellikle telli çalgı çalan müzişyenlerde, parmak uçlarında oluşan yoğun ve tekrarlayıcı mekanik temas, epidermal ve dermal tabakalarda kalınlaşmaya, yani kallus oluşumuna neden olmaktadır (Cauna, 1954). Bu durum, dokunma reseptörlerinin yüzeye olan yakınlığını azaltarak 2PD duyarlılığını düşürebilir (Johnson vd., 2000). Çalışmamızda deney grubunda saptanan daha yüksek 2PD değerleri, bu periferik adaptasyonun davranışsal bir yansıması olarak değerlendirilebilir. Benzer biçimde Abaira & Ginty (2013), kallus dokusunun mekanoreseptör eşiklerini artırarak duyuşal ayrımı olumsuz etkileyebileceğini bildirmiştir.

Bununla birlikte, müzişyenlerde görülen kortikal plastisite, literatürde oldukça detaylı biçimde belgelenmiştir. Elbert ve arkadaşları (1995), yaylı çalgı çalan bireylerde, özellikle sol el parmak temsillerinin somatosensoriyel kortekte genişlediğini göstermiştir. Aynı şekilde Pascual-Leone vd., (1995) ve Pantev vd., (1998) gibi çalışmalar da müzişyenlerde

motor ve işitsel korteksin yeniden yapılanma kapasitesine vurgu yaparak, müzik pratiğinin beyin plastisitesini artırdığını savunmuştur.

Ancak bu yapısal avantajlar, her zaman fonksiyonel (davranışsal) performansa doğrudan yansımamaktadır. Ragert ve arkadaşlarının (2004) çalışmasında, piyanistlerde yoğun tekrar sonrası 2PD duyarlılığında azalma gözlenmiştir. Schwenkreis vd., (2007) ise gitaristlerde TMS ile kortikal temsillerin arttığını, fakat 2PD performansının bozulduğunu bildirmiştir. Bu durum, kortikal plastisitenin tek başına duyuşsal performansı garanti etmediğini, periferik adaptasyonlarla çelişkili etkiler yaratabileceğini göstermektedir. Nitekim çalışmamızda her iki elin parmak uçlarındaki 2PD değerleri kontrol grubunda 1,60 mm ile 1,75 mm arasında değişirken; deney grubunda bu değerlerin 1,79 mm ile 2,33 mm'ye çıktığı gözlenmiştir. Bu durum, müzisyenlerdeki periferik duyuşsal adaptasyonun (özellikle parmak ucu kalluslaşması) duyarlılığı azalttığı yönündeki yorumları desteklemektedir.

Müzisyenlerde parmak uçlarının tekrarlayıcı, yoğun ve hassas motor aktivitelere maruz kalması, somatosensoryel kortekste belirgin yapısal ve fonksiyonel değişikliklere yol açmaktadır. Özellikle telli çalgı çalan bireylerde, sürekli tekrar eden parmak hareketleri, parmak temsillerinin kortikal alanda genişlemesine neden olmakta; bu süreç başlangıçta adaptif plastisite olarak işlev görürken, belirli bir eşikten sonra maladaptif plastisiteye dönüşebilmektedir (Elbert vd., 1995).

