

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KISA SÜRELİ SUPRAMAKSİMAL
EGZERSİZİN KOKU PERFORMANSINA AKUT
ETKİSİ**

GİZEM DÜŞMEZ

**BİYOFİZİK
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

İZMİR-2020

TEZ KODU: DEU.HSI.MSc-2017970071

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KISA SÜRELİ SUPRAMAKSİMAL
EGZERSİZİN KOKU PERFORMANSINA AKUT
ETKİSİ**

**BİYOFİZİK
YÜKSEK LİSANS TEZİ
GİZEM DÜŞMEZ**

Danışman Öğretim Üyesi: Dr. Öğr. Üye. Çağdaş GÜDÜCÜ

TEZ KODU: DEU.HSI.MSc-2017970071

Dokuz Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Biyofizik Anabilim Dalı Biyofizik Yüksek Lisans Programı Öğrencisi Gizem DÜŞMEZ “Kısa Süreli Supramaksimal Egzersizin Koku Performansına Akut Etkisi” konulu tezini 13.05.2020 tarihinde başarılı olarak tamamlamıştır.

Dr. Öğr. Üyesi Çağdaş GÜDÜCÜ

BAŞKAN

(Dokuz Eylül Tıp Fakültesi Biyofizik Anabilim Dalı)

Prof. Dr. Cem ŞEREF BEDİZ

ÜYE

(Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi)

Dr. Öğr. Üyesi Sibel KOCAASLAN ATLI

ÜYE

(İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Tıp Fakültesi)

Doç. Dr. Erkan GÜNAY

YEDEK ÜYE

(Dokuz Eylül Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi)

Prof. Dr. Ersin KOYLU

YEDEK ÜYE

(Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi)

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL DİZİNİ	iv
TABLO DİZİNİ.....	v
KISALTMALAR	vi
ÖZET.....	1
ABSTRACT	2
1. Giriş ve Amaç	4
2. Genel Bilgiler	6
2.1. Burun Anatomisi	6
2.1.1. Olfaktör epitel	7
2.1.2. Nazal Mukoza	9
2.1.3. Glomerüller	9
2.1.4. Mitral Hücreler	10
2.1.5. Olfaktör bulbus	10
2.1.6. Etmoid (Kribriform) Kemik	10
2.1.7. Olfaktör Duyu Nöronları	11
2.2. Burun Fizyolojisi	12
2.3. Koku Hücrelerinde Zar Potansiyelleri Ve Aksiyon Potansiyelleri.....	13
2.4. Koku Duyularının Hızlı Uyumu (Adaptasyon)	13
2.5. Koku Sinyallerinin Merkezi Sinir Sistemine Aktarılması	13
2.5.1. Anterior Olfaktör Nükleus	14
2.5.2. Olfaktör tüberkül	14
2.5.3. Piriform Korteks	15
2.5.4. Entorinal Korteks.....	15
2.5.5. Orbitofrontal Korteks.....	15
2.6. Koku Duyusunun Psikofiziksel Yöntemler İle Değerlendirilmesi.....	16
2.7. Nazal Hava Akımının Değerlendirilmesi	17
2.8. Wingate Anaerobik Güç Testi (WanT)	19
2.8.1. Wingate test protokolü.....	19
2.8.2. Neden anaerobik bir egzersiz modeli kullanıldı?	20
2.9. Beyin Kan Akımı	20
2.9.1. Prefrontal Korteks.....	22

2.9.2. Beyin Görüntüleme Yöntemleri	24
3. Gereç ve Yöntemler.....	28
3.1. Araştırmanın Tipi.....	28
3.2. Araştırmanın Yeri ve Zamanı	28
3.3. Araştırmanın Evreni ve Örneklemi/Çalışma Grupları	28
3.4. Çalışma Materyali	28
3.5. Araştırmanın Değişkenleri	28
3.6. Veri Toplama Araçları.....	29
3.6.1. Koku Duyusunun Sniffin' Sticks ile Psikofiziksel Olarak Değerlendirilmesi	30
3.6.2. Burun Hava Akımının Değerlendirilmesi.....	32
3.6.3. Koku Ayırt Etme Performansının Hemodinamik Değerlendirilmesi	32
3.6.4. Wingate Anaerobik Güç Testi	34
3.6.5 Test Protokolü.....	35
3.7. Araştırma Planı ve Takvimi	36
3.8. Verilerin Değerlendirilmesi	37
3.9. Araştırmanın Sınırlılıkları.....	37
3.10. Etik Kurul Onayı.....	37
4. Bulgular.....	37
4.1. Koku Ayırt Etme Performansı Bulguları	38
4.2. Nazal Hava Akımı Bulguları	38
4.3. Beyin Hemodinamik Yanıtlarına Ait Bulgular	39
5. Tartışma	41
6. Sonuç ve Öneriler	48
7. Kaynaklar	49
8.EKLER.....	56
EK-1. Burun Anatomik Yapıları	56
EK-2. Etik Kurul	59

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1. Olfaktör epitelde bulunan yapılar	7
Şekil 2. Olfaktör reseptör hücreleri ve G proteininin yapısı	8
Şekil 3. Glomerül ve mitral hücrelerin yapısı	10
Şekil 4. Etmoid kemiğin (kribriiform tabakanın) yapısı	11
Şekil 5. Koku reseptörünün uyarılması ve Sodyum iyon kapılarının aktivasyonu	12
Şekil 6. Koku hücrelerinde meydana gelen zar potansiyelleri	13
Şekil 7. Bir koku uyarının beyindeki yolculuğu.....	16
Şekil 8. Nazal hava akımı ölçülmesini sağlayan PNIF cihazı	18
Şekil 9. Sniffin' Sticks	30
Şekil 10. Sniffin' Sticks uygulaması.....	31
Şekil 11. Kontrol grubuna uygulanan dinlenme ve çalışma grubuna uygulanan.....	35
Şekil 12. Test protokolü	35
Şekil 13. Çalışma izlem planı.....	36
Şekil 14. Çalışma ve kontrol grubuna ait ön test ve son test koku ayırt etme skorlarının gösterimi.....	38
Şekil 15. Çalışma ve kontrol grubuna ait ön test ve son test PNIF skorlarının gösterimi.....	39
Şekil 16. Koku ayırt etme testi sırasında beyin ön bölgesinden elde edilen oksihemoglobin (Oxy-Hb) değerleri	39
Şekil 17. PNIF testi sırasında beyin ön bölgesinden elde edilen oksihemoglobin (Oxy-Hb) değerleri.....	39
Şekil 18. Koku ayırt etme testi sırasında beyin ön bölgesinden elde edilen deoksihemoglobin (HbR) değerleri	40
Şekil 19. PNIF testi sırasında beyin ön bölgesinden elde edilen deoksihemoglobin (HbR) değerleri.....	40

TABLO DİZİNİ

Tablo 1. Katılımcılara ait demografik veriler	38
--	----



KISALTMALAR

PNIF: Peak nasal inspiratory flow meter

ATP: Adenozin Trifosfat

cAMP: Siklik Adenozin Monofosfat

M.S.S.: Merkezi sinir sistemi

SDOIT: San Diego Odor Identification Test

SST: Sniffin' Sticks Test

UPSIT: University of Pennsylvania Smell Identification Test

B-SIT: The Brief Smell Identification Test/Cross Cultural Identification Test

OSIT-J: Odor Stick Identification Test for Japanese

fNIRS: Fonksiyonel yakın kızıl ötesi spektroskopisi

BT: Bilgisayarlı Tomografi

PET: Pozitron Emisyon Tomografisi

MRG: Manyetik Rezonans Görüntüleyici

SPECT: Single Photon Emission Computer Tomography (Tek Foton Emisyon Bilgisayar tomografisi)

EEG: Elektroensefalografi

iMRG: İşlevsel Manyetik Rezonans Görüntüleyici

BOLD: Blood-oxygen Level Dependent

HbO: Oksihemoglobin

HbR: Deoksihemoglobin

L: Litre

Dak.: Dakika

ml: Mililitre

KISA SÜRELİ SUPRAMAKSİMAL EGZERSİZİN KOKU PERFORMANSINA AKUT ETKİSİ

Gizem DÜŞMEZ, Dokuz Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Biyofizik
Anabilim Dalı, 35340, İnciraltı, İzmir, Türkiye.

gizemdusmez91@gmail.com

ÖZET

Amaç: Tez çalışmasında anaerobik egzersizin koku duyusu üzerindeki etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

Yöntem: Çalışmaya 40 sağlıklı erkek sporcu (ortalama yaş: $21,25 \pm 0,35$ yıl) katılmıştır. Tüm katılımcılara Sniffin Sticks testi, ardından nazal hava akımlarını ölçen tepe nazal akımölçer (PNIF-peak nasal inspiratory flow meter) test protokolü uygulanmıştır. PNIF testi her iki burun deliğine ayrı ayrı olacak şekilde birer dakika ara ile üç kez uygulanmıştır. Katılımcılar kontrol ve çalışma grubu olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Solunum testi sonrası kontrol grubundaki katılımcılar 8 dakika boyunca pasif olarak dinlenmiştir. Çalışma grubuna ise Wingate anaerobik test protokolü uygulanmıştır. Dinlenme ve egzersiz oturumlarından sonra her iki gruba da PNIF ve Sniffin Sticks-ayırt etme (discrimination) testi tekrar uygulanmıştır. Hemodinamik değişimleri gözlemleyebilmek amacıyla 4-kanallı fNIRS (fonksiyonel yakın kızılötesi spektroskopisi) yöntemi ile katılımcıların beyin ön bölgelerinden kayıt alınmıştır.

Bulgular: Çalışma sonunda kontrol grubunda nazal hava akımı ve koku ayırt etme testinde anlamlı bir değişiklik görülmemiştir. Çalışma grubunda ise hem koku ayırt etme testinde hem de nazal hava akımında istatistiksel olarak anlamlı bir artış olduğu görülmüştür.

Sonuç: Egzersize bağlı olarak nazal hava akımındaki artış dolaylı olarak koku duyusunda da bir artışa neden olmuştur.

Anahtar Kelimeler: anaerobik egzersiz, nazal hava akımı, koku duyusu, Sniffin' Sticks, fNIRS

ACUTE EFFECTS OF SHORT-TERM EXERCISE ON OLFACTORY PERFORMANCE

Gizem DÜŞMEZ, Dokuz Eylül University, Institute of Health Sciences, Biophysics
Master of Science Programme, Biophysics Department, 35340, Inciraltı, Izmir,
Turkey.

gizemdusmez91@gmail.com

ABSTRACT

Aim: The aim of the study was to investigate the acute effects of short-term exercise on olfactory performance.

Methods: Forty healthy male athletes (mean age: 21.25 ± 0.35 years) participated in the study. Sniffin' Sticks test was applied to all participants, followed by PNIF (Peak Nasal Inspiratory Flow) test which measures the nasal airway. The PNIF test was performed three times for each nostril with a one minute break. The participants were divided into two groups as control and study groups. After the PNIF test, the participants in the control group rested passively for eight minutes, while the study group performed the Wingate anaerobic test. After the rest and study sessions, PNIF and Sniffin Sticks discrimination test (SST-D) were repeated in both groups. The two bands of two channels fNIRS (Functional near-infrared spectroscopy) was applied to participants to reveal the hemodynamic changes in the prefrontal cortex.

Results: A statistically significant increase was found in the SST-D scores for the study group while no significant change was observed in the PNIF test for the control group.

Conclusion: The increase in nasal air flow due to exercise indirectly caused an increase in olfaction.

Keywords: anaerobic exercise, nasal airway, olfaction, Sniffin' Sticks, fNIRS

TEŞEKKÜR

Tüm yüksek lisans öğrenim sürecim boyunca bana yardımcı olan Dokuz Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü yönetimine ve çalışanlarına, sabırla her zaman yanımda olan, yol gösteren, yardımcı olan ve destekleyen Biyofizik Anabilim Dalı'ndaki hocalarım Prof. Dr. Adile Özgören, Prof. Dr. Murat Özgören ve Prof. Dr. Cem Şeref Bediz'e, akademik hayatımda her zaman olabileceğimin hep daha iyisini olmamı sağlayan beni hep destekleyen ve ilerlememi sağlayan sayın danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Çağdaş Gündücü'ye ve hem akademik hem de kişisel hayatımda deneyimleri ile bana akıl hocalığı yapan ve yol gösteren Öğr. Gör. Dr. İpek Ergönül'e, tezimde koku bataryasının kullanılmasını sağladığı için Prof. Dr. Thomas Hummel'e, nazal hava akımını ölçmeye yarayan tepe nazal akımölçer cihazının kullanılmasını sağladığı için Prof. Dr. Mustafa Cenk Ecevit'e, Biyofizik ekibinde yer alan tüm yüksek lisans öğrencilerine, tez sürecimde bana emeği geçen sayın hocam Doç. Dr. Erkan Günay'a ve veri toplama sürecimde daima yanımda olan ve destekleyen tüm yüksek lisans öğrencilerine ve özellikle tez sürecim boyunca bana hep yardımcı olan, daima motivasyonumu yüksek tutmamı sağlayan tüm dostlarıma, maddi ve manevi hiçbir desteğini benden esirgemeyen sevgili aileme teşekkür ederim.

1. Giriş ve Amaç

Dünyada canlılığın ilk oluşumundan itibaren canlılar için işleyen temel mekanizma hayatta kalmak üzerine kurulmuştur. Canlılar gelişen ve değişen çevre koşullarına adaptasyon ve bu çevre koşullarında meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişimleri algılayabilmek adına bazı özelleşmiş sistemler geliştirmişlerdir. Bu savunma mekanizmalarının oluşumunda çevre koşullarındaki fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişiklikleri algılayabilmek için canlılarda bir takım sistemler gelişmiştir. Söz konusu sistemler sayesinde canlılar, çevresel uyarılara karşı aktif veya pasif olarak bir tepki oluşturmaktadır. Canlıların durumunu veya hareketini değiştirmesine sebep olan çevresel uyaranlara karşı verilen yanıtlar biyolojik tepkiyi oluşturmaktadır. Örneğin; fotosentez yapan bitkilerin hücrelerinde bulunan kloroplastlar aracılığıyla ışığa yönelmeleri, sinekkapan bitkisinin (*Venus sp.*) kapan şeklinde özelleşmiş yapraklarına böcek geldiğinde bu hareketi algılayan tüy ve reseptörler sayesinde yapraklarını kapatarak böceği sindirerek beslenebilmesi, küstüm otu olarak bilinen *Mimosa pudica* bitkisinin sadece güneş ışığının geliş açısına karşı verdiği tepki ile gece/ gündüz farkını ayırt edebilmesi sayesinde gece yapraklarını kapatıp uykuya geçmesi sabah olduğunda güneşin ilk ışıkları ile yapraklarını açması çevresel uyaranlara verilen farklı tip yanıtlara verilebilecek sınırsız sayıda örnekten sadece birkaçıdır. Hayvanlar aleminde ise çevresel uyaranları alan özelleşmiş duyu reseptörleri bulunur. Bu reseptörler ve tipleri evrimsel gelişmişlik düzeyi arttıkça duyu organları ve duyu sistemlerine dönüşmüştür. Bu sistemler türe ve türün habitatına, beslenme şekline ve eş bulma şekline göre değişim göstermektedir. Örneğin insanda tat alma organı olarak işlev gören dil bulunurken yayın balıkları tüm vücutlarını kullanarak tat alabilmektedir. Yusufçuklar (*Anisoptera sp.*) ışığın saniyede 80 kez titreşimini görebilen gözlere sahiptir ve bu sayede avlarını yakalayabilmekte ustadırlar. Yıldız burunlu köstebekteki (*Condylura cristata*) gelişmiş dokunma duyusu ve çiftleşme, eş bulma, alan savunma, avının yerini tespit etmek için koku duyusunu kullanan boz ayılar (*Ursus arctos*) özelleşmiş, gelişmiş mekanizmaları ile örnek verilebilir. Tüm bu örneklerde duyuların ve reseptörlerin çevre koşullarında meydana gelen değişimlerin alınması amacıyla var olduğu ve canlı hayatının birçok alanında önem taşıdığı görülmektedir ve bu savunma mekanizmalarının yetersiz veya eksik kaldığı durumlarda ise canlılığı tehlikeye atan sonuçları olabileceği ön görülebilmektedir.

Modern insan türünün, tüm primatlar arasında değişen çevre koşullarına uyum sağlamadaki yeteneği göz önüne alındığında beş duyu organında meydana gelen

değişikliklerin (duyu alımında azalma/duyu kaybı vb.) insan türü için önemli hatta hayati problemler doğurabileceği bilinmektedir. Özellikle, insanda koku duyusunun çevredeki zararlı kimyasallara ve gazlara veya bozulmuş gıdalara karşı kaçınma davranışı gösterme, hayati riski en aza indirmede önemli rol oynadığı bilinmektedir (Güdücü, 2015). Bizim için hayati riskleri azaltmada önemli bir savunma mekanizması olan koku duyusunu etkileyen birçok faktör vardır. Bu faktörlerden başlıcaları; kadınlarda menstruasyon döngüsü, alkol ve sigara kullanımı, genetik koşullar, endokrin (hormon seviyelerindeki değişimler), bazı nörolojik, metabolik ve psikiyatrik hastalıklar ve egzersizdir (Pendolino A. L. vd., 2018; Sorokowski vd., 2019; Wang vd., 2019). Tez çalışması kapsamında bu parametrelerden egzersizin koku duyusuna olan etkisi incelenmiştir.

Son dönemde literatürde yer alan çalışmalarda, egzersizin farklı fizyolojik ve mental süreçler üzerinde olumlu etkileri olduğundan bahsedilmektedir (Voss vd., 2019). Egzersiz, günlük spontan hareketlerin dışında farklı fiziksel hareketler yapılmasını sağlayan temel bir oluşumdur. Yapılan egzersizin tipine bağlı olarak, vücutta metabolik, fiziksel, kimyasal ve bilişsel değişiklikler meydana gelmektedir. Egzersiz, genel olarak bir iyilik hali oluşturmaya ile son dönem çalışmaların ilgi alanını oluşturmaktadır. Söz konusu çalışmalarda, egzersizin sadece bilişsel işlevler üzerindeki olumlu etkilerinin yanı sıra (Voss vd., 2019), koku duyusu performansına olan etkileri de çalışılmaktadır. Literatürde aerobik egzersizin koku duyusu performansına olumlu bir etkisinin olduğu ile ilgili çalışmalar bulunmasına karşın (Bhalla vd., 2018; Falkowski vd., 2017; Marioni vd., 2010; Rosenfeldt vd., 2016; Schubert vd., 2013; Stone vd., 1967), anaerobik egzersizin koku duyusu performansı üzerindeki etkilerini inceleyen çalışma bulunmamaktadır.

İnsanlarda yapılan çalışmalarda egzersizin nazal yanıtlar üzerine etkileri nazal mukoza (Paulsson vd., 1985), nazal kan akımı (Hasegawa vd., 1988), nazal hacim (Fonseca, Petten Machado, vd., 2006), nazal direnç (Forsyth vd., 1983), nazal hava akımı mekanizmaları üzerinden açıklanmıştır. Egzersizin akut dönemde nazal kan akımını, nazal direnci, nazal hava akımını ve nazal hacmi arttırdığı gözlenmiştir. Ayrıca supin pozisyonunda yapılan aerobik egzersizden hemen sonra nazal tıkanıklık yaşandığı ancak, bu durumun mukoza renginde ve nazal kan akımında anlamlı bir değişiklik yaratmadığı bulunmuştur (Paulsson vd., 1985). Egzersizin nazal yanıtlar kapsamında aydınlatılmaya çalışıldığı bu çalışmalarda aerobik egzersiz protokollerinden yararlanılmış olup araştırılan mekanizma ile koku duyusunun arasındaki ilişki aydınlatılmaya çalışılmıştır. Bu nedenle tez çalışmasında

koku duyusunun nazal hava akımı üzerinden etki mekanizmalarının aydınlatılması amaçlanmıştır. Bu mekanizmaları aydınlatmak amacıyla bir anaerobik egzersiz türü olan supramaksimal egzersizden yararlanılmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında herhangi bir koku kaybı bulunmayan sağlıklı sporcu bireylerde anaerobik egzersizin koku duyusu performansına etkileri araştırılmıştır.