Sims, S.E. ve arkadaşları (2015) 18-28 yaş arasında olan 100 müzisyen ve 100 kontrol üzerinde 2ND değerlendirmiştir. Müzisyenler dört yıllık akredite bir müzik konservatuvarında enstrüman performansı ana dal öğrencisi olarak kayıtlılardan seçilmiştir. Müzisyen olmayan kontroller ise, hiç veya nadiren enstrüman çalan üniversite öğrencileri olarak seçilmiştir. 2ND değerini ölçmek için DeMayo ayırt etme cihazı (8 kenarlı özelleştirilmiş ölçüm aleti) ve Semmes-Weinstein monofilamentleri kullanılmıştır. Saz, arp ve gitar çalanların parmak uçlarında bulunan nasırlı bölgelerden ölçüm yaparken hususen uzak durulmuştur. DeMayo aleti ile yapılan ölçümler sonucunda sol işaret parmağı, yüzük parmağı ve serçe parmağı 2ND değeri; sağ serçe parmağı 2ND değeri müzisyen olmayanlarda daha yüksek kaydedilmiştir( $P<0.05$ ). Semmes-Weinstein monofilamentleri ile yapılan ölçümler sonucunda ise sol yüzük parmağı 2ND değeri; sağ eldeki tüm parmakların 2ND değeri müzisyen olmayanlarda daha yüksek kaydedilmiştir( $P<0.05$ ) (Sims S.E. vd., 2015). Biz ise çalışmamızda sol el işaret parmağı, orta parmak, yüzük parmağı, serçe parmak 2ND değerini; sağ el orta parmak, serçe parmak 2ND değerini müzisyen

olmayanlarda daha düşük bulduk. Bu sonuç Sims ve arkadaşlarının çalışmasına tamamen zıt bir sonuçtur. Bunun temel sebebinin Sims ve arkadaşlarının çalışmasında ölçüm yapılırken nasırlı bölgelerin ölçümünden hususen kaçınılmasından kaynaklı olduğunu düşünmekteyiz. Ek olarak yine aynı çalışmada Semmes-Weinstein monofilamentleri ile yapılan ölçümlerde tüm katılımcıların parmak uçlarının 2ND değerlerinin 1.65mm ile 2.83 mm arasında değiştiği rapor edilmiştir. Bizim çalışmamızda da tüm katılımcıların parmak uçlarının 2ND değerlerinin 1.60 mm ile 2.33 mm arasında değiştiğini saptadık. Sims ve arkadaşlarının çalışmasında nasırlı bölgenin ölçülmemesine rağmen değerlerin bizim değerlerimize yakın çıkmasının sebebinin, onların çalışmasında farklı enstrüman çalan müzisyenleri de değerlendirirken bizim çalışmamızda yalnızca telli çalgılar olan gitar ve bağlama çalan müzisyenleri değerlendirmemizden kaynaklandığını düşünmekteyiz. Bu çalışmalarında sadece arp ve gitar çalanlar bakıldığında dominant elde 2ND değeri dominant olmayan ele göre daha düşük çıkmıştır( $P<0,05$ ) fakat çalışmalarında gitarın klavyesine basan elin hangi el olduğunu belirtmedikleri için bizim çalışmamızla bu yönden karşılaştırmamız mümkün değildir.

Pantev ve arkadaşları (2001), profesyonel gitaristlerde yaptıkları magnetoensefalografi (MEG) çalışmasında, işaret, orta ve yüzük parmaklarını temsil eden kortikal alanların müzisyenlerde anlamlı derecede genişlediğini göstermiştir. Bu genişleme başlangıçta duyuşal hassasiyeti artırabilirken, uzun süreli ve yoğun pratikle birlikte komşu kortikal temsillerin aşırı örtüşmesine yol açarak, parmaklar arasındaki duyuşal ayrımı bozabilmektedir.

Benzer şekilde Ragert ve arkadaşları (2004), profesyonel müzisyenlerde yaptıkları çalışmada, parmak uçlarındaki iki nokta ayırımı (2PD) eşiklerinin müzisyen olmayan bireylere kıyasla bazı durumlarda daha yüksek olduğunu, yani duyuşal ayrımın bozulduğunu rapor etmişlerdir. Araştırmacılar, bu durumun kortikal haritaların aşırı reorganizasyonu ve mekanoreseptörlerden gelen bilgilerin aşırı entegrasyonu ile ilişkili olduğunu vurgulamıştır. Schwenkreis ve arkadaşları (2007) ise gitar çalan müzisyenlerde transkraniyal manyetik stimülasyon (TMS) kullanarak yaptıkları çalışmada, parmak temsillerinde belirgin bir üst üste binme ve kortikal inhibisyon mekanizmalarında azalma tespit etmişlerdir. Bu bulgular, fokal distoni gibi hareket bozukluklarının ve duyuşal ayrışma kaybının, maladaptif plastisiteye bağlı olduğunu desteklemektedir.

Zeuner ve arkadaşları (2003), profesyonel müzisyenlerde görülen fokal distoniye, somatosensoriyel korteksteiki parmak temsillerinin aşırı örtüşmesi ile açıklamış ve bu durumun duyuşal-motor entegrasyonu bozduğunu belirtmiştir. Benzer şekilde Byl ve arkadaşları (1996), hayvan modelleri üzerinde yaptıkları çalışmada, tekrarlayıcı motor aktivitelerin başlangıçta kortikal temsil alanlarında genişlemeye yol açtığını, ancak uzun vadede fonksiyonel ayrışmanın kaybına neden olarak duyuşal bozulmayı tetiklediğini ortaya koymuştur.

Zamorano vd., (2015), ağrı şikâyeti olmayan müzisyenlerde bile 2PD duyarlılığının azaldığını ve bu durumun kronik tekrarların neden olduğı periferik değışimlerle ilişkili olduğunu bildirmiştir. Divarco vd., (2025) ise müzisyenlerin ağrı eşiğinin düşük, ancak adaptif ağrı yanıtlarının daha güçlü olduğunu belirtmiş; bu da müzik pratiğinin, yalnızca dokunsal değıl, ağrıya karşı duyarlılığı da içeren geniş çaplı bir somatosensoriyel yeniden yapılanmaya yol açtığını göstermektedir.

Cicchini ve arkadaşlarının (2012) yürüttüğü çalışmada, müzisyenlerin yalnızca işitsel değıl, aynı zamanda dokunsal ve işitsel-dokunsal entegrasyon görevlerinde de kontrol grubuna göre daha başarılı oldukları gösterilmiştir. Bu durum, bazı duyuşal görevlerde müzikal deneyimin avantaj sağladığını göstermektedir. Ancak bu avantajın, yoğun mekanik stresin olduğı bölgelerde (örneğin parmak uçlarında) dezavantaja dönüşebileceğı, çalışmamızda gözlenen artmış 2PD eşikleri ile desteklenmektedir.

Rosenkranz vd., (2009), farklı çalgı türleri kullanan müzisyenlerde belirgin biçimde farklı duyuşal profiller tespit etmiştir. Özellikle arp ve gitar çalan bireylerde, baskın olmayan elde daha yüksek 2PD eşikleri gözlenmiştir. Çalışmamızda gitar ve bağlama çalan bireylerde özellikle sol elde (klavye el) belirgin duyarlılık kaybı bulunması, bu bulgularla örtüşmektedir. Bu da çalgı türünün ve kullanım biçiminin duyuşal performans üzerinde belirleyici rol oynadığını ortaya koymaktadır.

Son dönem pediatrik çalışmalar, erken yaşta müzik eğitimi alan bireylerde duyuşal eşiklerin daha düşük olduğunu, ancak zamanla bu avantajın azaldığını göstermektedir (Cope vd., 1992; Desai vd., 2023). Bu, erken dönemde müzik eğitiminin somatosensoriyel sistem üzerinde pozitif etkiler yaratabileceğini; ancak uzun vadeli ve yoğun tekrarlı pratiklerin bu avantajı maladaptif değışimlere dönüştürebileceğini göstermektedir.