Tez kapsamındaki hipotez:

- Akut supramaksimal egzersiz sonrasında koku performansında bir değişiklik yaratır
- Supramaksimal egzersiz nazal hava akımı üzerinde bir değişiklik yaratır.

2. Genel Bilgiler

Koku duyumuz; dış tehlikelerden korunma, üreme ve yiyecek bulma gibi temel yaşamsal olayların sürdürülmesinde oldukça önemli bir görev üstlenmektedir. Buna rağmen, koku duyusunun hangi faktörlerden nasıl etkilendiği tam anlamıyla aydınlatılamamış, güncelliğini koruyan bir araştırma konusudur.

Koku molekülleri havada çözülmüş olarak bulunan küçük (<300 Da) kimyasal moleküllerdir. Yapısal olarak hidrofilik (su seven) ve lipofilik (yağda çözünen) özelliktedirler ve bu sayede mukusta yüksek konsantrasyona sahip olsalar dahi çözünebilirlikleri yüksektir (Güdücü, 2015). Koku moleküllerinin membran reseptörleri olan olfaktör reseptörlere bağlanabilmesi için gerekli olan enerji ATP (adenozin trifosfat) üzerinden karşılanmaktadır. Bu süreçte sodyum kanallarının açılmasına bağlı olarak hücre düzeyinde başlayan bir dizi elektrofizyolojik değişiklik meydana gelmektedir. Koku molekülleri G proteinlerine bağlanarak tek bir reseptöre veya bir set halinde birden fazla reseptöre bağlanarak sinyal iletimini başlatabilir (Menini vd., 2004). Mukus, burun içine giren havayı nemlendirir ve ısıtır. Bu süreç koku moleküllerinin çözünmesi için gereklidir (Güdücü, 2015).

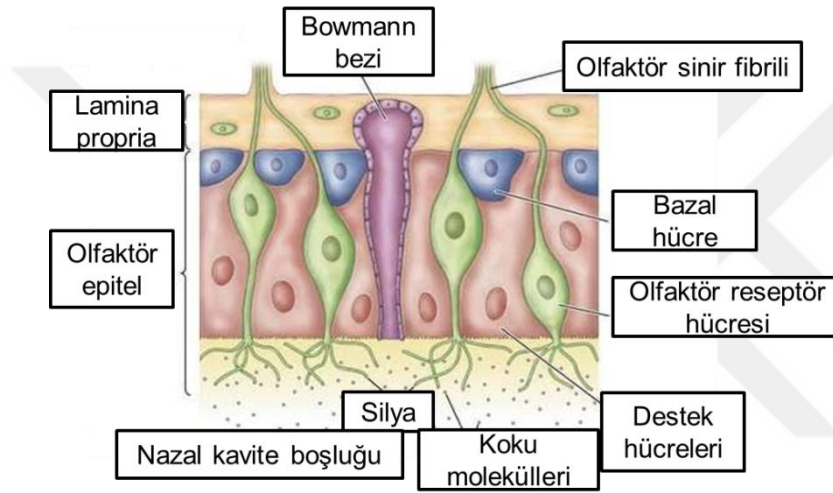
2.1. Burun Anatomisi

Burunun temel görevleri havayı nemlendirmek, ısıtmak, koku moleküllerini yakalamak ve yabancı molekülleri filtrelemektir. Bu görevleri gerçekleştirmek için özelleşen yapılar nazal kanallar, nazal mukoza, nazal konkalar, olfaktör epitel, olfaktör bulbus, glomerüller, mitral ve destek hücreleri, olfaktör sinirler, etmoid kemik ve beyindir (Güdücü, 2015). Burun ile ilgili anatomik yapılar EK-1 de yer almaktadır.

2.1.1. Olfaktör epitel

Olfaktör epitelin moleküler ve hücresel çeşitliliğinde ektoderm ve mezenkim önemli rol oynamaktadır ancak, ana olfaktör epitelin gelişimi yalancı çok katlı epitelden oluşmaktadır (Doty, 2014b). Olfaktör epitelde 4 tip öncül hücre vardır. Bunlar:

- 1) Olfaktör reseptör hücreleri
- 2) Destek hücreleri
- 3) Bazal hücreler
- 4) Bowmann bezi (Doty, 2014b).



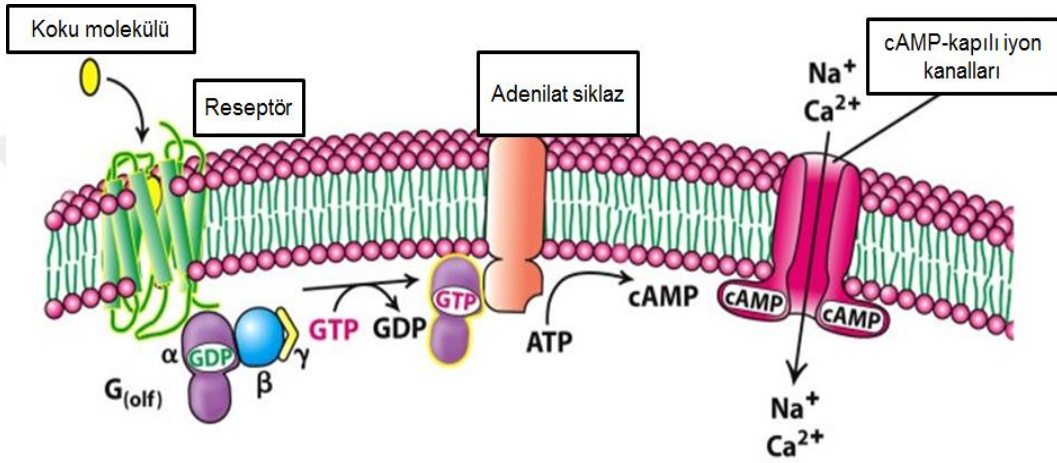
Şekil 1. Olfaktör epitelde bulunan yapılar¹

2.1.1.1. Olfaktör reseptör hücreleri

Olfaktör reseptör hücreleri bipolar yapıda olup, merkezi sinir sisteminden köken alırlar ve koku reseptör nöronları olarak da adlandırılırlar. Destek hücreleri arasında dağınık olarak yerleşmişlerdir. Hücre içine gömülü durumda (membranda) yaklaşık 100 milyon adet hücre bulunmaktadır. Bu reseptörlerin mukozal ucu burun boşluğunun iç yüzeyini kaplayan mukus içine kadar uzanır ve silli hücreleri içerir. Lamina propria, olfaktör akson demetleri, kan damarları, fibröz doku ve Bowmann bezlerinin büyük bölümünü kapsamaktadır. Bu silli hücrelerin sayısı hücre başına dört ile 25 arasında değişmekle birlikte çapı 0.3 mikrometre ve boyları 200 mikrometre dolaylarındadır. Dışarı uzanan bu silyumlar örtü oluşturarak havadaki

¹<https://www.britannica.com/science/chemoreception/Smell> adresinden türkçeye uyarlanmıştır.

koku moleküllerine yanıt verirler ve ardından olfaktör hücreleri uyarırlar. Olfaktör reseptör hücresindeki reseptör proteinleri, en büyük çoklu gen ailesindeki G-protein reseptör ailesinde yer almaktadır. G-proteinlerinin zar boyunca yedi defa katlanmış bir yapısı vardır. Bu katlanmış yapılar kademeli sinyal iletiminde önemli rol oynamaktadır. Zarın dışında bulunan katlanma bölgelerinde silyumlar bulunmaktadır (Hall, 2013b). Linda Buck tarafından olfaktör reseptörlere ait DNA yapıları tanımlanmış olup gen ailesi çoğunlukla 11. kromozomda ve büyük kısmı ise 1., 6., ve 9., kromozomlarda yer almaktadır. İnsanda 350 tane olan bu reseptör genleri yaklaşık 55-60 günlük periyotlarla yenilenir (Güdücü, 2015) (Şekil 1).



Şekil 2. Olfaktör reseptör hücreleri ve G proteininin yapısı²

2.1.1.2. Destek hücreleri

Destekleyici hücrelerdir. Olfaktör epitelde baskın olarak bulunurlar. Bu sayede reseptör hücrelerin izolasyonu ve koku moleküllerinin tekrar aktive olması sağlanır, mukusun kimyasal dengesi düzenlenir ve metabolizma yabancı partiküllerden korunur. Ksenobiyotik-metabolize enzimleri içermektedir. Bu enzimler bazı türlerde destek hücreleri salgılama fonksiyonuna sahiptir ancak, olfaktör epiteli kaplayan serömukoz salgılanmasında da rol oynar. Ama bu durum enzimlerin önceliği değildir (Hall, 2013b) (Şekil 1).

²<https://neurophilosophy.wordpress.com/2006/12/12/the-quantum-mechanics-of-smell/> adresinden türkçeye uyarlanmıştır

2.1.1.3. Bazal hücreler

Bazal lamina yanında yer alan alt epitel bölümüdür. Omurgalılarda horizontal ve küresel olmak üzere 2 farklı tipi bulunur (Doty, 2014b) (Şekil 1). Bazal hücreler genellikle yenilenen koku alma epitelyumu için progenitör (öncül hücreler) veya kök hücreler olarak kabul edilir (Plopper G.C. ve Harkema J. R.,2005)

2.1.1.4. Bowmann bezi

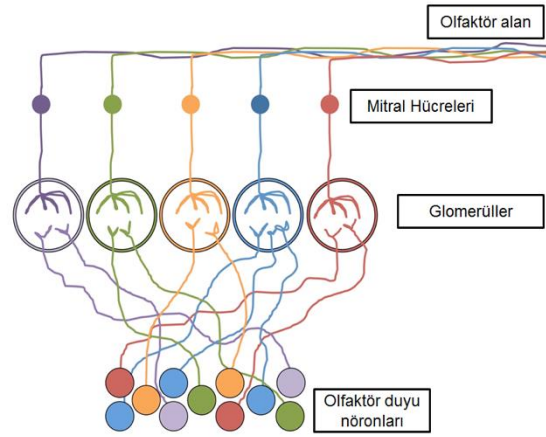
Mukoz ve seröz salgının birincil kaynağıdır. Seröz salgıları nazal mukozayı kapsar (Doty, 2014b) (Şekil 1).

2.1.2. Nazal Mukoza

Nazal mukoza burun içinde nazal boşluğun superior ve inferior kısımlarında, nazal septumda ve valflerin (burun kanatlarının) iç duvarında anterior ve inferior bölgelerde bulunur ve her 10-20 dakikada bir yenilenme özelliğine sahiptir. Nazal mukoza; endojen, ekzojen, ksenobiyotik veya substratlar bakımından yüksek metabolik kapasiteye sahiptir. Olfaktör dokunun yabancı maddelere karşı inflamasyon ve immün sistem uyarımı yüksektir. Solunan hava nazal mukozaya gelmeden önce üç farklı tip epitel hücresinden geçerek kimyasal değişikliğe uğrar ve yabancı partiküllerden ve patojen maddelerden uzaklaştırılmış olur. Böylece mukozaya kadar gelebilmiş olan hava, mukozada ısınmaya ve nemlenmeye uygun hale getirilmiştir (Doty, 2014b; Hsu & Suh, 2018).

2.1.3. Glomerüller

Glomerüller, olfaktör bulbusta yer alan yapılardır. Olfaktör duyu nöronlarından gelen akson terminalleri kribriiform kemikte çaprazlandıktan sonra her akson terminali, aynı koku alıcısının bulunduğu glomerüle bağlanır. Bu bağlamda glomerüller olfaktör bilginin beyne ulaşması için bir kapı görevi görmektedir (Crespo vd., 2019). Her koku molekülü kendine uygun olan glomerüle bağlanır. Bir kokuya maruz kalındığında olfaktör bulbustaki bir glomerül alt birimini aktive eden tanımlanmış bir olfaktör duyu nöronu setini etkinleştirir (Holbrook & Coelho, 2020) (Şekil 3).



Şekil 3. Glomerül ve mitral hücrelerin yapısı³

2.1.4. Mitral Hücreler

Bu hücrelerin temel görevi glomerüllerden gelen bilgiyi almak ve koku alma bölgesine iletmektir. Bu hücrelerin aksonları *Nervus olfactorius* olarak isimlendirilmektedir (Dryer & Graziadei, 1994) (Şekil 3).

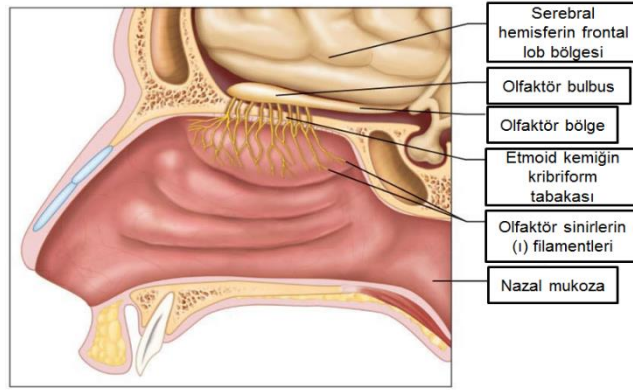
2.1.5. Olfaktör bulbus

Beyin dokusunun beyin tabanından öne doğru büyüdüğü bir yapıdır ve I. kranial siniri oluşturur. Beyin ve burun boşluğunu birbirinden ayıran kribriform kemiğin üzerinde yer alır. Bu bölge olfaktör nöronların sekonder nöronlarla sinaps yaptığı yerdir. Her olfaktör duyu nöronunun miyelinsiz aksonu olfaktör bulbusta yer alan spesifik glomerüllere bağlandıktan sonra mitral hücreler aracılığı ile aksiyon potansiyelleri halinde koku bilgisini olfaktör kortekse aktarır (Güdücü, 2015; Kandemir & Bayar Muluk, 2016; Mori vd., 1999).

2.1.6. Etmoid (Kribriform) Kemik

Olfaktör duyu nöronlarının miyelinsiz aksonlarının santral uçlarının çaprazlandığı bölgedir. Beyin ve burun boşluğunu birbirinden ayırır (Crespo vd., 2019; Güdücü, 2015) (Şekil 4).

³https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Olfactory_Sensory_Neurons_innervating_Olfactory_Glomeruli.jpg adresinden türkçeye uyarlanmıştır.



Şekil 4.Etmoid kemiğin (kribriform tabakanın) yapısı⁴

2.1.7. Olfaktör Duyu Nöronları

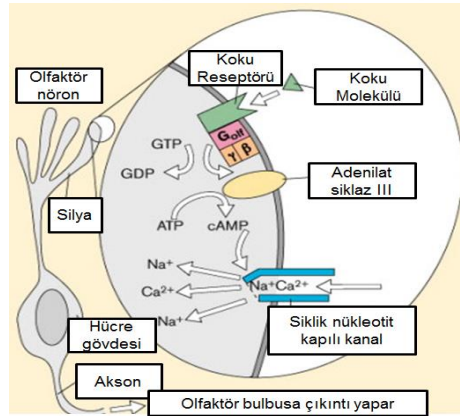
Olfaktör duyu nöronları koku bilgisini burundan beyne taşıyan, merkezi sinir sisteminden (MSS) kökenlenen, bipolar yapıdaki sistemlerdir. Birinci kranial sinirleri oluştururlar. Başlangıç yeri olfaktör epiteldeki *lamina propria* olan bu duyu nöronlarının miyelinsiz aksonları bu tabakayı kaplamış durumdadır ve bir kaç demetten (*fila olfactoria*) oluşmaktadır.

Fila olfactoria nazal kaviteden çıkarken etmoid kemikte *lamina cribrosa* ile çaprazlanarak beyne giriş yapar ve olfaktör bulbusta sonlanır. Olfaktör bulbusta gelen ve aksonlarla dolu olan bu duyu nöronları olfaktör sinir katmanı olarak da adlandırılır. Bu katman sinirlerin çaprazlanarak farklı yönlerde gittiği bölümdür. Olfaktör sinir tabakasındaki aksonlar homojen değildir. İç olfaktör sinir tabakası ve dış olfaktör sinir tabakası olmak üzere iki farklı sublamina vardır. Dış olfaktör sinir laminasında nöronlar sıkı lif demetleri halinde olfaktör bulbusun yüzeyine paralel olarak bulunurlar. İç olfaktör sinir laminası olfaktör bulbusun derinlerine kadar gidebilmektedirler. Olfaktör bilginin taşınması bulbar internöronlar ve sentrifugal aksonlar tarafından glomerüler seviyede ayarlanır (Crespo vd., 2019). Olfaktör duyu nöronunun hasarı durumunda sinir iletimi olfaktör bulbusta ulaşamaz (Holbrook & Coelho, 2020).

⁴ <http://humanphysiology.academy/Smell/Smell.html> adresinden türkçeye uyarlanmıştır.

2.2. Burun Fizyolojisi

Nefes alma (inspirasyon) sürecinde laminar bir akış ile burun içine giren hava akımı, valf bölgesinden geçerken türbülant akışa dönüşür. Akımdaki bu değişiklikler istirahat halinde olma veya egzersiz koşullarına göre değişebilmektedir. Örneğin egzersiz sırasında soluk alma ve vermede hava akımı türbülant akımdır ancak, dinlenme halinde nefes almada laminar olan akım nefes vermede türbülant akıma dönüşmektedir. Soluk alma ile koku molekülleri de burun içine girer ve olfaktör siller ile yakalanarak mukozada nemlendirilir ve çözünürler (Kandemir & Bayar Muluk, 2016). Çözünmüş koku molekülü, silyumlarda bulunan reseptör proteinlerine bağlanır. Koku molekülü reseptör katlantısının hücre zarı dışındaki bölümüne bağlanır. Protein katlantıları hücre zarının iç kısmında devam eder. Bu proteinin hücre içinde kalan kısmı üç alt birime sahip olan bir G proteini ile eşleşir. Reseptör protein uyarıldığında G proteininden bir alfa alt birim ayrılır. Ayrılan alfa alt birim adenil siklazı etkinleştirir. Adenil siklaz etkin hale geldiğinde ATP molekülünü siklik adenozin monofosfat (cAMP) haline çevirir. cAMP, sodyum iyon kanallarını açarak sodyumun hücre içine geçişini sağlar (Şekil 5). Sodyum iyonları membran potansiyelini veya hücre içi potansiyelini pozitif duruma getirir. Koku nöronunda aksiyon potansiyeli oluşur ve bu aksiyon potansiyelleri olfaktör sinir yoluyla merkezi sinir sistemine aktarılır (Hall, 2013b) (Şekil 2).

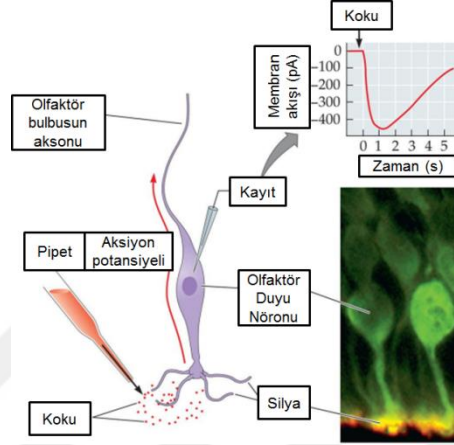


Şekil 5. Koku reseptörünün uyarılması ve Sodyum iyon kapılarının aktivasyonu⁵

⁵[https://www.sjsu.edu.akadns.net/people/steven.macramalla/courses/perception/Lecture %2014%20--Olfaction.pdf](https://www.sjsu.edu.akadns.net/people/steven.macramalla/courses/perception/Lecture%2014%20--Olfaction.pdf) adresinden türkçeye uyarlanmıştır.