Bizim çalışmamızda da benzer bir süreç gözlemlenmiştir. Müzisyen grubunda, uzun süreli mekanik uyarım ve kallus gelişiminin etkisiyle iki nokta ayırımı (2PD) performansında

anlamalı bir düşüş tespit edilmiştir. Bu bulgu, somatosensoriyel korteksteeki aşırı kortikal reorganizasyon ile birlikte değerlendirilmelidir. Sürekli tekrar eden mekanik uyarıların, parmak temsillerinin genişlemesine, kortikal sınırların bulanıklaşmasına ve kallus oluşumunun artmasına neden olabileceği düşünülmektedir. Bu mekanizmaların bir araya gelmesi, duyu hassasiyetinin azalmasına ve 2PD performansının bozulmasına yol açabilir. Elde edilen bulgular, literatürde tanımlanan maladaptif plastisite süreciyle yüksek düzeyde uyumludur (Pantev vd., 2001; Ragert vd., 2004; Schwenkreis vd., 2007; Cauna, 1954).

Bu çalışmada ulaşılan bulgular, müzisyenlerde uzun süreli enstrüman kullanımının somatosensoriyel sistem üzerinde hem periferik hem de merkezi düzeyde önemli etkilere sebep olduğunu ortaya koymaktadır. Ancak bu sonuçlar bazı sınırlılıklarla birlikte değerlendirilmelidir.

Çalışmaya dâhil edilen katılımcı sayısı (n=75), literatürde önerilen minimum örneklem büyüklüğünü karşılarsa da, daha büyük örneklemle yapılacak çalışmalar, bulguların genellenebilirliğini artıracaktır (Dellon, 1981; Jerosch-Herold, 2000). Ayrıca, katılımcıların yalnızca genç erişkinlerden oluşması, yaşla ilişkili duyu değişimlerinin tam olarak analiz edilmesine imkân tanımamıştır. Gelecekteki çalışmalarda farklı yaş grupları ve mesleki pratik düzeyleri arasında karşılaştırmalar yapılması, yaş faktörünün daha net anlaşılmasını sağlayacaktır.

Çalışmada yalnızca statik 2PD ölçüm yönteminin kullanılmış olması, duyu değerlendirilmede bir sınırlılık olarak görülmektedir. Dinamik 2PD testleriyle birlikte yapılacak çalışmalar, reseptör adaptasyonu ve dokunma hızına bağlı ayırım duyusu hakkında daha zengin veri sağlayabilir. Bununla birlikte, hem statik hem de dinamik yöntemlerin fonksiyonel duyarlılığı geçerli şekilde ölçtüğü literatürde belirtilmiştir (Dellon vd., 1987).

Katılımcı müzisyen grubunun büyük çoğunluğunu gitar ve bağlama çalan bireyler oluşturmuştur. Farklı çalgı türlerinin (yaylı, vurmali, üflemeli) farklı el-dokunma dinamikleri içerdiği göz önüne alındığında, gelecekte çalgı türlerine göre alt gruplandırılmış çalışmalar yapılması faydalı olacaktır (Rosenkranz vd., 2009).

Çalışma kapsamında sadece davranışsal testler kullanılmış, kortikal düzeyde herhangi bir nörogörüntüleme (ör. fMRI, TMS, EEG) yöntemi uygulanmamıştır. Halbuki, kortikal plastisitenin somatosensoriyel haritalardaki yansımalarını doğrudan değerlendirmek, periferik duyuşal değışimlerle karşılaştırma açısından oldukça değerlidir. Pantev vd., (2001) ve Schwenkreis vd., (2007) gibi çalışmalar, bu tür eş zamanlı ölçümlerin nöroplastisite analizinde güçlü bir yaklaşım sunduğunu ortaya koymuştur.

Aynı bireylerde yıllar içinde duyuşal eşiklerin takibi, mesleki pratikle ilişkili değışimlerin zamanla nasıl geliştiğini anlamada kritik olabilir. tDCS, TMS ve SMR gibi yöntemlerin hem deneysel hem de klinik koşullarda uygulanabilirliği test edilmelidir. Dokunsal, işitsel, görsel ve proprioseptif sistemlerin birlikte değerlendirildiği çok boyutlu çalışmalar, müzik pratiğinin sinir sistemi üzerindeki etkilerini daha bütüncül biçimde ortaya koyabilir.

## SONUÇ

Bu tez çalışmasında, uzun süre gitar ve bağlama çalan bireylerin parmak uçlarındaki iki nokta ayrım hassasiyeti, çalgı çalmayan bireylerle karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalmış bulunmuştur. Bulgular, özellikle gitar ve bağlama icrasında parmak uçlarının tekrarlayan mekanik strese maruz kalması sonucu gelişen hiperkeratoz ve deri kalınlaşmasının, duyu reseptörlerinin hassasiyetini etkileyebileceğini göstermektedir.

Bu sonuç, somatosensoriyel sistemde uzun süreli müzik icrasına bağlı yapısal ve fonksiyonel değişikliklerin ortaya çıkabileceğini desteklemektedir. Güncel çalışmalar da müzisyenlerde duysal sistemin adaptasyonlar geçirdiğini göstermektedir. Bu adaptasyonların bir kısmı yoğun mekanik stresin etkisiyle duyarlılığı azaltmaktadır. Sadece beyin temsillerine odaklanan yaklaşımlar, kalluslaşma gibi periferik faktörleri göz ardı ederse, duysal performans hakkında eksik değerlendirmelere neden olabilir. Çalışmamızın bulguları, bu ikili etki mekanizmasının dengeli biçimde değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Klinik açıdan, müzisyenlerin parmak uçlarının nörolojik duyarlılığının azalmasına ve performanslarının sürdürülebilirliğine yönelik hem nöroplastisite temelli rehabilitasyon yaklaşımları hem de periferik doku sağlığını koruyacak koruyucu stratejiler geliştirilmelidir. Bu bütüncül yaklaşım, yalnızca müzisyenlerin değil, tüm yoğun el pratikleri gerektiren meslek gruplarının sağlıklı ve verimli çalışmaları için temel bir gerekliliktir.

## KAYNAKÇA

- Abraira, V. E., & Ginty, D. D. (2013). The sensory neurons of touch. *Neuron*, 79(4), 618-639.
- Bear, M. F., Connors, B. W., & Paradiso, M. A. (2020). *Neuroscience: Exploring the Brain* (4th ed.). Wolters Kluwer.
- Bell-Krotoski, J. A., Tomancik, E. (1987). The repeatability of testing with Semmes-Weinstein monofilaments. *The Journal of Hand Surgery*, 12(1), 155–161.
- Boesch, C., Fuchsberger, T., Beutler, K., Bender, D., Daigeler, A., & Medved, F. (2019). Value of the two-point discrimination test: Evaluation of 238 isolated finger nerve injuries. *The Journal of Hand Surgery (Asian-Pacific Volume)*, 24(4), 477–482.
- Brandfonbrener A. G. (2003). Musculoskeletal problems of instrumental musicians. *Hand clinics*, 19(2), 231–vi.
- Byl, N. N., Merzenich, M. M., & Jenkins, W. M. (1996). A primate genesis model of focal dystonia and repetitive strain injury: I. Learning-induced dedifferentiation of the representation of the hand in the primary somatosensory cortex in adult monkeys. *Neurology*, 47(2), 508–520.
- Byl, N., Hamati, D., Melnick, M., Wilson, F., & McKenzie, A. (1996). The sensory consequences of repetitive strain injury in musicians: focal dystonia of the hand. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation*, 7(1), 27–39.
- Catley, M. J., O'Connell, N. E., Berryman, C., Ayhan, F. F., & Moseley, G. L. (2014). Is tactile acuity altered in people with chronic pain? a systematic review and meta-analysis. *The journal of pain*, 15(10), 985–1000.
- Cauna, N. (1954). Nature and functions of the papillary ridges of the digital skin. *The Anatomical record*, 119(4), 449–468.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2022). Body mass index (BMI): Healthy weight, nutrition, and physical activity.