2.3. Koku Hücrelerinde Zar Potansiyelleri Ve Aksiyon Potansiyelleri

Dinlenim halindeyken olfaktör hücrelerin zar potansiyelleri ortalama olarak hücre içinde -55mV 'dur. Bu seviyede yken hücrelerin birçoğu 20 saniyede bir, saniyede 2-3 tane yavaş hızda sürekli aksiyon potansiyeli üretir. Koku moleküllerinin başlattığı depolarizasyon sırasında -55mV 'luk potansiyel -30 mV 'a çıkar. Olfaktör sinir impulslarının hızı yaklaşık olarak uyarı şiddetinin logaritması ile doğru orantılıdır (Hall, 2013b) (Şekil 6).



Şekil 6. Koku hücrelerinde meydana gelen zar potansiyelleri⁶

2.4. Koku Duyularının Hızlı Uyumu (Adaptasyon)

Uyarılmalarının ardından birinci saniyede %50 uyum geliştirirler. Daha sonra uyum az ve yavaş olur. Uyum için ileri sürülen nöron mekanizmasına göre; sentrifugal sinir lifi olfaktör bulbusta yer alan glomerül hücrelerinde sonlanmaktadır. Merkezi sinir sistemi, koku uyarısının başlamasından sonra olfaktör bulbusu içinde koku sinyallerinin iletilmesini baskılamak üzere hızla bir geri bildirim geliştirmiştir (Hall, 2013b).

2.5. Koku Sinyallerinin Merkezi Sinir Sistemine Aktarılması

Bulbustan geriye doğru yönelen koku siniri liflerine I. kafa siniri (koku yolağı) denir. Hem koku yolağı hem de olfaktör bulbusu, beyin dokusunun beyin tabanından ileri doğru gelişmesinden ibarettir. Olfaktör bulbusu beyin ve burun boşluğunu birbirinden ayıran kribriform kemiğin üzerindedir. Kribriform kemik üzerinde bulunan küçük deliklerden

⁶<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960982298702714> adresinden türkçeye uyarlanmıştır.

sinirler geçerek olfaktör bulbusa girerler. Koku hücrelerinden çıkan kısa aksonlar glomerüllerde sonlanır. Bu glomerüllerden her biri olfaktör hücrelerden gelen yaklaşık 25.000 aksonun sonlanma noktasıdır. Ayrıca her glomerülde yaklaşık 25 mitral hücre ve yaklaşık 60 tüy hücresine ait dendritler de sonlanır. Bu dendritler olfaktör hücre nöronları ile bağlantı kurarlar. Mitral ve tüy demeti hücrelerinin aksonları ise olfaktör sinyalleri merkezi sinir sisteminin daha üst düzeylerine aktarılmaktadır. Olfaktör bulbustaki mitral ve tüylü hücrelerin sonlanma bölgesi olan olfaktör korteks anterior olfaktör çekirdek, tenia tekta, olfaktör tüberkül, anterior ve posterior piriform korteksler, amigdalanın kortikal nuklusu ve lateral entorinal korteksi içermektedir. Olfaktör kortekste tüm bölgeler ipsilateral ve kontralateral hedeflerin sayısı olfaktör bulbusa efferentleri geri gönderir (Hall, 2013b).

2.5.1. Anterior Olfaktör Nükleus

Koku alma sapına (retrobulbar alan) uzanır. Piriform korteks (lateral olarak) ve koku alma tüberkülünün (medial) önünde yer almaktadır. Bu bölge iki büyük gruba ayrılmaktadır: Pars eksternal ve Pars principalis. Anterior olfaktör nükleus, mitral ve tüysü hücrelerden bilgiyi direkt almaktadır. Olfaktör bulbustakine benzer olarak kokuyu ayırt etmede ve koku lokalizasyonunda görevlidir. Anterior olfaktör nükleus periferden ekstrakte olan moleküler özellikteki koku maddesinin ve olfaktör bulbus içinde koku nesnelerinin algılanma sürecini başlatabilir (Doty, 2014a). Pars principalis; pars lateralis, pars dorsalis, pars medialis, and pars ventroposterior. Olmak üzere dört bölümden oluşur. Dış pleksiform tabaka (tabaka I) ve piramidal hücreler içeren bir iç hücre tabakasına (tabaka II) sahiptir. Bu sayede piramidal hücrelerden farklı bir özellik kazanmış olmaktadır. Anterior olfaktör nükleusun derin tabakalarında bulunur ve koku alma bölgesi dışında diğer bölgelerle olan sinaptik bağlantılarında farklılıklar bulunmaktadır. Koku alma sürecinde tamamlayıcı rol oynamaktadır (Kay & Brunjes, 2014).

2.5.2. Olfaktör tüberkül

Diğer olfaktör kortikal alanlar ile kıyaslandığında daha küçüktür. Olfaktör tüberkül mitral hücrelerden daha baskın olarak tüylü hücrelerle birlikte ventrolateral olfaktör bulbustan güçlü girdiler alır. Olfaktör tüberkülün kokuyla uyarılmış dikkat veya uyarılmada görevlidir. İnsanlarda, burun içine giren havada koku olduğunda koku olmadığı duruma göre anterior

piriform/olfaktör tüberkülde koku uyarımlarında daha aktif olduğu görülmüştür (Doty, 2014a).

2.5.3. Piriform Korteks

Öncül duyu girdisi talamustan kökenlenmemektedir bunun yerine olfaktör bulbus, mitral ve tüylü hücrelerde ikinci sırada duyu nöronları vardır. Piriform kortekse ilk bilgi girişi ipsilateral olfaktör bulbustaki mitral ve tüylü hücrelerdendir. Piriform korteks kendisine gelen bilgiyi değerlendirir ve kokunun olup olmadığını veya hangi koku olduğunu yanıt olarak iletir. Koku-korku durumunda genel olarak birkaç korkuya veya kokuya özgü koşullu uyarıcı durum ile sonuçlanır. Korku uyarımından basolateral amigdala sorumlu olmasına rağmen öğrenilmiş korkuyu kontrol eden uyarıcı piriform korteks tek alt birimlerinde alıcı alanlarda değişiklik olduğu görülmüştür. Piriform korteks olfaktör bulbusta yukarıdan-aşağıya olan süreçlerde de büyük bir kaynaktır (Doty, 2014a).

2.5.4. Entorinal Korteks

İnsanlarda temporal lobun anteromedial hattı boyunca yer almaktadır (Brodmann alanı 28 ve 34). Peririnal ve Parahipokampal kortekslerden kortikal bilgiler geldiği için multiduyusaldır ve bilgi aldığı bu yapılara geri bildirimler vermektedir. İlk talamik girdisi dorsal orta hattaki talamik çekirdektedir. Ancak, bazı görüşlere göre lateral entorinal korteks olfaktör bulbustaki mitral hücrelerden ilk bilgiyi alır ve olfaktör kortekste tanıma uygun hale getirir. Lateral entorinal korteks ayrıca piriform korteksten de girdi alır. Bu girdiler lateral entorinal kortekste nöronların gelen koku bilgisinden sorumlu olmasını sağlar. Piriform kortekte patoloji veya fonksiyon kaybı koku algısı ve hafıza bozulmaları ile birlikte yüksek korelasyona sahiptir (Doty, 2014a).

2.5.5. Orbitofrontal Korteks

Frontal lobun anterior temelindedir. Talamusun dorsomedial nükleusu için bilgilerin geldiği ana bölgedir ve tüm modalitelerde duyu kortekslerinden girdi alır. Orbitofrontal korteks ve insular parahipokampal korteksler, amigdala çekirdeği, hipokampus ve hipotalamus ile karşılıklı bağlantılıdır. Orbitofrontal korteks ayrıca ödül veya ceza değeri, karar verme, hafıza ve duygu ile ilişkilidir. Orbitofrontal korteksin özellikle ventrolateral bölgelerinin koku algısında birkaç görevi vardır. İnsanlarda orbitofrontal kortikal koku

yanıtlarını gözlemleyebilmek için hoş koku olarak ifade edilen kokuların seçilmesi etkili bir yöntemdir. Kokuların seçiminde dikkat, talamusun dorsomedial çekirdeği ve direkt olarak piriform-orbitofrontal korteks yolağı ile kıyaslanan orbitofrontal korteksin fonksiyonel bağlantısını geliştirir. Entorinal korteks gibi orbitofrontal korteks de piriform korteksten yukarıdan - aşağıya işlemlerde girdiler almaktadır (Doty, 2014a) (Şekil 7).

Şekil 7. Bir koku uyaranının beyindeki yolculuğu⁷

2.6. Koku Duyusunun Psikofiziksel Yöntemler İle Değerlendirilmesi

Koku duyusunun ölçümü temel olarak psikofiziksel ve elektrofizyolojik yöntemlere dayanmaktadır (Nguyen vd., 2016). Elektrofizyolojik testler objektif ölçüm yöntemlerine dayanırken, psikofiziksel testler subjektif ölçüm yöntemlerine dayanmaktadır. Psikofiziksel ölçüm yöntemlerinde eşik testleri algılanan en düşük konsantrasyondaki koku algısını, eşik üstü testler ise ayırt etme, tanımlama, hafıza, yoğunluk ve hoş/hoş olmayan kalitesini ölçmektedir. Bu ölçümlerde tüm dünyada genellikle kullanılan testlerden bazıları Connecticut Koku belirleme testi, UPSIT (University of Pennsylvania smell identification test), B-SIT (The Brief Smell Identification Test/Cross Cultural Identification Test), OSIT-J (Odor Stick Identification Test for Japanese), Sniffin Sticks, Koku diskleri (smell diskettes) olarak öne

⁷https://www.researchgate.net/figure/Schematic-view-of-the-human-olfactory-system-The-primary-and-secondary-olfactory_fig2_264433979 adresinden türkçeye uyarlanmıştır.

çıkılmaktadır. Bu testler arasında UPSIT ve Sniffin Sticks testlerinin geçerlilik ve güvenilirlik ölçümleri yapıldığı için koku duyusu ölçümünde en çok yararlanılan psikofiziksel ölçme araçlarıdır (Güdücü, 2015). Bu testlerde koku içerikleri testin tipine ve uygulandığı kültüre özgü farklılıklar göstermektedir. Eşik değerlendirme testlerinde koku içeriği olarak n-butanol veya fenil etil alkol bulunurken koku belirleme (ayırt etme, tanımlama) testlerinin içerikleri farklılık göstermektedir. Bu tez çalışması kapsamında Sniffin' Sticks'in eşik testinde Fenil-etanol içeriğine sahip versiyonundan yararlanılmıştır.

Sniffin' Sticks testi koku duyusunun psikofiziksel olarak değerlendirilmesinde kullanılan ve ilk kez Almanya'da Thomas Hummel tarafından uygulanmış bir testtir (Hummel vd., 1997). Kùltürler arası farklılıktan dolayı Türkiye'de kullanılabilirliğine ait bir güvenilirlik çalışması gerçekleştirilmiştir (Oniz, A., 2013). Sniffin Sticks testi; genel olarak koku eşiğı, ayırt etme ve tanımlama yeteneğini ölçmektedir. Eşik belirleme bölümünde katılımcının algılayabildiğı en düşük konsantrasyondaki koku seviyesi bulunmaktadır. Ayırt etme bölümünde katılımcıların koku ayırt etme yeteneğı ölçülmektedir. Tanımlama bölümünde katılımcının kokuları tanımlayabilme performansı ölçülmektedir (Doty, 2018).

Söz konusu ölçüm sonuçları yaş, cinsiyet, menstrual döngü, sigara kullanımı, egzersiz, burun içi patolojileri gibi bazı faktörlerden etkilenmektedir (Cole vd., 1983; Güdücü, 2015; Marioni vd., 2010; Sorokowski vd., 2019; Stone vd., 1967; Wang vd., 2019). Çalışma kapsamında anaerobik yüksek şiddetli bir egzersizin koku duyusu skorlarına olan etkisi nazal hava akımı da ölçülerek değerlendirilmiştir.

2.7. Nazal Hava Akımının Değerlendirilmesi

Tez çalışması kapsamında solunum eşiğini ölçmek için PNIF (peak nasal inspiratory flow meter) testi kullanılmıştır. Bu test ağız kapalı olarak sadece burundan derin ve hızlı bir nefes çekerek uygulanmaktadır. Tez çalışması kapsamında iki burun deliğinden ayrı ölçümler alınmıştır. Katılımcılardan rastgele olacak şekilde bir burun deliğini kapatmaları istenmiş ve açık olan burun deliğinden ölçüm alınmıştır. Aynı işlem diğer burun deliğı için tekrarlanmıştır. Bu ölçümler ön test ve son test olarak oturumlardan (dinlenme/egzersiz) önce ve sonra uygulanmıştır. Her iki ölçüm arasında bir dakika ara verilmiştir. Tüm ölçümler katılımcılar dik oturur pozisyondayken alınmıştır. Bunun sebebi yapılan çalışmalarda farklı pozisyonlarda alınan PNIF skorlarında değişiklik olduğu görölmüş ve en ideal pozisyonun dik oturma pozisyonu olduğu varsayıldığı için kayıtlar bu pozisyonda alınmıştır (Rundcrantz,

1969). PNIF ile ölçümler litre/dakika cinsinden alınmaktadır. Yani PNIF ile bir dakika içerisinde kaç litre hava çekilebildiği ölçülmektedir. Bu değer PNIF üzerinde minimum 30 L/dak maksimum ise 370 L/dakika düzeyindedir (Şekil 8).

Literatürde nazal hava akımının birçok faktörden (iklim, sıcaklık, nem, boy, cinsiyet, pozisyon, sigara kullanımı, dinlenme ve egzersiz) etkilendiği bildirilmiştir (Cole vd., 1983; Connel & Fregosi, 1993; Fonseca, Petten Machado, vd., 2006; Fonseca, Voegels, vd., 2006; Holmstrom vd., 1990; Ottaviano & Fokkens, 2016; Philpott vd., 2004). Çalışma kapsamında bu faktörler yaklaşık olarak birbirine yakın değerlerde tutulmuştur ve sadece dinlenme ve egzersiz faktörlerinin etkileri araştırılmıştır.



Şekil 8. Nazal hava akımı ölçülmesini sağlayan PNIF cihazı⁸

Literatürde bu faktörlerin tespit edilebilmesi için alternatif yöntemler geliştirilmiştir. Günümüzde solunumdaki değişikliklerin kaynağı olan nazal direncin ölçümünde en çok tercih edilen ve altın standart olarak bilinen yöntem aktif anterior rinomanometre olarak isimlendirilir (Ottaviano & Fokkens, 2016). Nazal hava akımını ve nazal direnci ölçmek için kullanılan temel yöntemler arasında nazal spirometre, akustik rinometre, rinomanometre ve PNIF yöntemleri öne çıkmaktadır. PNIF ise her yaştan herkese uygulanabilir, taşınabilir ve ulaşılabilirliğinin kolay olması açısından daha çok tercih edilmektedir (Ottaviano & Fokkens, 2016). Ayrıca akustik rinomanometre ve rinomanometre ile korele olması ve nazal tıkanıklığa duyarlı ölçümler sağlaması bakımından da bu çalışmada tercih edilmiştir (Tan vd., 2019). Bunun yanı sıra PNIF cihazının bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Örneğin burun tamamen tıkalı olduğunda ölçüm alamamak PNIF'in sınırlılıkları arasında yer almaktadır. PNIF testinde alınan üç ölçüm arasında en yüksek olan skor değerlendirmeye alınır. Ancak, bir çalışmada en yüksek iki skor değerlendirmeye alınmıştır (Pendolino A. L. vd., 2019). PNIF testinin ilk kez uygulanıyor olmasından kaynaklanan ölçüm farklılıkları gözlenebilmektedir. PNIF ile çalışan araştırmacıların ve tez kapsamında da toplanan verilerde

⁸<https://www.medicalexpo.com/prod/gm-instruments/product-96001-720458.html> adresinden alınmıştır.

gözlemlendiği gibi veri alınan burun deliği fark etmeksizin ilk ölçümler her zaman daha düşük olmaktadır (Pendolino A. L. vd., 2019). Bu çalışmada toplanan PNIF verilerinde her iki burun deliğinden alınan üç ölçüm arasından en yüksek skor değerlendirilmiştir. PNIF testinin pratik açıdan tekrarlanmasının kolay oluşu geçerlilik ve güvenirlik çalışmalarına da olanak tanımıştır (Bouzgarou vd., 2011; Rujanavej vd., 2012).

Egzersizin sözlük anlamına bakıldığında sağlıklı ve fit olabilmek için fiziksel bir efora gereksinim duyan aktivite olarak karşımıza çıkmaktadır. Burada bahsedilen eforu sağlayabilmek için vücutta çeşitli enerji depoları kullanılmaktadır. Bilimsel anlamda bakıldığında ise egzersiz; vücudun herhangi bir bölümünü iyileştirmek amacıyla planlanan, yapılandırılan ve tekrarlayan fiziksel aktivite olarak tanımlanmaktadır (Thompson, 2014). Bir egzersiz sırasında verilen yüke karşı kaslar mekanik bir iş yapar. Bu iş sırasında vücutta enerji kullanılır. Vücudun kullandığı enerji kaynaklarına göre sınıflandırıldığında genel anlamda aerobik ve anaerobik egzersizler olarak sınıflandırılırlar (M. Günay vd., 2017). Aerobik egzersizde enerji için oksijen varlığında enerji kullanılırken anaerobik egzersizde oksijen yerine kreatin fosfattan yararlanır (Yıldız S. A., 2012). Anaerobik enerji sisteminin baskın olarak kullanıldığı bazı spor dalları arasında futbol, basketbol, hentbol, buz hokeyi, Amerikan futbolu, kısa ve orta mesafe koşuları, kısa mesafe yüzme branşları, atma, atlama, güreş, tenis, kayak, jimnastik yer almaktadır. Bu spor dallarında ortaya çıkan anaerobik gücü ölçmek için kullanılan temel yöntemler arasında koşu bandı, bisiklet ergometresi ve basamak testi yer almaktadır (C. Ş. Bediz, 1994). Tez çalışması kapsamında anaerobik egzersiz etkisi araştırılması planlanmış ve bisiklet ergometresi ile Wingate anaerobik test protokolü kullanılmıştır.

2.8. Wingate Anaerobik Güç Testi (WanT)

Wingate testinin temeli bisiklet ergometresinde supramaksimal olarak uygulanan güce karşı 30 saniye süresince pedal çevirmeye dayanmaktadır. Bu test Monark ve Bodyguard gibi ergometrelerde de uygulanabilmektedir. Bu ergometrelerin özelliği katılımcı için belirlenen yükü uygularken bu ağırlığı indiren bir pendulumun olmasıdır (Bar-Or, 1987).

2.8.1. Wingate test protokolü

Wingate testi 5 farklı evreden oluşmaktadır:

1. Evre (Hazırlık): Dört-altı saniye boyunca en kısa sürede dört-beş adet maksimum pedal çevirme (sprint) hızını kapsamaktadır.
2. Evre (Toparlanma arası): 10-20 rpm hızında 10 N'da pedal çevirmeyi ya da pasif olarak sele üzerinde dinlenmeyi kapsamaktadır.
3. Evre (Hızlanma): Hazırlık aşamasında belirlenen sprint hızı zamanına göre yük uygulanmadan önce katılımcının hızlanmaya başladığı zamanı kapsamaktadır. Bu hızlanma süresi yedi saniye ile 15 saniye arasındadır.
4. Evre (Wingate testi): Daha önceden ağırlığı belirlenmiş olan yükün katılımcıya 30 saniye boyunca uygulandığı zamanı kapsamaktadır.
5. Evre (Soğuma): Katılımcının aktif (hareket halinde) veya pasif (hareketsiz olarak oturma pozisyonunda) olarak dinlendirilmesini kapsamaktadır (Bediz, C. Ş. 1994).