- Chassard, M., Pham, E., Comtet, J.J., (1993). Two-Point Discrimination Tests versus Functional Sensory Recovery in both Median and Ulnar Nerve Complete Transections. *Journal of Hand Surgery*. 18(6):790-796.
- Cicchini, G. M., Arrighi, R., Cecchetti, L., Giusti, M., & Burr, D. C. (2012). Optimal encoding of interval timing in expert percussionists. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, 32(3), 1056–1060.
- Cope, E. B., & Antony, J. H. (1992). Normal values for the two-point discrimination test. *Pediatric neurology*, 8(4), 251–254.
- Craig, J.C. & Johnson, K.O.. (2000). The two-point threshold: Not a measure of tactile spatial resolution. *Current Directions in Psychological Science*. 9. 29-32.
- Dellon, A. L. (1978). The moving two-point discrimination test: Clinical evaluation of the quickly adapting fiber/receptor system. *Journal of Hand Surgery*, 3(5), 474-481.
- Dellon, A. L. (1981). Evaluation of sensibility and re-education of sensation in the hand. *Baltimore*, 151-154.
- Dellon, A. L., Mackinnon, S. E., & Crosby, P. M. (1987). Reliability of two-point discrimination measurements. *The Journal of hand surgery*, 12(5), 693-696.
- Dellon, E. S., Keller, K., Moratz, V., & Dellon, A. L. (1995). The relationships between skin hardness, pressure perception and two-point discrimination in the fingertip. *The Journal of Hand Surgery: British & European Volume*, 20(1), 44-48.
- Desai, D. H., Dave, P., Mahajan, N., & Verma, A. (2023). Correlation of Sensory perception at different body parts with BMI using Two Point Discrimination. *medRxiv*, 2023-03.
- Divarco, R., Sternkopf, F., Karst, M., Altenmüller, E., Ramasawmy, P., Antal, A., & Lee, A. (2025). Lower thresholds and stronger adaptation to pain in musicians reflect occupational-specific adaptations to contact heat stimulation. *European journal of pain (London, England)*, 29(3), e4738.
- Drake, R. L., Vogl, A. W., & Mitchell, A. W. (2015). *Gray's anatomy for students*, 3rd edn Philadelphia. PA: Churchill Livingstone Elsevier.
- Elbert, T., Pantev, C., Wienbruch, C., Rockstroh, B., & Taub, E. (1995). Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players. *Science*, 270(5234), 305-307.

Elsevier, C. L. (2005). *Gray's Anatomy. The Anatomical Basis of Clinical Practice*. American Journal of Neuroradiology, 26(10).

Franco, P. G., Santos, K. B., & Rodacki, A. L. (2015). Joint positioning sense, perceived force level and two-point discrimination tests of young and active elderly adults. *Brazilian journal of physical therapy*, 19(4), 304–310

Gould, D.J., Brueckner, J.K., & Sidman, R.L. (2007). *Sidman's Neuroanatomy: A Programmed Learning Tool*.

Haines, T., Chong, J., Verrall, A. B., Julian, J., Bernholz, C., Spears, R., & Muir, D. C. (1988). Aesthesiometric threshold changes over the course of a workshift in miners exposed to hand-arm vibration. *British journal of industrial medicine*, 45(2), 106–111.

Jerosch-Herold, C. (2005). Assessment of sensibility after nerve injury and repair: a systematic review of evidence for validity, reliability and responsiveness of tests. *Journal of hand surgery*, 30(3), 252-264.

Johansson, R. S., & Vallbo, A. B. (1979). Tactile sensibility in the human hand: relative and absolute densities of four types of mechanoreceptive units in glabrous skin. *The Journal of physiology*, 286(1), 283-300.

Johansson, R. S., & Vallbo, Å. B. (1983). Tactile sensory coding in the glabrous skin of the human hand. *Trends in neurosciences*, 6, 27-32.

Johnson, K. O. (2001). The roles and functions of cutaneous mechanoreceptors. *Current opinion in neurobiology*, 11(4), 455-461.