2.8.2. Neden anaerobik bir egzersiz modeli kullanıldı?

Bu çalışmanın amacı anaerobik bir egzersizin koku duyusu performansına olan akut etkisini gözlemektir. Literatürde egzersizin koku duyusuna olan etkisinin hem sağlıklı hem de farklı hasta gruplarında incelendiği ve bu incelemelerde aerobik egzersiz modellerinin kullanıldığı görülmektedir (Bhalla vd., 2018; Falkowski vd., 2017; Marioni vd., 2010; Rosenfeldt vd., 2016; Schubert vd., 2013; Stone vd., 1967). Anaerobik bir egzersiz modelinin, koku duyusunu nasıl etkileyeceği bu tezin araştırma konusunu oluşturmaktadır. Bu tez çalışması; anaerobik egzersizin koku duyusunda nasıl bir değişiklik oluşturduğuna ve hangi mekanizmalar üzerinden etki yaptığına dair öncül bir çalışmadır.

Koku duyusunu dolaylı olarak etkileyen bir diğer faktör ise nazal boşluklarda meydana gelen direnç ve hava akımıdır (Fonseca, Petten Machado, vd., 2006). Bu çalışmada ayrıca PNIF testi ile solunum eşiği de ölçülmüş ve anaerobik egzersiz koşullarının nazal hava akımı üzerine olan etkisi de araştırılmıştır.

2.9. Beyin Kan Akımı

Serebral kan akımı glikoz ve oksijen metabolizması ile yakından ilişkilidir. Beyine sürekli kan akımı sağlanmaktadır. Bu kan akımı dört adet arter ile sağlanmaktadır. Bu arterler iki adet karotid arter ve iki adet vertebral arterlerdir. Bu arterler dallanarak Pial arterleri meydana getirir. Pial arterlerin oluşumunu sağlayan arteriyollerde oksijen, karbondioksit, besin ve metabolik ürün değişimi olmaktadır. Sağlıklı bir yetişkin insan beynindeki normal

kan akımında her 100 gram beyin dokusu için ortalama bir dakikada 50-65 mililitre kan akımı olmaktadır. Bu miktar tüm beyne oranlanırsa 750-900 ml/dakikadır. Dinlenme durumunda beyin kalp debisinin yaklaşık olarak %15'ini kullanmaktadır (Hall, 2013a). Beyni besleyen arterlerde meydana gelen bir tıkanıklık veya hasar durumunda bilişsel işlevlerde ciddi sonuçlara neden olur. Bu yüzden beyin içindeki regülasyon, perfüzyon basınçlarındaki değişikliklerden bağımsız olarak sürekli bir kan tedarikiyle sonuçlanır (Chatterjee vd., 2020). Beynin ve omuriliğin tüm kan akışı dorsal aorttan iki dal kümesine bağlıdır. Vertebral arterler subklavyen arterlerden köken alır. Medüller arterler anterior ve posterior spinal arterleri oluşturmak için birleşir. Medüller arterlerden herhangi biri tıkanır veya hasar görürse omuriliğin belirli kısımlarına kan temini tehlikeye girebilir. Ortaya çıkan nörolojik hasar paterni, posterior veya anterior artere olan beslemenin kesintiye uğramasına bağlı olarak değişir. Omurilikte artan ve azalan sinir yollarının düzenlenmesinden beklendiği gibi posterior kaynağın kaybı genellikle duyu fonksiyonların kaybına yol açarken, anterior kaynağın kaybı daha sık motor eksikliklere neden olur. Beyin iki kaynaktan kan alır: Boyundan yaygın karotid arterlerin iki kola ayrıldığı noktada ortaya çıkan iç karotid arterler ve vertebral arterler. İç karotid arterler; iki ana serebral arter anterior ve orta serebral arterler oluşturmak için dallanır. Sağ ve sol vertebral arterler, orta hat baziler arterini oluşturmak için beyin sapının ventral yüzeyindeki pons seviyesinde bir araya gelir. Baziler arter, Willis çemberi adı verilen beyinin tabanındaki (hipotalamus ve serebral pedinküllerin yakınında) bir arteryal halkada iç karotidlerden gelen kan kaynağına katılır. Arka serebral arterler, iki küçük köprüleme arterleri, ön ve arka iletişim arterleri gibi bu birleşme yerinde ortaya çıkar. Willis çemberi yoluyla iki ana serebral vasküler tedarik kaynağının birleştirilmesi, büyük arterlerden biri tıkanırsa beynin herhangi bir bölgesinin kan almaya devam etme şansını artırır. İç karotis arterlerden oluşan dallar beynin ön bölgesini besleyen ön dolaşımı oluşturur. Bu arterler ayrıca Willis çemberinden de kökenlenmektedir. Her biri korteksi besleyen dallara ve beynin bazal yüzeyine nüfuz eden dallara, bazal gangliyonlar, talamus ve iç kapsül gibi derin yapılar sağlar. Özellikle belirgin olan, orta serebral arterden dallanan lenticulostriat arterlerdir. Bu arterler bazal ganglionları ve talamusu besler. Beynin posterior dolaşımı posterior korteks, beynin orta bölümü ve beyin sapını sağlar; posterior serebral, baziler ve vertebral arterlerden kaynaklanan arter dallarından oluşur. Arteriyel dağılım paterni beyin sapının tüm alt bölümleri için benzerdir. Orta hat arterleri medial yapılar; lateral arterler ve beyin sapını sağlar ve dorsal-lateral arterler arasında posterior inferior serebellar arter ve medulla ve

ponsların farklı bölgelerini sağlayan ön inferior serebellar arter bulunur. Bu arterler ve beynin ventral ve lateral yüzeylerinden nüfuz eden baziler arterin dalları, özellikle yaygın oklüzyon bölgeleridir ve kranial sinir, somatik duyuşal ve motor fonksiyonun spesifik fonksiyonel kusurlarına neden olur. Beynin kan dolaşımının sunduğı fizyolojik talepler özellikle önemlidir. Çünkü nöronlar oksijen yokluğuna, daha düşük metabolizma hızına sahip diğere hücre türlerinden daha duyarlıdır. Ayrıca beyin dolaşımdaki toksinlerden dolayı risk altındadır ve bu açıdan özellikle kan-beyin bariyeri ile korunmaktadır. Nöronların yüksek metabolik hızının bir sonucu olarak kan kaybından kaynaklanan oksijen ve glikozdan yoksun beyin dokusunun geçici veya kalıcı hasarı sürdürmesi muhtemeldir. Kısa kan kaybı, hızla tersine dönmediğinde hücre ölümüne yol açabilen hücreşel değışikliklere neden olabilir. Sürekli kan temininin kaybı, doğrudan yoksun hücrelerin ölümüne ve dejenerasyonuna yol açar. İnme-vasküler hastalık nedeniyle beyin dokusunun ölümü veya işlev bozukluğı anlamına gelen anakronistik beyin arterlerinin tıkanmasını (veya kanamasını) takip eder. Günümüzde kan akışına dayalı girişimsel olmayan fonksiyonel görüntüleme teknikleri, klinik belirti ve semptomların otopside gözlenen doku hasarının yeri ile korelasyonu büyük ölçüde desteklenmektedir (Purves, 2001).

2.9.1. Prefrontal Korteks

Broadmann 6. ve 8. alanlarının önünde bulunmaktadır. Kapsadığı bölgeler Gyrus frontalis superior, gyrus frontalis medius ve gyrus frontalis inferior ve gyri orbitalis ile gyri cinguli'nin ön kısmıdır. Beyin sapının aminerjik nükleuslarından girdiler alır ve corpus striatum ile bağlantı kurar. Corpus striatum, hipotalamus, locus coeruleus ile dopaminerjik, noradrenerjik, serotonerjik sinir yolları bulunmaktadır. Davranışların düzenlenmesinde bu monoaminler önemlidir.

Prefrontal korteks üç bölümden oluşmaktadır:

1. Dorsolateral prefrontal korteks: Broadmann 9, 10 ve 46 numaralı bölgelerini kapsamaktadır. Ancak, farklı kaynaklarda Broadmann 9 numaralı bölge orta-dorsal alan olarak 46. bölge ise dorsolateral alan olarak geçmektedir.
2. Medial prefrontal korteks: Broadmann 25, 32 ve 33 numaralı bölgeleri kapsamaktadır.
3. Orbitofrontal korteks: Broadmann 11 ve 12 bölgelerini kapsamaktadır.

2.9.1.1. İşlevleri

1. Çalışma belleği
2. Bilinç
3. Duygulanım

2.9.1.2. Histolojisi

Prefrontal korteksten yüzeyden derine doğru bir kesit alındığında aşağıdaki tabakalar gözlenmektedir;

1. Moleküler Tabaka: Horizontal hücreler ve nöroglial hücrelerin bulunduğu tabakadır. Bu hücrelerde diğer bölgelerden gelen sinirler sonlanmaktadır. Bu yüzden sinaptik bakımdan önemli bir alandır.
2. Eksternal Granüler Tabaka: Hücre sayısı açısından en yoğun tabakadır. Bu tabakada bulunan hücreler granüler, küçük sepet ve nöroglial hücrelerdir.
3. Eksternal Piramidal Tabaka: En kalın tabakadır. Bu tabakada nöroglial hücreler, piramidal hücreler ve Chandelier hücresi bulunur.
4. İnternal Granüler Tabaka: Bu tabakada bulunan hücreler küçük granüler, büyük sepet ve nöroglial hücrelerdir.
5. İnternal Piramidal Tabaka: Bu tabakada uzun piramidal hücreler bulunur. Bu hücreler cortex cerebri için uygun özelliktedirler.
6. Multiform Tabaka: Bu tabakada Martinotti hücreleri ve nöroglial hücreler yer alır.

2.9.1.3. Sinir İletim Yolları

2.9.1.3.1. Afferentler

Mezensefalonda bağlantılı olduğu yapılar arasında nukleus interpeduncularis, area ventralis tegmentalis. Dopamin hücreleri mezensefalonda bulunur ve çalışma belleğinin düzenlenmesinden sorumludur. Ponsa bulunan gri cevherdeki lifler prefrontal kortekse gelmektedir. Hipokampusun CA1 bölgesinden afferent impulslar medial prefrontal korteksin 25. ve 32. alanlarına gelmektedir. *Formatio hipocampiden* gelen projeksiyon lifleri medial prefrontal korteks ve orbitofrontal kortekse gelmektedir ve uzun süreli bellekten sorumludur. Talamustaki major afferentler dorsolateral prefrontal kortekse gitmektedir. Bu bölgeye gelen lifler nucleus centralis medialis, nuclei anteriores thalami, nucleus paracentralis, nuclei pulvinares, nucleus ventralis anterior ve nucleus ventralis intermedius lateralistendir.

Prefrontal korteksin diğer bağlantıları ise hipotalamus, bazal gangliyonlar, nukleus amygdaloideum, periventriküler nukleus ve zar ile yaptığı insertadır.

2.9.1.3.2. Efferentler

Medial prefrontal korteksten kökenlenirler. Görevli olduğu yapılar arasında Diencephalon ve Mesencephalon yer almaktadır. Talamusta bulunan nucleus medialis dorsalis, nucleus habenularis, substantia nigra, colliculus superior ve mezensefalonun ventromedial tegmentumu uyarılan yapılar arasında yer almaktadır. Uyarılan bu yapılar prefrontal korteksin 4 ve 5. tabakasında bulunan nöronlarla iletişim halindedir. Prefrontal korteksin limbik sistemle olan bağlantısı temelde gyrus cinguli aracılığıyla olmaktadır. Lateral prefrontal kortekte bulunan retrograd lifler peririnal ve parahipokampal kortekse ulaşır. Pons ve cerebellum ile bağlantı kurabilmek için tractus frontopontinusdan yararlanır.

2.9.1.4. Prefrontal Korteks Assosiasyon Alanları

Broadmann'ın 6. bölgesinde bulunan anterior alandır. Motor korteks ile yakın bağlantılıdır. Hareketlerdeki karmaşık yapıyı ve sırayı düzenlemekle görevlidir. Bu assosiasyon alanı düşüncelerin işlenmesinde ve olgunlaşmasında önemli rol oynamaktadır. Kortikal assosiasyon yolları sırası ile gyrus temporalis inferior, gyrus temporalis superiorun anterioru, polus temporalisin ön kısmı, sulcus temporalis superiorun anterior bölgesidir. Liflerin geldiği diğer alanlar ise parietal korteks, insula ve temporal operculumdur.

2.9.1.5. Prefrontal Korteks Fonksiyonları

Davranış ve kişilikte önemli rol oynayan merkezleri içermektedir. Bu görevlere ek olarak dikkatin sürdürülmesi, kelime hatırlama, çalışma belleği, planlama ve kontrol etme gibi bilişsel süreçleri de kapsamaktadır. Bilişsel işlevler dışında duyguların kontrol edilmesinde konuşma yeteneğinde de görev alır. Mental görevler arasında geleceği tahmin etme, duyuşal sinyallere yanıt verme ve bu yanıtı hazırlama, bir motor hareket gerçekleştirilmeden önce sonucunu tahmin etme, karmaşık soyut problemlerin çözümü yer almaktadır. Tüm bu görevlerden prefrontal korteks sorumludur (Zararsız, 2005).

2.9.2. Beyin Görüntüleme Yöntemleri

Beyin görüntüleme yöntemlerinin kullanımı araştırılmak istenen duruma göre farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar kullanılan yöntemlerin birbirinden farklı

özelliklerde olmasına neden olmuştur. Bu yöntemler arasında en çok tercih edilen Bilgisayarlı tomografi (BT), Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG), Pozitron Emisyon Tomografi (PET), Bilgisayarlı tek foton emisyon tomografisi (SPECT), Elektroensefalografi (EEG), İşlevsel Manyetik Rezonans Görüntüleme (iMRG) ve fonksiyonel yakın kızılötesi spektroskopisi (fNIRS) yer almaktadır. Eğer yapısal bir araştırma yapılıyorsa genel olarak MRG ve BT tercih edilir. Eğer işlevsel bir araştırma yapılıyorsa PET, SPECT, iMRG ve fNIRS tercih edilir. Bu yöntemler ile sadece beyin değil aynı zamanda olfaktör yapılar da gözlemlenebilmektedir (Demir, 2006; Doty, 2014c, 2018).

fNIRS (fonksiyonel yakın kızılötesi spektroskopisi) yöntemi spesifik dalga boyları (700 ve 900 nm) kullanarak beyindeki oksi/deoksi hemoglobin değişimini ölçmektedir. Bu dalga boylarının olmasının sebebi biyolojik dokuların bu dalga boylarına sahip ışıkları geçirebilmesidir. Deri yüzeyine gönderilen fotonlar foto alıcılar tarafından ölçülebilir. Bu sayede kandaki oksijen ve karbondioksit miktarındaki değişim gözlemlenir. Bir fNIRS cihazı tipik olarak ışık kaynağından ve toplayıcılardan oluşmaktadır. Temel çalışma mekanizmasına göre ışık kaynağı deriye foton gönderir. Bu fotonların bir kısmı deriden emilirken bir kısmı geri yansır. Deriden emilen ışıklar ara tabakalardan (kafatası ve serebrospinal sıvıdan) geçerek nöronal dokulara ulaşır. Işık dokunun içinde alt tabakalara doğru emilerek ilerler ve geri saçılım yaparak yansır. Işığın emilimi boyunca fotonların sahip olduğu enerji bulundukları bölgede bir iç enerjiye dönüşür. Bu şekilde fotonlar yansıma/saçılma yapmaya zorlanmış olur. Yansıma/saçılma yapan fotonlar düz hatta ilerlerken bu yansıma/saçılma yüzünden ilerledikleri hattan sapmaya başlar ve bir faz kayması oluşur. Toplayıcılar bu geri yansıyan fotonları yakalar (Herold vd., 2018). Uyarlanmış Beer-Lambert yasası ile dokuya giden ışık yoğunluğu hesaplanır. Beyin görüntüleme yöntemleri arasında yer alan bu sistem ile beynin dorsolateral ve inferior frontal korteksteki aktiviteyi gözlemlemek için kullanılır. fNIRS ile gözlemlenen alanlar Broca alanlarında 9, 10, 44, 45, 46 ve 47 alanlarıdır. Bu bölgeler bilişsel işlevler, hafıza ve koku algısında önemli rol oynamaktadır. Bu alanları ölçebilmek için kullanılan fNIRS'ın 3 farklı çeşidi bulunmaktadır: zaman uzayı, frekans uzayı ve sürekli dalga uzayı.

- Zaman uzayı: Zamana bağlı olan sistemler dokuya çok kısa ışık atımları yaparak dokudan saçılan ve emilen fotonlar hakkında zamansal dağılım ölçer.
- Frekans uzayı: Frekansa bağlı olan sistemler ışık kaynağının genliklerinin onlarca veya yüzlerce megahertz aralığında değiştirebilir. Biyolojik dokunun optik

özelliklerini karakterize etmek için algılanan sinyalin genlik ayrılması veya faz kayması ayarlanır.

- Sürekli dalga uzayı: Sürekli dalga sistemlerinde ışık sabit bir genlikte dokulara gönderilir. Bu sistemlerin sınırlılığı gelen ışığın genlik azalmasını ölçmektir. Ancak, diğer iki sisteme (zaman ve frekans domainen) göre üstünlükleri arasında minimum müdahale gerektirmesi, diğer iki sisteme göre daha kolay olması ve zaman ve frekans domainine dönüştürülebilir özellikte olması yer almaktadır. Sürekli dalga sistemleri hem klinik araştırmalarda hem de hemodinamik görüntülemelerde önem kazanmaktadır (Izzetoglu vd., 2005).

Bu çalışmada hemodinamik değişimleri gözlemlemek amacıyla fNIRS cihazının 1100 modeli kullanılmıştır. Sürekli dalga sistemi özelliğine sahip bu model ile anterior prefrontal korteksten iki kanala sahip iki fNIRS bandı ile iki Hz. frekansında kayıt alınmıştır. Kullanılan modelde gönderilen ışığın dalga boyları 750 ve 830 nm'dir.

iMRG'nin dayandığı temel fizik ilkeleri termal enerjinin atomik çekirdeklerin (dönme) spin hareketine neden olmasıdır. Bu atomlar net pozitif yüke sahip olduğunda protonlar tek sayıda olduğunda spin hareketi içeride küçük bir manyetik alan oluşturur ve elektrik akımı oluşur. İnsanlarda iMRG Hidrojen atomu üzerinden tarama yapılır çünkü sayıca dokularda en fazla bulunan atomdur. Normalde atomik çekirdekler karışık bir düzende spin hareketine sahiptir. Ancak, iMRG'deki yüksek manyetik akım tüm çekirdeklerin aynı düzende dönmelerini sağlayarak iMRG'nin manyetik alanına dik bir manyetik alan oluşumu sağlar. Manyetik alandaki bu değişim sayesinde ölçüm gerçekleşir. Bu yöntem ile sadece olfaktör yolak (olfaktör sulkus da dahil) değil aynı zamanda olfaktör bulbusun anatomik yapısı ve hacmini görüntülemek de mümkündür. PET yöntemi diğer yöntemlere göre oldukça girişimseldir. Buna rağmen hem insan beyin fonksiyonunu hem de koku ile ilişkili yapıları görüntülemelerde yaygın olarak kullanılan yöntemler arasındadır. Bu yöntemin çalışma mekanizmasına göre radyoaktif bir işaretleyici pozitron kullanılır ve bu pozitron bir elektron ile karşılaştığında iki zıt tarafta da gama ışınları meydana gelmektedir. Algılanan bu gama ışınları sayesinde PET ile her 10 saniyede bir veri alınmaktadır. Bu şekilde bir fonksiyonel görüntü sağlanır. Ancak, PET ölçümlerinin en büyük dezavantajı pahalı olması ve radyoaktif iz elementler kullanıldığı için kısa zaman aralıkları ile ölçüm alınmaması gerekmektedir. SPECT yönteminde ise PET yöntemine benzer şekilde tek fotonun salımından kaynaklanan

radyonüklidler ile kayıt/veri alımı gerçekleştirilmektedir. Yarılanma süresi uzun olan bu radyonüklidler sayesinde daha uzun görüntüleme imkanı vardır (Doty, 2014c).