Johnson, K. O., & Phillips, J. R. (1981). Tactile spatial resolution. I. Two-point discrimination, gap detection, grating resolution, and letter recognition. *Journal of neurophysiology*, 46(6), 1177-1192.

Johnson, K. O., Hsiao, S. S., & Yoshioka, T. (2002). Neural coding and the basic law of psychophysics. *The Neuroscientist*, 8(2), 111-121.

Johnson, K. O., Yoshioka, T., & Vega-Bermudez, F. (2000). Tactile functions of mechanoreceptive afferents innervating the hand. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 17(6), 539-558.

Mackinnon, S. E., & Dellon, A. L. (1985). Two-point discrimination tester. *The Journal of hand surgery*, 10(6 Pt 1), 906–907.

- Mackinnon, S. E., & Dellon, A. L. (2007). Surgery of the peripheral nerve.
- Moberg, E. (1990). Two-point discrimination test. A valuable part of hand surgical rehabilitation, eg in tetraplegia. *Scandinavian journal of rehabilitation medicine*, 22(3), 127-134.
- Moore, K. L., Dalley, A. F., II, & Agur, A. M. R. (2018). Clinically oriented anatomy, 8e. Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer.
- Nakano K. K. (1991). Peripheral nerve entrapments, repetitive strain disorder, occupation-related syndromes, bursitis, and tendonitis. *Current opinion in rheumatology*, 3(2), 226–239.
- Netter, F. H. (2019). Netter İnsan Anatomisi Atlası (7. Baskı). Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri. “El Bileği ve El Derisinin İnnervasyonu” (Şekil 441)
- Novak C. B. (2001). Evaluation of hand sensibility: a review. *Journal of hand therapy : official journal of the American Society of Hand Therapists*, 14(4), 266–272.
- Omer Jr, G. E. (1983). Report of the committee for evaluation of the clinical result in peripheral nerve injury. *The Journal of Hand Surgery*, 8(5), 754-759.
- Pantev, C., Engelien, A., Candia, V., & Elbert, T. (2001). Representational cortex in musicians: plastic alterations in response to musical practice. *Annals of the New York academy of sciences*, 930(1), 300-314.
- Pantev, C., Oostenveld, R., Engelien, A., Ross, B., Roberts, L. E., & Hoke, M. (1998). Increased auditory cortical representation in musicians. *Nature*, 392(6678), 811-814.
- Pascual-Leone, A., Nguyet, D., Cohen, L. G., Brasil-Neto, J. P., Cammarota, A., & Hallett, M. (1995). Modulation of muscle responses evoked by transcranial magnetic stimulation during the acquisition of new fine motor skills. *Journal of neurophysiology*, 74(3), 1037-1045.
- Purves D, Augustine GJ, Fitzpatrick D, et al., editors. *Neuroscience*. 2nd edition. Sunderland (MA): Sinauer Associates; 2001.
- Ragert, P., Schmidt, A., Altenmüller, E., & Dinse, H. R. (2004). Superior tactile performance and learning in professional pianists: evidence for meta- plasticity in musicians. *European journal of neuroscience*, 19(2), 473-478.