BT eskiden vücudun kesitler halinde görüntülemeye olanak verirken günümüzde modern BT'ler ile bloklar halinde taranma yapılmasına olanak sağlayan bir X-ışını görüntüleme yöntemidir. BT ile burundaki anatomik yapıları, patolojileri, mukosilier transportu, nazal döngüyü, mukozadaki enflamasyonu ve paranazal sinüsleri yapısal olarak görüntülemek mümkündür (Güdücü, 2015).

EEG beynin elektriksel aktivitesinin dijital sinyaller olarak görüntülenebilmesi yöntemidir. Elektriksel aktivite olarak beyinde var olan elektriksel potansiyel farktan yararlanılır. Bu elektriksel potansiyel farka sebep olan yapılar piramidal hücrelerin postsinaptik aktiviteleridir. Kayıtlar elektrotların üzerinde hazır bulunduğu veya yapıştırıldığı bir kep aracılığı ile alınır. Uyarılma potansiyelleri ve olay ilişkili potansiyelleri gözlemlemek amacıyla kullanılan bu yöntem klinikte de Epilepsi için altın standart olarak kabul edilmektedir. Temporal çözünürlüğü yüksek ancak, uzaysal çözünürlüğü zayıftır. Diğer yöntemlere ile kıyaslandığında maliyeti daha düşüktür ve kolay uygulanabilir. Ancak, uygulama öncesi hazırlık aşaması uzun sürmektedir. En büyük dezavantajı ise uygulayıcı kaynaklı hatalar veya fiziksel harekete duyarlı olmasından kaynaklanan ve sinyallerde oluşan artefaktlardır (gürültülerdir). Bu artefaktlar sinyallerin değerlendirilmesini zorlaştırmaktadır.

iMRG beyindeki kan akımında oksijen değişikliğini ölçmek için kullanılan yöntemlerden biridir ve elde edilen sinyallere BOLD (blood-oxygen level dependent) sinyalleri denilir. BOLD sinyallerindeki artış serebral aktivasyonu göstermektedir. HbO (kandaki oksijenasyon) miktarındaki artma ve HbR (kandaki karbondioksit/deoksijenasyon) miktarındaki azalma daha kısa sürede daha parlak bir sinyal alınmasına olanak sağlamıştır. 1997 yılından itibaren görsel, işitsel ve dokunsal yapıları göstermede kullanılmaya başlanmıştır. Olfaktör yapıları göstermede temel iki büyük problem vardır. Bunlardan birincisi inferior frontal lob ile medial temporal lob lokalizasyon olarak hava-doku ara yüzünde bulunduğu için sinyallerde gürültüye sebep olur. İkincisi ise koku testlerinde blok dizaynının uzun sürmesine bağlı olarak piriform kortekste habituasyona neden olurlar. Ayrıca pahalı olması, bulguları diğer görüntü sistemleri ile kıyaslamadaki zorluk, yüksek sesle çalışması ve harekete duyarlı oluşu nedeniyle de uygulamada zorluklar oluşmaktadır (Doty, 2014c).

3. Gereç ve Yöntemler

3.1. Araştırmanın Tipi

Araştırma; tanımlayıcı tipte, deneysel bir çalışmadır.

3.2. Araştırmanın Yeri ve Zamanı

Araştırmaya literatür taraması ile Ekim 2018’de başlamış olup tez savunması ile Mayıs 2020’de tamamlanmıştır. Araştırma yeri olarak çalışmaya gönüllü olarak katılan sağlıklı erkek sporcu bireylerden, Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyofizik Anabilim Dalı İnsan Faktörü Laboratuvarından yararlanılmıştır.

3.3. Araştırmanın Evreni ve Örneklemi/Çalışma Grupları

Çalışmaya 40 sağlıklı erkek sporcu gönüllülük esasıyla katılmıştır (ortalama yaş: $22,1 \pm 1,3$ yıl) dahil edilmiştir. Katılımcıların herhangi bir kronik, metabolik, fiziksel, nörolojik veya psikiyatrik tanı geçmişi bulunmamaktadır. Çalışmaya dahil olma kriterleri arasında Sniffin’ Sticks testinde normosmi (toplam skor > 30) aralığında bulunmak yer almaktadır.

3.4. Çalışma Materyali

Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyofizik Anabilim Dalı İnsan Faktörü Laboratuvarında Mayıs 2019-Kasım 2019 tarihleri arasında tez kapsamında veriler toplanmış olup, sağlıklı sporcu bireylerden elde edilen beyin hemodinamik parametreleri (oksihemoglobin, deoksihemoglobin ve total kan akımı) ve Sniffin’ Sticks skorları kullanılmıştır. Sniffin’ Sticks testi ayırt etme bölümü skorları, dinlenme ve egzersiz oturumu öncesi ve sonrası olmak üzere değerlendirilmiştir. Sniffin’ Sticks sırasında ve egzersiz/dinlenme sırasında gerçekleştirilen fNIRS kayıtlarından elde edilen veriler ise analiz edilerek değerlendirilmiştir.

3.5. Araştırmanın Değişkenleri

Araştırmanın bağımsız değişkenleri: Katılımcılara uygulanacak oturum tipidir (egzersiz oturumu ve dinlenme oturumu).

Araştırmanın bağımlı değişken: Koku performansı (eşik değeri, tanımlama, ayırt etme), beyin ön bölgesindeki oksijenlenme düzeyi.

3.6. Veri Toplama Araçları

Çalışmaya başlamadan önce, aydınlatılmış onam formu ile tüm katılımcıların onamları alınmıştır. Kayıtlara etki edebilecek olası koşulları daha iyi belirleyebilmek adına katılımcılara çalışma öncesinde bazı form, anket ve ölçekler uygulanmıştır. Bu form, anket ve ölçekler; Gönüllü Bilgilendirme ve Onam Formu, Kişisel Egzersiz Bilgi Formu, Kısa Semptom Ölçeği, Durumluk Kaygı Değerlendirme Ölçeği (STAI-TX1), Kayıt Bilgi Formu, Fiziksel Uygunluk Testi(PAR-Q), Borg Skalası, Kalp hızı monitörü, Sniffin' Sticks – Ayırt etme, Sniffin & Sticks –Tanımlama: Koku Tanımlama Testi, Sniffin & Sticks – Eşik belirleme formlarıdır. Kullanılan bu form, anket ve ölçeklerin detaylı bilgilerine aşağıda yer verilmiştir.

Gönüllü Bilgilendirme ve Onam Formu: Çalışmaya katılacak gönüllü bireylere çalışma ve çalışmada uygulanacak yöntemler hakkında ayrıntılı bilginin verildiği formdur. Gönüllü bireyler, çalışma ile ilgili bu bilgileri okuduktan sonra çalışmaya katılmayı kabul etmeleri durumunda izinlerinin ve imzalarının alındığı bölümlerden oluşmaktadır.

Kişisel Egzersiz Bilgi Formu: Çalışmaya katılacak gönüllü bireylerin kişisel bilgilerinin ve kaydı etkileyebilecek ilaç, madde kullanımı ve alkol, kahve gibi alışkanlıklarının kayıt günü kullanılıp kullanılmadığının sorulduğu ve kişinin spor geçmişini de içeren boy, kilo ve yaş bilgilerini içeren formdur.

Kısa Semptom Ölçeği: Çalışmaya katılacak gönüllü bireylere uygulanarak, genel psikopatolojik değerlendirme yapma ve psikolojik belirtileri tarama amacıyla kullanılacaktır. 53 maddeden oluşan bir kendini değerlendirme ölçeğidir. Ölçekten alınan toplam puanların yüksekliği, bireyin semptomlarının sıklığını göstermektedir.

Durumluk Kaygı Değerlendirme Ölçeği (STAI-TX1): Durumluk kaygı ölçeğidir. Ölçek 20 sorudan oluşmaktadır. Çalışmada, gönüllü bireylerin bulunduğu durumdan yaşadığı kaygıyı ölçmek amacıyla kullanılacaktır.

Kayıt Bilgi Formu: Gönüllü bireylere uygulanacak olan uyaranları, kullanılacak cihaz, araç ve gereçlere ait bilgileri içeren formdur. Uygulayıcının denemeyi ve daha sonra verileri değerlendirmesini sağlıklı şekilde yapmasını sağlamak amacıyla kullanılacaktır.

Borg Skalası: Katılımcının egzersiz sırasında hissettiği yorgunluğu ifade ettiği ve algılanan zorluk derecesini ve kişinin toleransını izlemek için önemli bir göstergedir.

Fiziksel Uygunluk Testi (PAR-Q): Çalışmaya alınacak gönüllü katılımcıların fiziksel aktiviteye hazır olma durumunu belirleyen bir ankettir.

Çalışmada ayrıca, anlık olarak kalp atım hızını takip etmek için, kalp hızı monitörü (Polar Electro, N2965) de kullanılmıştır. Tez kapsamında koku duyusu performansına ait verileri toplamak amacıyla kullanılan Sniffin' Sticks ve beyin ön bölgesindeki hemodinamik yanıtları ölçmek amacıyla kullanılan fNIRS yöntemi ile ilgili detaylı bilgilere aşağıda yer verilmektedir.

3.6.1. Koku Duyusunun Sniffin' Sticks ile Psikofiziksel Olarak Değerlendirilmesi

Koku duyusu performansını ölçmek amacıyla Sniffin' Sticks (Burghart, MT, Almanya) kullanılmıştır (Resim 1). Sniffin' Sticks testi genel olarak üç farklı bölümden oluşmaktadır. Bu bölümlerde koku eşiği, koku ayırt etme ve koku tanımlama performansı ölçülmektedir (Hummel vd., 1997). Bu testin genel olarak içerdiği kimyasal özelliklerine göre fenil etil alkol veya fenil-etil içeren iki farklı versiyonu bulunmaktadır. Farklı kimyasal özelliklere sahip olmasına rağmen temelde testin uygulanış protokolü değişmemektedir. Tez çalışması kapsamında kullanılan Sniffin' Sticks model olarak fenil etil içeren modeli kullanılmıştır. Dışarıdan bakıldığında beyaz tahta yazı kalemine benzemektedir ve içerisinde barındırdığı kokuya göre kapağın ve kapağın hemen altında yer alan şeridin rengi değişmektedir.



Şekil 9. Sniffin' Sticks⁹

⁹<https://smelltest.eu/en/product/refill-set-for-sniffin-sticks-extended-test-2-phenylethanol/> adresinden alınmıştır.

Kapaklar mavi, kırmızı ve yeşil olmak üzere üç farklı renk içermektedir. Sniffin' Sticks katılımcıların her iki burun deliğine eşit uzaklıkta olacak şekilde en az üç saniye boyunca uygulanmıştır. Her koku çubuğu arasında diğeri uygulanmadan önce 10 saniye beklenmiştir.

3.6.1.1. Koku Eşik Belirleme Testi (Threshold test)

Eşik belirleme testi Sniffin' Sticks testinin ilk uygulanan bölümüdür. Bu bölümde farklı derişime sahip olan ve her derişim seviyesine ait üçer adet koku çubuğu içeren 16 seviyede koku çubuğu bulunmaktadır. Katılımcıların eşik seviyeleri merdiven yöntemi kullanarak belirlenmektedir (Güdücü, 2015; Erdoğan, 2011).

3.6.1.2. Koku ayırt etme testi (Odor discrimination test)

Koku ayırt etme testi, Sniffin' Sticks testinin ikinci bölümüdür. Bu bölümde içerisinde farklı kokular bulunan ve her biri üçlü gruplar halinde bulunan 16 farklı koku çubuğu numarası vardır. Her üçlü gruptaki Sniffin' Sticks koku çubuklarının ikisi aynı kokuyu içerirken biri diğerlerinden farklı bir kokuyu içermektedir. Hedef olan koku farklı olandır ve katılımcıdan farklı olan kokuyu bulması istenir (Güdücü, 2015).

3.6.1.3. Koku tanımlama testi (Odor identification test)

Koku tanımlama bölümü Sniffin' Sticks testinin son bölümüdür. Bu bölümde benzer yoğunluklarda olan 16 farklı koku çubuğu vardır. Her bir çubuğun numarasına ait çoktan seçmeli dört seçenekten biri doğru yanıtı aittir. Bir numaralı çubuktan 16 numaralı çubuğa kadar sırayla uygulanır. Her çubuk uygulamasının ardından katılımcıdan dört seçenek arasından kendine en yakın gelen kokuyu işaretlemesi istenir. Bu işlem tüm çubuklar için tekrarlanır (Şekil 10).

Toplam koku testi skoru hesaplanırken tüm bölümlerin (eşik belirleme, ayırt etme ve tanımlama) skorları toplanır(Güdücü, 2015).



Şekil 10. Sniffin' Sticks uygulaması

3.6.2. Burun Hava Akımının Değerlendirilmesi

Literatürde yer alan çalışmalarda nazal hava akımının alerji, sigara kullanımı, yaş, cinsiyet ve pozisyon gibi faktörlerden etkilendiği bildirilmiştir (Can, Demet , Figen Gülen, Tanaç, 2011; Cole vd., 1983; Faria vd., 2000; Kurita vd., 1988; Ottaviano & Fokkens, 2016; Pendolino vd., 2019; Philpott vd., 2004; Rundcrantz, 1969). Bu tez çalışmasına dahil edilen katılımcılar aynı cinsiyete sahip, yaş ve fizyolojik özellik bakımından birbirine benzer katılımcılardır. Solunum testine başlamadan önce katılımcıların alerji öyküleri alınmış ve alerjik burun akıntısına sahip bireyler çalışmaya dahil edilmemiştir.

Çalışmaya dahil edilen katılımcılara uygulanan solunum testinde araç olarak tepe nazal akım ölçer (PNIF-peak nasal inspiratory flow meter; Clement Clarke in-check, Birleşik Krallık) testi uygulanmıştır. PNIF testi yapı olarak içerisinden hava geçişine izin veren bir tüpe benzemektedir. Bu araç ile katılımcıların nazal hava akımları değerlendirilmiştir. Solunum miktarının ne kadar olabildiğini daha rahat görebilmek amacıyla üzerinde litre/dakika (L/dak) cinsinden ölçek sistemi bulunmaktadır. Ölçekleme en az 30 L/dak'dan başlamaktadır ve maksimum 370 L/dak'ya kadardır. Bu test uygulanırken katılımcılardan rastgele şekilde bir burun deliğini hiç hava alamayacakları şekilde bir bant yardımı ile kapatmaları istenmiştir. Bu değerlendirme yapılırken her bir burun deliğinden ayrı ayrı ölçümler alınmıştır. Her burun deliği için gerçekleştirilen ölçümlerin arasında bir dakika süre bulunmaktadır ve ölçümler üç kez tekrarlanmıştır. Ölçümler öncesinde katılımcıdan derin bir nefes vermesi ve daha sonra derin bir nefes alırken PNIF maskesini yüzüne iyice bastırması istenmiştir. Burada amaç PNIF cihazının tüp şeklindeki kısmında bulunan kırmızı halkayı olabildiğince kısa sürede ve hızlıca kendine doğru çekebilmesidir. Bir burun deliğinin ölçümü tamamlanınca katılımcıdan burnundaki bandı çıkartmaları ve diğer burun deliğini hiç hava almayacak şekilde kapatmaları istenmiştir. Diğer burun deliği için de aynı işlemler uygulanmıştır. Her iki burun deliği için alınan üçer ölçümden en yüksek değere sahip olan ölçümler değerlendirmeye alınmıştır. En yüksek ölçüm değeri, o burun deliğinin en yüksek nazal hava akım değeri olarak kabul edilmiştir. PNIF testi hem dinlenme/egzersiz oturumu öncesinde hem de dinlenme/egzersiz sonrasında gerçekleştirilmiştir.

3.6.3. Koku Ayırt Etme Performansının Hemodinamik Değerlendirilmesi

Kısa sürede patlayıcı güç gerektiren bir egzersiz yapmanın koku duyusu performansını akut olarak nasıl etkilediğini gözlemlerken beyindeki hemodinamik değişimleri ölçmek

amacıyla fonksiyonel yakın kızılötesi spektroskopisi (fNIRS) yönteminden yararlanılmıştır. fNIRS cihazı, hemodinamik değişimleri gösteren diğer cihazlara (iMRG) kıyasla ucuz, taşınabilir ve kullanımı oldukça kolay bir cihazdır. Ayrıca temporal çözünürlüğünün yüksek olması, iyi bir geçirgenlik özelliğinin bulunması, kısa zaman aralıklarında tekrarlayan ölçümlere olanak sağlaması, hasta veya sağlıklı büyük veya küçük fark etmeksizin her kesimden bireylere uygulanabilir olması da fNIRS'ın en büyük avantajları arasında yer almaktadır (Herold vd., 2018). fNIRS kayıtları sırasında, iki kanallı iki ayrı fNIRS bandı kullanılmıştır. Katılımcılar laboratuvara ilk geldiği andan itibaren tüm çalışma boyunca fNIRS kaydı alınmıştır. Katılımcıların alın bölgeleri saf alkol ile temizlenerek, fNIRS bandı yerleştirilmiştir. Sinyal kontrolünden sonra katılımcıdan 10 saniye boyunca 90 derecelik açıda dik oturması, hareketsiz kalması ve tek bir sabit noktayı izlemesi istenmiştir. Bu aşama katılımcıya hiç bir uyaran verilmediği durumdaki beyin hemodinamik aktivitesinin nasıl olduğunu gözlemlemek amacıyla alınan bir baseline (temel veri oluşturma) kayıt olarak isimlendirilmiştir. Baseline (deneme) kaydı tamamlandıktan sonra test kaydı başlatılmıştır.

fNIRS verileri COBI Studio v1.3.0.19 programı ile kaydedilmiştir. Katılımcılara uygulanan her oturum için programda her oturumun başında ve sonunda bir işaretleme (marker) yapılmıştır. fNIRS verileri değerlendirilirken bu işaretlemelerden yararlanılarak her oturum için ayrı bloklar fNIRSsoft (BIOPAC Systems, Inc., California) programında oluşturulmuştur. Katılımcıların dinlenme/egzersiz oturumu öncesi ve sonrasında yapılan koku ve solunum testi beyin hemodinamik değişimleri açısından birbirleri ile kıyaslanarak incelenmiştir.

fNIRS sinyal analizleri işlenirken öncelikle ham veri işlenmiş veriye dönüştürülmüştür. Harekete bağlı gürültüleri ve bozulmaları ayıklamak için iki Hz. filtresinden yararlanılmıştır. Yeni işlenmiş ve ayıklanmış dosya verileri her katılımcı için oluşturulan ilgili dosyaya kaydedilmiştir. Her kişi dosyası içine aktarılan veriler veri alınan fNIRS kanallarının excel verilerine dönüşmüş halidir. Sinyallerin tüm zamanlar ve her bir zaman skalasında tek tek olmak üzere ortalamaları alınmıştır. Tüm zaman skalasında dört kanal için alınan ortalamalar üzerinden grafik oluşturulmuştur. Oluşturulan grafikte sinyal paternleri değerlendirilmiştir ve tüm sinyallere göre sapma gösteren kanal dışlanmıştır. Verilerin değerlendirilmesi kalan kanallar üzerinden yapılmıştır. Bu işlem tüm katılımcılar için aynı şekilde tekrarlanmıştır.

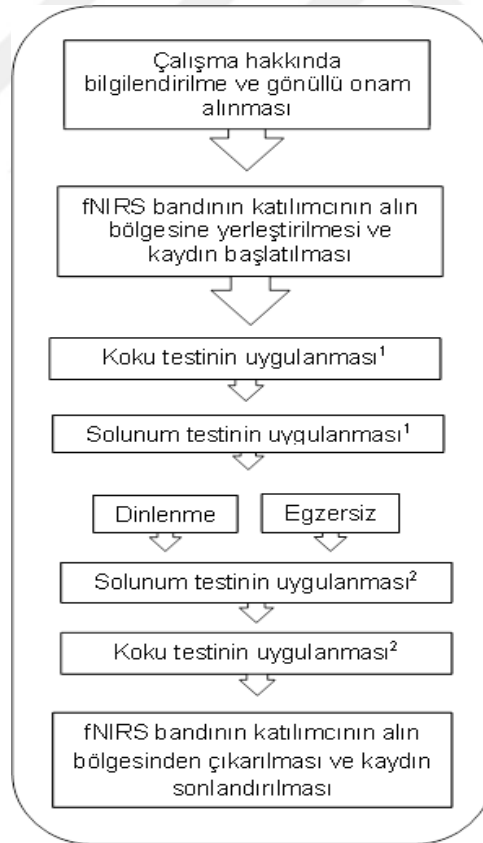
3.6.4. Wingate Anaerobik Güç Testi

Wingate testi kısa sürede yüksek güç kullanımını gerektiren ve anaerobik güç kapasitesini ölçen bir testtir (Bediz, 1994). Bu test katılımcılara uygulanırken bir bisiklet ergometresi (Monark, model LC6, İsveç) kullanılmıştır. Wingate testi ısınma-Wingate-soğuma olarak üç farklı aşamada gerçekleştirilmiştir. Isınma veya hazırlık aşamasında yüksüz olarak katılımcıdan iki dakika boyunca bisiklet ergometresinde dakikada 70 dönüş (rpm-revolution per minute) sabit kalacak şekilde pedal çevirmesi istenmiştir. İki dakikalık ısınma turunun 30. saniyesinde katılımcıdan yapabildiği en kısa süre içerisinde pedal çevirme hızını arttırarak 100 rpm üzerinde çıkması istenmiştir. 70 rpm'den 100 rpm'e hızlanma zamanı hesaplanmış ve katılımcının sprint hızı belirlenmiştir. Bu değer ısınma turundan sonra uygulanacak WAnT için temel veriyi oluşturmaktadır. WAnT sırasında katılımcıdan kendisine uygulanacak yüke karşı koyarak, 100 rpm üzerinde kalacak şekilde olabildiğince hızlı pedal çevirmesi istenmiştir. Katılımcıya uygulanan yük seçimi kilogram başına 80 gram olacak şekilde ayarlanmış ve kuvvet (F-force) cinsinden uygulanmıştır. Her katılımcının kilosu 0,8829 ile çarpılarak katılımcıya uygulanacak yük miktarının Newton birimi karşılıkları hesaplanmıştır. Yük gelmeden önce hızlanma süresine (sprint eşik değerine) bağlı olarak sözel motivasyon sağlanmıştır. Yük uygulandığında katılımcının karşılaştığı bu durum bisiklet ile düz yolda hızla sprint atarken bir anda yokuş yukarı sprint atarak çıkmaya benzemektedir. Uygulanan yüke karşılık katılımcı 30 saniye boyunca bu eforu sürdürmek zorundadır. WAnT sonrasında soğuma periyodu başlamaktadır. Soğuma periyodunda katılımcıdan hızını tekrar 70 rpm'e düşürerek pedal çevirmesi istenmiştir. Bu periyot boyunca katılımcıya hiçbir yük uygulanmamıştır. WAnT boyunca katılımcıların kalp atım hızı değerleri ile testin uygulandığı laboratuvarın sıcaklık ve nem değerleri kaydedilmiştir (Şekil 11).



Şekil 11. Kontrol grubuna uygulanan dinlenme ve çalışma grubuna uygulanan Wingate test protokolü

3.6.5 Test Protokolü



Şekil 12. Test protokolü

3.7. Araştırma Planı ve Takvimi



Şekil 13. Çalışma izlem planı

3.8. Verilerin Değerlendirilmesi

Çalışma süresince elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirilmesinde SPSS 24 (Statistical Package for Social Sciences, Inc., ABD) kullanılmıştır.

Sniffin' Sticks koku ayırt etme bölümüne ait davranışsal verilerin analizinde; kontrol ve çalışma grubu için dinlenme/egzersiz öncesinde uygulanan koku ayırt etme testi ve solunum testine (PNIF) ait skorlar “ön test skorları”, egzersiz/dinlenme sonrası uygulanan koku ayırt etme testi ve solunum testine (PNIF) ait skorlar ise “son test skorları” olarak isimlendirilmiştir. Bu skorların değerlendirilmesi gruplar içinde ve gruplar arasında olmak üzere iki farklı şekilde yapılmıştır. Verilerin normal dağılıma sahip olup olmadığını değerlendirmek üzere Shapiro Wilk Normalite testi uygulanmıştır. Sonuçlara göre veriler parametrik ve non-parametrik testler doğrultusunda değerlendirilmiştir.

Koku ayırt etme skorlarının grup içi ve gruplar arası karşılaştırmalarında bağımsız gruplarda t-testi (Independent Samples t-Test) kullanılmıştır. PNIF skorlarının gruplar arası değerlendirilmesinde Mann Whitney U testi, grup içi değerlendirmede ise Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi (Wilcoxon Signed Rank Test) kullanılmıştır. Söz konusu analizlerde anlamlılık değeri $p < 0,05$ olarak kabul edilmiştir.

3.9. Araştırmanın Sınırlılıkları

Burun içi endoskopi muayenesi ile patoloji durumlarının kontrol edilmemiş olması bu araştırmanın sınırlılıkları arasında yer almaktadır. Ancak, katılımcılara uygulanan ilk SST toplam skorlarının normal koku duyusunun bir göstergesi olması nedeniyle, katılımcıların koku alma duyularını etkileyecek bir burun içi patolojiye sahip olmadıkları varsayılmıştır.

3.10. Etik Kurul Onayı

Araştırma, Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 2019/03-44 nolu karar ile onaylanmıştır. Kurum izni ve gönüllülerden imzalı olarak alınan onam formu örneği EK-2’de yer almaktadır.

4. Bulgular

Bu çalışma kapsamında katılımcılara ait demografik veriler, Sniffin' Sticks koku ayırt etme skorları, PNIF skorları ve her iki test sırasında oluşan hemodinamik değişimlere ait bulgular bu bölümde sunulmuştur.

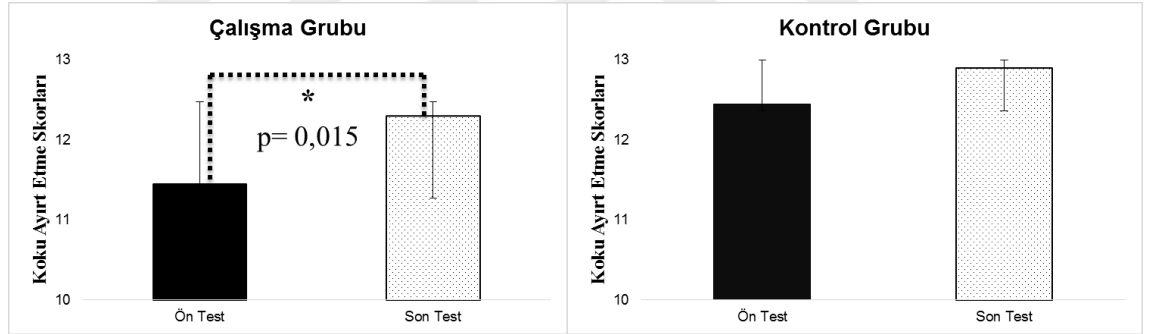
Tablo 1. Katılımcılara ait demografik veriler

Oturum Grubu	Yaş	Boy	Kilo	VO ₂ maks
Kontrol Grubu	21±2.6	181.7±6.8	78.6±12.1	36.5±6.4
Çalışma Grubu	21±2.5	181.8±8.6	73.3±9.2	38.4±7.9

4.1. Koku Ayırt Etme Performansı Bulguları

Çalışma ve kontrol grubuna ait koku ayırt etme test skorları Şekil 14’de gösterilmiştir. Bağımlı gruplarda t-testi ile gerçekleştirilen grup içi değerlendirmelerde, çalışma grubunda son test skorlarının ön test skorlarına göre istatistiksel olarak anlamlı bir artış gösterdiği saptanmıştır ($p=0.015$). Kontrol grubunda da son test skorlarında bir artış olmasına rağmen, bu artış istatistiksel olarak anlamlı değildir.

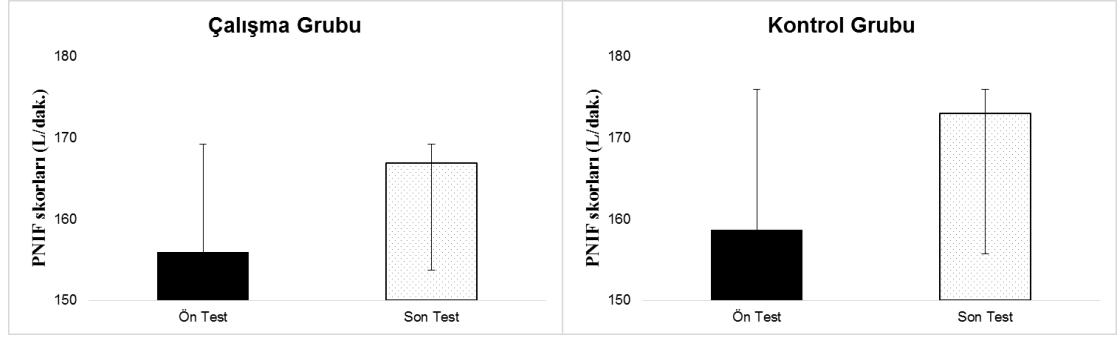
Gruplar arası değerlendirmede ise kontrol ve çalışma grubunun hem ön test hem de son test skorları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p>0.05$).



Şekil 14. Çalışma ve kontrol grubuna ait ön test ve son test koku ayırt etme skorlarının gösterimi

4.2. Nazal Hava Akımı Bulguları

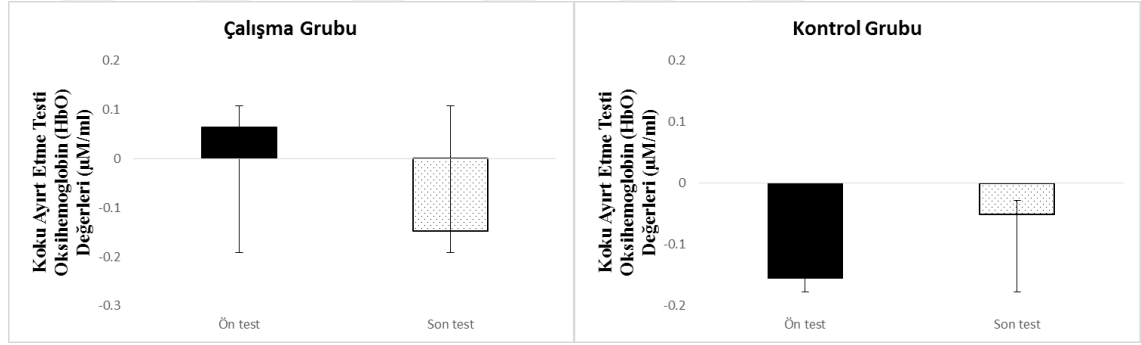
Çalışma ve kontrol grubuna ait PNIF skorları Şekil 15’de gösterilmiştir. Hem grup içi değerlendirmelerde hem de gruplar arası değerlendirmelerde ön test ve son test arasında istatistiksel olarak anlamlılık bulunamamıştır ($p>0.05$).



Şekil 15. Çalışma ve kontrol grubuna ait ön test ve son test PNIF skorlarının gösterimi

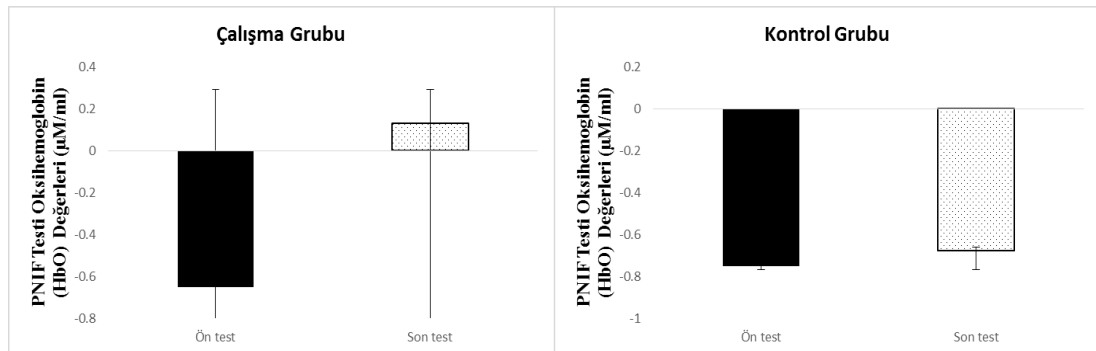
4.3. Beyin Hemodinamik Yanıtlarına Ait Bulgular

Ön test ve son test olarak uygulanan koku ayırt etme testi sırasında kontrol ve çalışma grubuna ait beyin ön bölgesinden alınan hemodinamik yanıtlar için oksihemoglobin değişimleri ortalamaları Şekil 16'da gösterilmiştir.



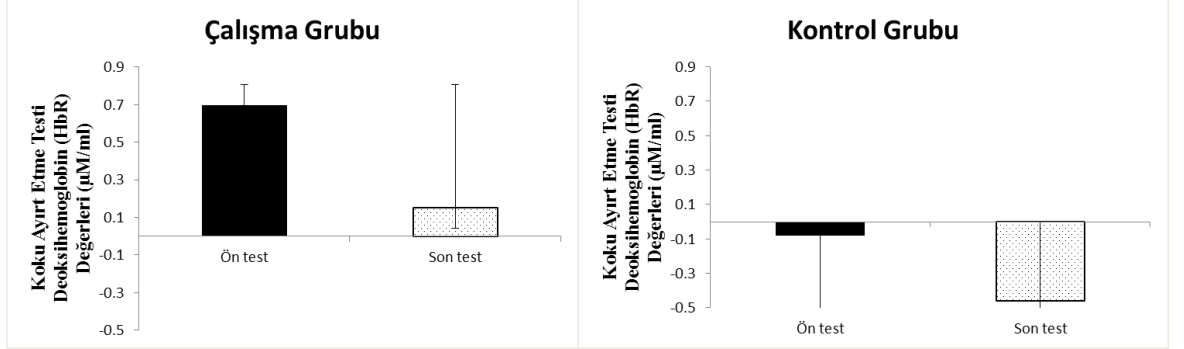
Şekil 16. Koku ayırt etme testi sırasında beyin ön bölgesinden elde edilen oksihemoglobin (Oxy-Hb) değerleri

Ön test ve son test olarak uygulanan PNIF testi sırasında kontrol ve çalışma grubuna ait beyin ön bölgesinden alınan hemodinamik yanıtlar için oksihemoglobin değişimleri ortalamaları Şekil 17'de gösterilmiştir.



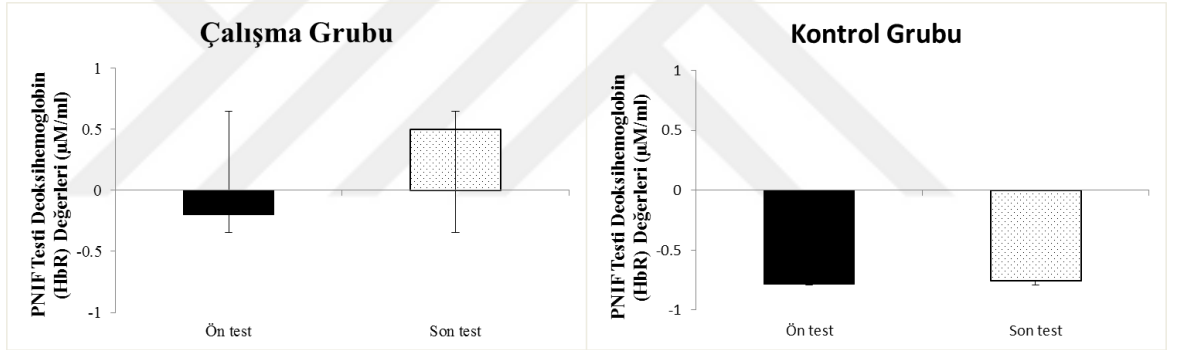
Şekil 17. PNIF testi sırasında beyin ön bölgesinden elde edilen oksihemoglobin (Oxy-Hb) değerleri

Koku ayırt etme testi sırasında kontrol ve çalışma grubuna ait beyin ön bölgesinden alınan hemodinamik yanıtlar için deoksihemoglobin değişimleri ortalamaları Şekil 18’de gösterilmiştir.



Şekil 18. Koku ayırt etme testi sırasında beyin ön bölgesinden elde edilen deoksihemoglobin (HbR) değerleri.

PNIF testi sırasında kontrol ve çalışma grubuna ait beyin ön bölgesinden alınan hemodinamik yanıtlar için oksihemoglobin değişimleri ortalamaları Şekil 19’da gösterilmiştir.



Şekil 19. PNIF testi sırasında beyin ön bölgesinden elde edilen deoksihemoglobin (HbR) değerleri.

5. Tartışma

Gerçekleştirilen tez çalışmasında anaerobik egzersizin koku duyusu performansına olan akut etkisi incelenmiştir. Çalışma grubunun son test koku ayırt etme skorları, ön test skorlarından anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur. Kontrol grubunda da son test skorlarının artış gösterdiği Ancak, bu artışın ilk test skorları ile kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlılıktan oldukça uzak olduğu gözlenmiştir. Koku ayırt etme son test ve ön test skorları gruplar arası karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Literatürde egzersizin koku duyusuna olan etkileri farklı egzersiz modelleri ve çeşitli hasta veya sağlıklı gruplarda araştırılmıştır. Birçok araştırmada, egzersiz modeli olarak aerobik egzersiz kullanıldığı görülmüştür. Yine söz konusu araştırmalarda koku duyu performansını değerlendirmek için; Sniffin' Sticks, San Diego Odor Identification Test (SDOIT) ve University of Pennsylvania Smell Identification Test (UPSIT) testlerinden yararlanıldığı görülmüştür. Koku duyu performansı değerlendirmelerinde genel olarak koku eşiği ve koku tanımlama test skorlarının egzersizin akut ve kronik etkileri ile ne şekilde değiştiği araştırılmıştır (Bhalla vd., 2018; Marioni vd., 2010; Rosenfeldt vd., 2016; Schubert vd., 2013). Koku eşik testinin uzun süren bir test olması ve yoğun bilişsel görev içerir. Bu nedenle egzersizin akut etkisinin test süreci içerisinde ortadan kalkabileceği ve egzersizin bilişsel işlevler üzerindeki kısa süreli iyileştirici etkisinden dolayı olarak etkilenmesi muhtemel olarak düşünülmüştür. Bu nedenle, tez çalışmasında koku duyu performansını değerlendirmek üzere koku ayırt etme testi kullanılmıştır. Bu testin seçilmesinin bir başka sebebi de öğrenilmesi zor ve anaerobik egzersiz modelinin akut (kısa süreli) etkisinin gözlenmesine uygun bir test olmasıdır.