- Rehman, HU, Andaleeb, H., Saeed, I., Asif, T., Sharif, Z., Haq, K. ve Hamid, MF (2022). Diyabetli Farklı Yaş Gruplarında İki Noktalı Ayırım Eşiği: Farklı Yaşlardaki Diyabet Hastaları Arasında Ayırım Eşiği. *Pakistan BioMedical Journal* , 188-191.
- Rosén, B., & Lundborg, G. (2004). Sensory re-education after nerve repair: aspects of timing. *Handchirurgie· Mikrochirurgie· Plastische Chirurgie*, 37(01), 8-12.
- Rosenkranz, K., Butler, K., Williamon, A., & Rothwell, J. C. (2009). Regaining motor control in musician's dystonia by restoring sensorimotor organization. *Journal of Neuroscience*, 29(46), 14627-14636.
- Sato, T., Okada, Y., Miyamoto, T., & Fujiyama, R. (1999). Distributions of sensory spots in the hand and two-point discrimination thresholds in the hand, face and mouth in dental students. *Journal of Physiology-Paris*, 93(3), 245-250.
- Schacter, D. L., Wagner, A. D., Kandel, E. R., Schwartz, J. H., Jessel, T. M., Siegelbaum, S. A., & Hudspeth, A. J. (2013). *Principles of neural science. Learning and Memory*. 5th ed. New York: McGraw-Hill.
- Schwenkreis, P., El Tom, S., Ragert, P., Pleger, B., Tegenthoff, M., & Dinse, H. R. (2007). Assessment of sensorimotor cortical representation asymmetries and motor skills in violin players. *European Journal of Neuroscience*, 26(11), 3291-3302.
- Serarslan, Y., Melek, İ. M., Duman, T. (2008). Karpal tünel sendromu. *Pamukkale Tıp Dergisi*, 1(1),45-49.
- Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H. (2007). *Motor control: translating research into clinical practice*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Sims, S. E., Engel, L., Hammert, W. C., & Elfar, J. C. (2015). Hand sensibility, strength, and laxity of high-level musicians compared to nonmusicians. *The Journal of hand surgery*, 40(10), 1996-2002.
- Snell, R. S. (2010). *Clinical neuroanatomy*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Somatosensory examination and evaluation guide two point discrimination [Internet]. 2020. [http://healthcaresciencesocw.wayne.edu/sensory/6\\_1.htm](http://healthcaresciencesocw.wayne.edu/sensory/6_1.htm)
- Standring, S. (2020). *Gray's anatomy, the anatomical basis of clinical practice*. E-book 42nd edition. EditionChurchill Livingstone.

Weinstein, S. (1968). Intensive and extensive aspects of tactile sensitivity as a function of body part, sex and laterality. In the First Int'l symp. on the Skin Senses, 1968.

Yardımcı, C., (2023). Elde iki nokta diskriminasyonu duyusunun incelenmesi, (doktora tezi)  
Tez no: 817549

Yi, S. J., & Shin, H. U. (2006). Two-Point Discrimination of Fingertips and Related Factors in Rural Community Residents. *Journal of Korean Physical Therapy*, 18(5), 13-23.

Yokota, H., Otsuru, N., Kikuchi, R., Suzuki, R., Kojima, S., Saito, K., ... & Onishi, H. (2020). Establishment of optimal two-point discrimination test method and consideration of reproducibility. *Neuroscience Letters*, 714, 134525.

Zamorano, A. M., Riquelme, I., Kleber, B., Altenmüller, E., Hatem, S. M., & Montoya, P. (2015). Pain sensitivity and tactile spatial acuity are altered in healthy musicians as in chronic pain patients. *Frontiers in human neuroscience*, 8, 1016.

Zeuner, K. E., & Hallett, M. (2003). Sensory training as treatment for focal hand dystonia: a 1- year follow- up. *Movement Disorders: Official Journal of the Movement Disorder Society*, 18(9), 1044-1047.

Zeuner, K. E., Bara-Jimenez, W., Noguchi, P. S., Goldstein, S. R., Dambrosia, J. M., & Hallett, M. (2002). Sensory training for patients with focal hand dystonia. *Annals of neurology*, 51(5), 593–598.

## **EKLER**

### **7.1 Ek- 1: Etik kurul izin belgesi**



## 7.2 KONGRE KATILIM BELGESİ



## ÖZGEÇMİŞ

**Ali KARA;** lisans eğitimini İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümünde tamamlamıştır. Farklı illerde fizyoterapist olarak mesleğini icra etmiştir. Hali hazırda Sakarya Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Anatomi AD’ nda lisansüstü eğitimine devam etmektedir.