Schubert vd (2013) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, egzersizin 10 yıllık süreçte, yaş ile birlikte bozulan koku duyu performansları üzerine etkisi SDOIT testi uygulanarak incelenmiştir. Haftada üç gün ve üzerinde egzersiz yapanların koku skorlarının haftada bir-iki gün egzersiz yapan ve hiç egzersiz yapmayanların koku skorlarından anlamlı olarak yüksek olduğu bulunmuştur. Uzun dönem egzersiz yapmanın genel bir iyileşme hali oluşturduğu Ancak, egzersizin koku duyusundaki bozulmanın ne şekilde önüne geçtiği ve egzersiz ile koku arasındaki ilişkinin hangi mekanizmalar üzerinden işlediğinin aydınlatılmasının gerekliliği bildirilmiştir (Schubert vd., 2013). Literatürde aerobik egzersizin farklı koku uyaranlarının beyin yanıtlarına olan etkileri incelenmiştir (Stone vd., 1967). Fenil izotiyosiyanat kokusuna karşı oluşan beyin yanıtlarının egzersizden etkilendiğini ve yalnızca

bu konuda oluşan değişikliğin sebebini de bazı katılımcıların uygulanan koku uyaranlarına karşı kör olabileceği ve bu sebeple eşik değeri ölçümlerinde hatalı sonuçlar elde edilebileceği şeklinde yorumlamışlardır (Stone vd., 1967). Farklı hasta gruplarında yapılan çalışmalarda, Parkinson hastalarına uygulanan sekiz haftalık aerobik egzersiz programının koku duyusu performansına olan etkisi UPSIT ile değerlendirilmiştir. Egzersizin kronik olarak koku duyu performansı üzerinde iyileştirici bir etki gösterdiği saptanmıştır (Rosenfeldt vd., 2016). Bir başka çalışma ile aerobik egzersizin Alzheimer hastası bireylerde koku duyu performansını değiştirmediği gözlenmiştir (Bhalla vd., 2018). UPSIT kullanılarak gerçekleştirilen çalışmadaki bu bulgunun birkaç etmenden kaynaklandığı ne sürülmüştür; (1) alışmaya dahil edilen hastaların yaş seviyesi ileridir ve ilerleyen yaş ile birlikte koku duyusunda meydana gelen azalma/kayıp nedeniyle uygulanan egzersiz protokolünün olası iyileştirici etkisinin yetersiz kalmış olabileceği, (2) katılımcıların fiziksel durumlarının verilen egzersiz programını tam olarak yerine getirememeleri, (3) yaşa bağlı olarak olfaktör hücrelerdeki kaybın egzersiz ile iyileştirilemeyecek düzeye gelmiş olabileceği düşünülmektedir. Tip I diyabet hastalarında egzersizin koku performansına etkisini araştıran bir başka çalışmada ise hem sağlıklı hem hasta bireylere fiziksel olarak aktiflik düzeylerini ölçen bir anket uygulanmıştır ve katılımcılar düşük-orta ve yüksek fiziksel aktiviteye sahip olacak şekilde sınıflandırılmıştır. Koku testi olarak 12 koku içeren Sniffin' Sticks testi tanımlama bölümü uygulanmıştır. Çalışma sonucunda hem sağlıklı hem de hasta grubunun koku skorları kıyaslandığında egzersizin koku tanımlama skorlarında anlamlı bir değişiklik yaratmadığı görülmüştür (Falkowski vd., 2017).

Literatürdeki çalışmaların bulguları göz önüne alındığında istikrarlı sonuçlar olmadığı görülmektedir. Gerek yaş ve cinsiyete bağlı değişiklikler, gerekse bazı hastalık türlerinde gerçekleştirilen çalışmalar olması nedeniyle farklı sonuçların ortaya çıktığı düşünülmektedir. Çalışmamızda, egzersizin koku ayırt etme skorları üzerinde olumlu bir etkisi olduğu gösterilmiştir. Literatürde Schubert vd. (2013) ve Rosenfeldt vd. (2016) tarafından da benzer bir bulguya SDOIT ve UPSIT testi kullanılarak ulaşılmıştır. Egzersizle birlikte aktive olan sempatik sinir sisteminin koku ile ilişkili bir mekanizmayı direkt olarak veya dolaylı olarak iyileştirdiği düşünülmektedir. Egzersizin olumlu etkisinin görülmediği çalışmalardaki sonuçlara birkaç etmenin etki ettiği düşünülmektedir. (1) Egzersiz ncesi ve sonrası uygulanan kokuların aynı kokular olduğu ve kısa zaman aralıkları ile tekrarlanması nedeniyle testlerde bir öğrenme etkisi olmuş olabilir. (2) Katılımcılara uygulanan kokularda bir veya

birkaçına karşı koku körlüğü olması olasılığı ve bunun egzersiz ile değişmeyeceği de skorlar üzerinde etkili olabilecek kafa karıştırıcı bir başka faktördür. (3) UPSIT gibi uygulama süresi uzun süren bir testin hem egzersizin koku duyusu üzerindeki akut etkisini ölçmek için uzun sürdüğü hem de testin kognitif işlevlerden oldukça fazla etkilenmesi nedeniyle yanıltıcı bir koku duyu performans skoru vereceği düşünülmektedir.

Egzersizin akut/kronik dönemde koku duyusu üzerindeki iyileştirici etkisinin neden ve nasıl olduğunu anlamak için burundaki hangi parametreyi nasıl değiştirdiği bilinmelidir. Literatürde ulaşılabilen tek bir çalışma haricinde (Marioni vd., 2010) egzersizin nazal hava akımına ve koku duyu performansına etkisinin bir arada değerlendirildiği bir başka çalışmaya rastlanmamıştır. Ayrıca bu parametrelerden birinin veya birkaçının değişikliği söz konusu olduğunda koku duyusunu nasıl etkilendiği bilinmemektedir. Bu parametrelerin egzersiz koşullarında nasıl değiştiği tek tek araştırılmıştır (Fonseca M. vd., 2006; Forsyth vd., 1983; Hasegawa vd., 1988; Kurita vd., 1988; Paulsson vd., 1985) ve bu parametrelerden biri olan nazal mukozada meydana gelen vazokonstriksiyon sonucunda koku alma mukozasına ulaşan koku alma moleküllerinin artması koku duyusu performansını arttırdığı bildirilmiştir (Marioni vd., 2010). Marioni vd (2010) aerobik egzersizin koku eşik skoru üzerinde anlamlı bir etki yaratmadığını, Ancak, nazal hava akımında anlamlı bir artışa neden olduğunu göstermişlerdir. Tez çalışması kapsamında nazal parametrelerden egzersizin nazal hava akımına ve koku duyusuna olan etkisi bir arada araştırılmıştır. Çalışma sonunda hem grup içi hem de gruplar arası değerlendirmede ön test ve son test PNIF skorları arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Literatürden farklı olarak egzersiz ile nazal hava akımının değişmediği bu tez ile gösterilmiştir (Marioni vd., 2010). PNIF testinin tekrarlandıkça daha iyi skorların elde edilmesi, testte bir öğrenme etkisinin olduğunu göstermektedir (Ottaviano & Fokkens, 2016). Tez çalışmasında da her iki grupta son test skorlarının ön test skorlarından daha yüksek olduğu ancak, bu yükselmenin anlamlı düzeyde olmadığı saptanmıştır. PNIF testine ait skorlarında görülen artışın öğrenme etkisi nedeniyle mi, yoksa egzersiz/dinlenme nedeniyle mi oluştuğunu ayırt etmek oldukça güçtür. Ancak, ileri çalışmalar ile bu durumun aydınlatılması ihtiyacı doğmuştur. Burun hava akımını değerlendiren maliyetli ancak, altın standart olarak kabul edilen yöntemler kullanılarak yapılacak çalışma ile egzersizin burun hava akımı üzerindeki etkisinin ne olduğu net olarak ortaya konabilir.

Günlük rutin hayat akışında, burun içinde bir direnç olduğu bilinmektedir. Koku moleküllerinin beyin tarafından algılanabilmesi için öncelikle bu direncin aşılabilmesi

gerekir. Egzersiz yapıldığında burun içindeki mevcut direnç akut dönemde artış gösterse de bu durumun uzun sürmediği, zaman ilerledikçe burun içindeki direncin azaldığı (Fonseca, Petten Machado, vd., 2006; Forsyth vd., 1983; Hasegawa vd., 1988; Richerson & Seebom, 1968; Serra-Batlles vd., 1994) ve ortalama 20-30 dakika sonunda ise baştaki dinlenme koşuluna geri döndüğü gözlenmiştir (Cole vd., 1983; Dallimore & Eccles, 1977; Fonseca, Petten Machado, vd., 2006; Fonseca, Voegels, vd., 2006; Serra-Batlles vd., 1994). Egzersiz ile meydana gelen nazal dirençteki artış ve azalış ile nazal transport zamanı arasında bir korelasyon bulunmuştur. Egzersizin nazal dirençte önce artışa neden olması ancak, daha sonra bu artışın etkisinin akut dönemde azalması nazal transport zamanında da azalmaya neden olmuştur (Hancı vd., 2016). Transport zamanındaki bu hızlanma egzersiz modellerinin nazal mukozanın vazokonstrüksiyonuna bağlı olarak koku molekülleri üzerinde bir itici güç özelliği yarattığı düşünülmektedir. Bu durum burun içinde patolojinin veya burundaki anatomik bir bozukluğun var olmadığı durumlarda koku duyusunda bir iyileşme olarak yorumlanabilir. Nitekim literatürde sağlıklı bireyler üzerinde gerçekleştirilen çalışmalarda yüksek fiziksel aktivite veya egzersizin hem akut dönemde hem de kronik dönemde burun içinde koku duyusu performansını kalıcı olarak iyileştirecek bir mekanizmayı geliştirdiği şeklinde görüşler ortaya çıkmaktadır. Vazokonstrüksiyondan etkilenen bir veya birkaç nazal parametre sonucu koku duyusunun dolaylı olarak iyileştiği düşünülmektedir. Ayrıca her bireyde burun içinde bir nazal döngü bulunduğu ve bu nazal döngünün farklı gün ve saatlerde hatta farklı mevsimlerde alınan skorların aynı kişilerde bile farklı sonuçlar vermesine neden olduğu bildirilmiştir (Pendolino A. L. vd., 2018). Nazal döngüyü etkileyen tüm faktörler mevcut döngü paterninde oluşturduğu değişikliklere göre yorumlanır. Literatürde belirlenmiş olan dört çeşit nazal döngü tipi belirlenmiştir.

Bu tipler:

1. Klasik: Karşılıklı tıkanıklık/daralma değişiklikleri ve sabit toplam hacim
2. Paralel: Tıkanıklık/Daralma her iki kavitede de aynı anda meydana gelir.
3. Düzensiz: Burun hacminde tanımlanmış bir patern yoktur, burun hava akımı hacminde sabit bir toplam karşılıklı değişim olur.
4. Patern yok: Toplam nazal hacim ve ayrı ayrı olmak üzere her bir burun deliğindeki nazal hacim farklılık göstermez

Mevcut nazal paternler arasında herhangi bir sebep olmaksızın diğerine geçiş olabilmektedir (Pendolino A. L. vd., 2018). Gerçekleştirilen tez çalışmasındaki PNIF

skorlarının her katılımcının her ölçümünde ve her katılımcının birbirine göre farklı olmasının sebebi nazal paternlerdeki farklılıklar ve paternler arasındaki geçiş ile de açıklanabilir. Sağlıklı bireylerde nazal döngüdeki günlük değişimleri ve PNIF skorlarını etkileyen bazı faktörler (yaş, cinsiyet, pozisyon, egzersiz) olduğu bildirilmiştir (Can D., 2011; Ottaviano & Fokkens, 2016; Rundcrantz, 1969). Tez çalışması kapsamında sadece egzersiz faktörü araştırılmış ve PNIF skorlarına (nazal hava akımına) olan etkisini gözlemlemek amacıyla fizyolojik özellikleri birbirine benzer katılımcılar çalışmaya alınmıştır. Literatürde sağlıklı bireylerde horizontal pozisyonda (sırt üstü uzanma pozisyonu) nazal hava akımında artış gözlenmiştir. Bunun aksine alerjik rinit ve akut enfeksiyon burun akıntısına sahip bireyler dik oturma pozisyonunda olduğunda nazal hava akımlarında sağlıklı bireylere oranla iki-üç kat daha artış olduğu bildirilmiştir (Hasegawa vd., 1988; Lam vd., 2006; Pendolino A. L. vd., 2018; Rundcrantz, 1969). Bu tip hasta bireylerde farklı egzersiz türlerinin etkinliği araştırıldığında ise yapılan egzersiz türü fark etmeksizin nazal transport zamanlarında ve nazal dirençte azalma olduğu görülmüştür (Hancı vd., 2016). Literatürdeki bu bilgilerden yola çıkarak tez çalışmasında tüm çalışma boyunca katılımcıların baş ve vücut pozisyonlarının duruşu yaklaşık olarak aynı olacak şekilde ayarlanmıştır.

Nazal hava akımı, nazal açıklık/tıkanıklıktan da etkilenmektedir (Pendolino A. L. vd., 2018) Nazal döngü ve nazal hava akımı üzerine olan etkiler sadece sağlıklı bireylerde değil aynı zamanda alerjik burun akıntısına sahip hasta bireylerde de araştırılmaktadır. Nazal hava akımında en önemli bir diğer faktör ise mukosilier temizliktir. Çünkü açık olan burun kanalındaki mukosilier temizlik tıkalı olan burun kanalından daha fazla olduğu bildirilmiştir (Pendolino A. L. vd., 2018). Alerjik rinit durumuna sahip bireylerin nazal dirençleri ölçüldüğünde anlamlı bir fark bulunmamış olmasına rağmen PNIF kullanılarak nazal hava akım değerleri ölçülmüş ve özellikle sağlıklı bireylere oranla daha az olduğu bulunmuştur (Richerson & Seebom, 1968; Serra-Batlles vd., 1994; Starling-Schwanz vd., 2005). Bunun sebebinin burun akıntısının nazal kanala laminer olarak giren hava akımına ters bir etki yaratması olduğu düşünülmektedir. Çalışma kapsamında katılımcılardan alerji öyküleri alınmış olup normalde veya test günü alerjik burun akıntısı semptomları bulunmayan katılımcılar dahil edilmiştir. Literatürde bildirildiği üzere burun akıntısının veya burundaki bir enfeksiyon durumunun nazal mukozanın özelliğini değiştirebilir. Her ne kadar PNIF testi nazal tıkanıklığa hassas olsa da tıkalı burun kanallarına uygulanacak koku testlerinin normal durumdaki skarlardan düşük skorlar verebileceği düşünülmüştür. Çünkü burun içinde bir

enfeksiyon söz konusu olduğunda nazal döngünün genlik ve frekansında artış olduğu bildirilmiştir (Pendolino A. L.vd., 2018).

Nem oranındaki azalma ve soğuk iklim koşulları nazal hava akımında ve nazal dirençte artışa neden olduğu için (Philpott vd., 2004) tez çalışmamızda tüm ölçümler laboratuvar koşullarında gerçekleştirilmiştir ve sıcaklık ve nem değerleri yaklaşık olarak birbiri ile aynı seviyede ayarlanmıştır.

Tez çalışmasında katılımcılara uygulanan tüm testler boyunca her bantta iki kanal bulunan iki adet fNIRS bandı ile katılımcıların beyin ön bölgesinden hemodinamik yanıtlar da kaydedilmiştir. Hem koku testleri hem PNIF testlerinde elde edilen verilere local baseline olarak isimlendirilen bir işlem uygulanmıştır. Bu işlem doğrultusunda her oturumdan önceki 20 saniye baseline olarak kabul edilmiş ve tüm kanal ortalamalarından çıkarılmıştır. Uygulanan bu baseline alma işlemi doğrultusunda her testte bir diğerine göre değişen hemodinamik yanıtlar daha net olarak gösterilmiştir.

Egzersizden hemen önce ve hemen sonra uygulanan PNIF testi sonuçlarına göre anaerobik egzersiz sadece nazal hava akımını değil, aynı zamanda oksihemoglobin düzeyini de görece arttırmıştır. PNIF testi sürecinde çalışma grubunda gözlemlenen oksihemoglobin değerindeki artışın kontrol grubundan görece yüksek olmasının sebebi egzersizin akut dönemde beyin kan akımında yarattığı etkiden kaynaklanıyor olabilir. Supramaksimal egzersiz sırasında ve sonrasında prefrontal kortekste oksihemoglobin seviyesinde artış olduğu daha önce yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (C. S. Bediz vd., 2016; Herold vd., 2018; Smith & Ainslie, 2017). Yine de tez çalışmasında elde edilen veriler sınırlı olduğundan, ileri dönem araştırmalarda konu daha derinlemesine incelenmeli ve PNIF ile beyin ön bölge hemodinamik sinyalleri arasındaki ilişki ortaya konmalıdır.

Koku ayırt etme testinde kontrol grubunda oksihemoglobin seviyesinde artış gözlenirken çalışma grubunda oksihemoglobin seviyesinde azalma olmuştur. Koku ayırt etme son testi, solunum testinden yaklaşık 6-7 dakika sonra uygulanmıştır. Çalışma grubunun ve kontrol grubunun HbO değerleri koku testi ve solunum testi olarak karşılaştırıldığında çalışma grubunda egzersizden hemen sonra prefrontal kortekste HbO değerinin arttığı ancak, ortalama altı dakika sonra azaldığı görülmüştür. Kontrol grubunda ise prefrontal kortekste HbO seviyesinde artış olduğu görülmüştür. Hiçbir fiziksel aktivite olmadığı durumda beyinde artan HbO seviyesi egzersizden sonraki altı dakikalık süreçte azalmıştır. Supramaksimal egzersizden sonraki akut dönemde beyin hemodinamik yanıtlarında egzersizden sonra bir

miktar düşüş olduğu ancak, oksihemoglobin seviyesinin yine de başlangıç durumuna göre yüksek olduğu bildirilmiştir (Güdücü, 2019). Çalışmamızdaki bulgular literatürde bildirilenlerden farklı bulunmuştur. Bunun sebebi olarak veri kaydı sırasında gerek terlemeden kaynaklanan sinyal kaybı, gerek alın yapısı farklılıklarından kaynaklı sinyal alınamama, gerekse yaşanan teknik problemlerden dolayı verilerin kullanılamamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Literatürde yer alan bir çalışmaya göre sinirsel uyarım yapan koku uyarısının beyin oksihemoglobin miktarını arttırdığı ve fNIRS yönteminin koku ile ilişkili bölgeleri görüntülemeye yararlanılabileceği bildirilmiştir (Hucke, 2018).



6. Sonuç ve Öneriler

Tez çalışmasının hipotezleri arasında supramaksimal egzersizin koku duyusu performansına olan etkilerinin akut dönemde değişeceği yönündeydi. Çalışmadan elde edilen bulgular sonucunda anaerobik egzersizle birlikte koku duyusu performansı artmıştır. Bu çalışmada uygulanan Wingate anaerobik testi çoğunlukla sporculara uygulanabilen bir test olma özelliğine sahiptir ve çalışmaya sporcular dahil edilmiştir. Sporcu olmayan sağlıklı bireyler üzerinde farklı/aynı bir anaerobik test protokolünün koku duyusu ve nazal hava akımına olan etkileri de araştırılmalıdır. Ayrıca nazal hava akımının dışında egzersizle birlikte değişen ve koku duyusunu direk veya dolaylı olarak etkileyen mekanizmalar bilinmemektedir ve aydınlatılması gereken konuları oluşturmaktadır. Özellikle nazal hava akımı üzerinde anaerobik egzersizin etkilerinin çalışılması gereken bir konu olduğu düşünülmektedir.

Son dönemde literatürde yer alan çalışmalarda bilişsel bozulma ve koku duyu performansı ilişkisi güncel araştırma konuları arasında yer almaktadır. Egzersizin hem bilişsel işlevler üzerindeki hem de koku duyu performansı üzerindeki iyileştirici etkileri ayrı ayrı çalışılmaktadır (Chang, 2020; Rosenfeldt vd., 2016). İleri dönem çalışmalarda, farklı egzersiz türlerinin bilişsel fonksiyonlar ve koku duyusu üzerindeki etkilerinin nazal parametreler ile bir arada değerlendirilmesine ihtiyaç olduğu da düşünülmektedir. Özellikle sağlıklı yaşlanma konusunda egzersiz modellerinin birçok yaş gurubunda önerilmesi ve kullanımı yaygınlaşmaktadır. Koku duyu performansının da birçok hasta grubunda hem ön tanı hem de zaman zaman depresyon gibi hastalıkların bir belirtici olarak görülmesinden ötürü, egzersiz ve koku ilişkisi önümüzdeki dönemde bu bakış açısıyla irdelenmelidir.

7. Kaynaklar

- Bar-Or, O. (1987). The Wingate Anaerobic Test An Update on Methodology, Reliability and Validity. *Sports Medicine: An International Journal of Applied Medicine and Science in Sport and Exercise*, 4(6), 381–394. <https://doi.org/10.2165/00007256-198704060-00001>
- Batlles, S. J., Montserrat, J. M., Mullol, J., Ballester, E., ve ark. (1994). Response of the nose to exercise in healthy subjects and in patients with rhinitis and asthma. *Thorax*, 49(2), 128–132. <https://doi.org/10.1136/thx.49.2.128>
- Bediz, C. Ş. (1994). Wingate Anaerobik Testi. *Spor Hekimliği*, 1(29), 119–134.
- Bediz, C. S., Oniz, A., Guducu, C., Demirci, E. ve ark. (2016). Acute supramaximal exercise increases the brain oxygenation in relation to cognitive workload. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10(APR2016), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00174>
- Bhalla, V., Hamill, C., Sykes, K. J., Alholm, Z. ve ark. (2018). Randomized trial evaluating effects of exercise on olfaction in patients with early-stage dementia. *The Journal of Laryngology, Rhinology and Otology*, 1(1), 23–32. <http://www.starlingscience.com/article/randomized-trial-evaluating-effects-of-exercise-on-olfaction-in-patients-with-early-stage-dementia.pdf>
- Bouzarrou, M. D., Saad, H. Ben, Chouchane, A., Cheikh, I. ve ark. (2011). North African reference equation for peak nasal inspiratory flow. *Journal of Laryngology and Otology*, 125(6), 595–602. <https://doi.org/10.1017/S0022215111000181>
- Can, D., Gülen F., Tanaç R., Dem. A. Y. E. (2011). *Ege bölgesi okul çocuklarının nazal inspiratuar tepe akim hizi degerleri*. 138–144.
- Chang, Y. T. (2020). Physical Activity and Cognitive Function in Mild Cognitive Impairment. *ASN Neuro*, 12. <https://doi.org/10.1177/1759091419901182>
- Chang, Y. T., Chatterjee, K., Carman-Esparza, C. M., Munson, J. M. (2020). Methods to measure, model and manipulate fluid flow in brain. *Journal of Neuroscience Methods*, 12(December 2019), 108541. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2019.108541>
- Chatterjee, K., Carman-Esparza, C. M., Munson, J. M. (2020). Methods to measure, model and manipulate fluid flow in brain. *Journal of Neuroscience Methods*, 333(December 2019), 108541. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2019.108541>
- Cole, P., Forsyth, R., Haight, J. S. J. (1983). Effects of cold air and exercise on nasal patency. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*, 92(2), 196–198.

<https://doi.org/10.1177/000348948309200220>

- Connel, D. C., Fregosi, R. F. (1993). Influence of nasal airflow and resistance on nasal dilator muscle activities during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 74(5), 2529–2536. <https://doi.org/10.1152/jappl.1993.74.5.2529>
- Crespo, C., Liberia, T., Blasco-Ibáñez, J. M., Nácher ve ark. (2019). Cranial Pair I: The Olfactory Nerve. *Anatomical Record*, 302(3), 405–427. <https://doi.org/10.1002/ar.23816>
- Dallimore, N. S., Eccles, R. (1977). Changes in human nasal resistance associated with exercise, hyperventilation and rebreathing. *Acta Oto-Laryngologica*, 84(1–6), 416–421. <https://doi.org/10.3109/00016487709123985>
- Demir, K. (2006). *Nazal polipozis tanılı hastalarda endonazaltanılı hastalarda endonazal anatomik varyasyonların görülme sıklığının tespiti ve toplum ile karşılaştırılması*. İstanbul Eğitim ve Araştırma hastanesi.
- Doty, R. L. (2014a). Cortical Olfactory anatomy and physiology. In Donald A. Wilson, J. Chapuis, & M. R. Sullivan (Eds.), *Handbook of olfaction and gustation* (3rd ed., pp. 209–219).
- Doty, R. L. (2014b). Development, Morphology and Functional Anatomy of the Olfactory Epithelium. In John C. Dennis, Shelly Aono, V. Vodyanov, & E. E. Morrison (Eds.), *Handbook of olfaction and gustation* (3rd ed., pp. 93–96).
- Doty, R. L. (2014c). Structural and functional imaging of the human Olfactory System. In Gottfried Joy (Ed.), *Handbook of olfaction and gustation* (3rd ed., p. 279).
- Doty, R. L. (2018). Measurement of chemosensory function. *World Journal of Otorhinolaryngology - Head and Neck Surgery*, 4(1), 11–28. <https://doi.org/10.1016/j.wjorl.2018.03.001>
- Dryer, L., Graziadei, P. P. C. (1994). Mitral cell dendrites: a comparative approach. *Anatomy and Embryology*, 189(2), 91–106. <https://doi.org/10.1007/BF00185769>
- Falkowski, B., Chudzinski, M., Jakubowska, E., & Duda-Sobczak, A. (2017). Association of olfactory function with the intensity of self-reported physical activity in adults with type 1 diabetes. *Polish Archives of Internal Medicine*, 127 127(7–8), 476–480. <https://doi.org/10.20452/pamw.4073>
- Faria, E. W., Foster, C., Faria, I. E. (2000). Effect of exercise and nasal splinting on static and dynamic measures of nasal airflow. *Journal of Sports Sciences*, 18(4), 255–261. <https://doi.org/10.1080/026404100364992>

- Fonseca, M. T., Petten Machado, J. A. van, Pereira, S. A., Pinto, K. M., & Voegels, R. L. (2006). Effects of Physical Exercise in Nasal Volume. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 72(2), 256–260. [https://doi.org/10.1016/s1808-8694\(15\)30065-3](https://doi.org/10.1016/s1808-8694(15)30065-3)
- Fonseca, M. T., Voegels, R. L., Pinto, K. M. C. (2006). Evaluation of nasal volume by acoustic rhinometry before and after physical exercise. *American Journal of Rhinology*, 20(3), 269–273. <https://doi.org/10.2500/ajr.2006.20.2863>
- Forsyth, R. D., Cole, P., & Shephard, R. J. (1983). Exercise and nasal patency. *Journal of Applied Physiology Respiratory Environmental and Exercise Physiology*, 55(3), 860–865. <https://doi.org/10.1152/jappl.1983.55.3.860>
- Güdücü, Ç. (2015). Parkinson hastalığında kemoduyusal uyaranlara karşı beyin yanıtılığı. Dokuz Eylül Üniversitesi, Doktora tezi
- Güdücü, Ç., Bediz, C. Ş., (2019), The Relationship Between the Performance and Brain Oxygenation During Acute Supramaximal Exercise, *Turkish Journal of Sports Medicine*, 54, (4), 242-249
- Günay, F. B. (2008). Nazal obstrüksiyonda tani yöntemlerinin değerlendirilmesi. İstanbul Eğitim ve Araştırma Hastanesi.
- Günay, M., Cicioğlu, İ., Tamer, K., Şıktar, E. (2017). Testler. In *Spor Fizyolojisi ve Performans Ölçüm Testleri* (4th ed., pp. 885–888).
- Hall, J. E. (2013a). Beyin kan akımı, beyin omurilik sıvısı ve beyin metabolizması. In B. Çağlayan Yeğen, İ. Alican, & S. Zeynep (Eds.), *Guyton ve Hall Tıbbi Fizyoloji* (12th ed., pp. 743–750).
- Hall, J. E. (2013b). Koku Duyusu. In B. Çağlayan Yeğen, İ. Alican, & Z. Solakoğlu (Eds.), *Guyton ve Hall Tıbbi Fizyoloji* (12th ed., pp. 648–650).
- Hancı, D., Altun, H., Şahin, E., Aydın, S. (2016). Nasal response after exercise in swimmers, runners and handball players. *ENT Updates*, 6(2), 64–69. <https://doi.org/10.2399/jmu.2016002004>
- Hasegawa, M., Ohki, M., Kurita, N., Watanabe, I. (1988). Effects of Exercise on Nasal Resistance and Nasal Blood Flow. *Oto-Rhino-Laryngology Tokyo*, 31, 942–943. https://doi.org/10.11453/orltokyo1958.31.Supplement7_942
- Herold, F., Wiegel, P., Scholkmann, F., Müller, N. (2018). Applications of Functional Near-Infrared Spectroscopy (fNIRS) Neuroimaging in Exercise–Cognition Science: A Systematic, Methodology-Focused Review. *Journal of Clinical Medicine*, 7(12), 466.

- <https://doi.org/10.3390/jcm7120466>
- Holbrook, E. H., Coelho, D. H. (2020). Cranial Nerve Stimulation for Olfaction (Cranial Nerve 1). *Otolaryngologic Clinics of North America*, 53(1), 73–85. <https://doi.org/10.1016/j.otc.2019.09.014>
- Holmstrom, M., Scadding, G. K., Lund, V. J., Darby, Y. C. (1990). Assessment of nasal obstruction. A comparison between rhinomanometry and nasal inspiratory peak flow. *Rhinology*, 28(3), 191–196.
- Hsu, D. W., Suh, J. D. (2018). Anatomy and Physiology of Nasal Obstruction. *Otolaryngologic Clinics of North America*, 51(5), 853–865. <https://doi.org/10.1016/j.otc.2018.05.001>
- Hucke, C., Pacharra, M., Jörg, R., van Thriel, C., (2018), Somatosensory Response to Trigeminal Stimulation: A Functional Near-Infrared Spectroscopy (fNIRS) Study, *Scientific Reports*, 8(1), 1-13
- Hummel, T., Sekinger, B., Wolf, S. R., Pauli, E., (1997). “Sniffin” sticks’. Olfactory performance assessed by the combined testing of odor identification, odor discrimination and olfactory threshold. *Chemical Senses*, 22(1), 39–52. <https://doi.org/10.1093/chemse/22.1.39>
- Erdoğan, İ. (2011). *Duyusal engelli bireylerde davranışsal koku verilerinin incelenmesi*.
- Izzetoglu, M., Izzetoglu, K., Bunce, S., Ayaz, H., Devaraj, A., & Onaral, B. (2005). *Functional Near-Infrared Neuroimaging*. 13(2), 153–159.
- Kandemir, S., Bayar Muluk, N. (2016). Koku fizyolojisi ve koku testleri: Derleme. *Turkish Journal of Clinics and Laboratory*, 7(2), 48. <https://doi.org/10.18663/tjcl.54874>
- Kay, R. B., Brunjes, P. C. (2014). Diversity among principal and GABAergic neurons of the anterior olfactory nucleus. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, 8(1 APR), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fncel.2014.00111>
- Kurita, N., Hasegawa, M., Ohki, M., Watanabe, I. (1988). Nasal resistance and nasal blood flow in postural changes. *Acta Oto-Laryngologica*, 106(5–6), 448–452. <https://doi.org/10.3109/00016488809122269>
- Lam, D. J., James, K. T., Weaver, E. M. (2006). Comparison of anatomic, physiological, and subjective measures of the nasal airway. *American Journal of Rhinology*, 20(5), 463–470. <https://doi.org/10.2500/ajr.2006.20.2940>
- Marioni, G., Ottaviano, G., Staffieri, A., Zaccaria, M. ve ark. (2010). Nasal functional

- modifications after physical exercise: olfactory threshold and peak nasal inspiratory flow. *Rhinology Journal*, 48(3), 277–280. <https://doi.org/10.4193/rhin09.141>
- Menini, A., Lagostena, L., & Boccaccio, A. (2004). Olfaction: From odorant molecules to the olfactory cortex. *News in Physiological Sciences*, 19(3), 101–104. <https://doi.org/10.1152/nips.1507.2003>
- Mori, K., Nagao, H., Yoshihara, Y. (1999). The olfactory bulb: Coding and processing of odor molecule information. *Science*, 286(5440), 711–715. <https://doi.org/10.1126/science.286.5440.711>
- Nguyen, D. T., Rumeau, C., Gallet, P., Jankowski, R. (2016). Olfactory exploration: State of the art. *European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases*, 133(2), 113–118. <https://doi.org/10.1016/j.anorl.2015.08.038>
- Ottaviano, G., Fokkens, W. J. (2016). Measurements of nasal airflow and patency: A critical review with emphasis on the use of peak nasal inspiratory flow in daily practice. *Allergy: European Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 71(2), 162–174. <https://doi.org/10.1111/all.12778>
- Öniz, A., Erdogan, İ., İkiz, A. O., Evirgen, N. ve ark.(2013). *Dokuz Eylul University, Faculty of Medicine, Department of Biophysics, Izmir, Turkey 2 Medical Park Hospital, Izmir, Turkey 3 Dokuz Eylul University, Faculty of Medicine, Department of Ear Nose Throat and Head & Neck Surgery, Izmir, Turkey. 2.*
- Paulsson, B., Bende, M., Ohlin, P. (1985). Nasal mucosal blood flow at rest and during exercise. *Acta Oto-Laryngologica*, 99(1–2), 140–143. <https://doi.org/10.3109/00016488509119156>
- Pendolino, A. L., Lund, V. J., Nardello, E., Ottaviano, G. (2018). The nasal cycle: a comprehensive review. *Rhinology Online*, 1(1), 67–76. <https://doi.org/doi.org/10.4193/RHINOL/18.021>
- Pendolino, A. L., Scarpa, B., Ottaviano, G. (2019). Relationship Between Nasal Cycle, Nasal Symptoms and Nasal Cytology. *American Journal of Rhinology and Allergy*, 33(6), 644–649. <https://doi.org/10.1177/1945892419858582>
- Philpott, C., Goodenough, P., Passant, C., Robertson, A. ve ark. (2004). The effect of temperature, humidity and peak inspiratory nasal flow on olfactory thresholds. *Clinical Otolaryngology and Allied Sciences*, 29(1), 24–31. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2273.2004.00760.x>

- Plopper G. C., Harkema Jack R. (2005) The Respiratory System and its Use in Research, *Handbook of Experimental Animals*, (sf. 503-526).
- Purves, O. (2001). The Blood Supply of the Brain and Spinal Cord. In *Neuroscience* (2nd ed.).
- Richerson, H. B., Seeböhm, P. M. (1968). Nasal airway response to exercise. *Journal of Allergy*, 41(5), 269–284. [https://doi.org/10.1016/0021-8707\(68\)90032-4](https://doi.org/10.1016/0021-8707(68)90032-4)
- Rosenfeldt, A. B., Dey, T., Alberts, J. L. (2016). Aerobic Exercise Preserves Olfaction Function in Individuals with Parkinson's Disease. *Parkinson's Disease*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/9725089>
- Rujanavej, V., Snidvongs, K., Chusakul, S., Aeumjaturapat, S. (2012). The validity of peak nasal inspiratory flow as a screening tool for nasal obstruction. *Journal of the Medical Association of Thailand*, 95(9), 1205–1210.
- Rundcrantz, H. (1969). Postural variations of nasal patency. *Acta Oto-Laryngologica*, 68(1–6), 435–443. <https://doi.org/10.3109/00016486909121582>
- Schubert, C. R., Cruickshanks, K. J., Nondahl, D. M., Klein, B. E. K. ve ark. (2013). Association of exercise with lower long-term risk of olfactory impairment in older adults. *JAMA Otolaryngology - Head and Neck Surgery*, 139(10), 1061–1066. <https://doi.org/10.1001/jamaoto.2013.4759>
- Smith, K. J., Ainslie, P. N. (2017). Regulation of cerebral blood flow and metabolism during exercise. *Experimental Physiology*, 102(11), 1356–1371. <https://doi.org/10.1113/EP086249>
- Sorokowski, P., Karwowski, M., Misiak, M., Marczak, M. K., ve ark. (2019). Sex differences in human olfaction: A meta-analysis. *Frontiers in Psychology*, 10(FEB), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00242>
- Starling-Schwanz, R., Peake, H. L., Salome, C. M., Toelle, B. G., ve ark. (2005). Repeatability of peak nasal inspiratory flow measurements and utility for assessing the severity of rhinitis. *Allergy: European Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 60(6), 795–800. <https://doi.org/10.1111/j.1398-9995.2005.00779.x>
- Stone, H., Pryor, G., & Colwell, J. (1967). Olfactory detection thresholds in man under conditions of rest and exercise. *Perception & Psychophysics*, 2(4), 167–170. <https://doi.org/10.3758/BF03210313>
- Tan, M. F. M., Whitcroft, K. L., Mehta, N., Schilder, A., ve ark. (2019). Investigating the

- nasal cycle using unilateral peak nasal inspiratory flow and acoustic rhinometry minimal cross-sectional area measurements. *Clinical Otolaryngology*, 44(4), 518–524. <https://doi.org/10.1111/coa.13313>
- Thompson, P. (2014). Benefits and Risks Associated with Physical Activity. *ACSM's Guidelines For Exercise Testing and Prescription*, 3.
- Voss, M. W., Soto, C., Yoo, S., Sodoma, M., ve ark. (2019). Exercise and Hippocampal Memory Systems. *Trends in Cognitive Sciences*, 23(4), 318–333. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2019.01.006>
- Wang, X., Zhang, C., Xia, X., Yang, Y., ve ark. (2019). Effect of gender on odor identification at different life stages: A meta-analysis. *Rhinology*, 57(5), 322–330. <https://doi.org/10.4193/Rhin19.005>
- Yıldız S. A. (2012). Aerobik ve Anaerobik Kapasitenin Anlamı Nedir?, *Solunum Dergisi*, 14,1–8
- Zararsız, İ., M. S. (2005). Prefrontal Korteks. *Türkiye Klinikleri Journal of Medical Sciences*, 25(2), 232–237.

8.EKLER

EK-1. Burun Anatomik Yapıları

Bu bölümde burun ile ilgili anatomik yapılar anlatılmıştır.

Nazal Valfler

Nazal valfler iç ve dış olarak ikiye ayrılır. Dış nazal valflere nazal vestibül de denir. Nazal alanın altında bulunur. Bu bölgenin nazal direncin ilk oluştuğu bölge olduğu düşünülmektedir.

Nazal valflerin içinde burun kıkırdakları, kemikler ve kan damarları yer almaktadır. Nazal kemik üst lateral kıkırdak, orta lateral kıkırdak ve alt lateral kıkırdak olmak üzere üçlü bir yapıdan oluşur. Burun içi direncinin en çok görüldüğü yer bu bölümdür (F. B. Günay, 2008; Hsu & Suh, 2018).

Nazal Septum

Burun çatısı olarak da bilinen nazal septum tüm burun yapısını desteklemektedir. Septumda bir deformasyon meydana geldiğinde burun hava akımı da bu durumdan etkilenmektedir. En yaygın olarak bilinen durum ise septum deviasyonu olarak bilinen burun kemiğindeki eğriliktir. Bu durum burunda tıkanıklık ile sonuçlanır. Septum deviasyonuna neden olan sebepler arasında burun travması (darbe), doğum travması veya erken dönemlerde görülen mikro çatlaklar olabilir. Septumda bu septal deviasyonun (kemik eğriliğinin) görüldüğü yer orta konkanın anterior tarafıdır. Burun yapısında anterior bölgeden posterior bölgeye doğru gidildikçe görülen yapılar sırası ile: membranöz, kıkırdak ve kemiksi yapılardır. Posterior nazal septum bileşenleri arasında etmoid kemik, palatin ve maksillar kemiklerin burun tepesi ve vomer yer almaktadır (Günay F. B., 2008).

Nazal Konka

Lateral nazal duvarı üç çift nazal konka oluşturmaktadır. Superior ve orta konka ethmoid kemikten oluşmuş ve mucoperiosteuma yapışık çok ince kemik yapılarıdır. Inferior (alt) konkadaki submukozal tabaka bir allerjen veya irritana maruz kaldığında hipertrofi (hacimce artış) görülmektedir. Inferior konka nazal hava akımını düzenlemeye yardım eder. Bu yapının temel işlevi burun içi yüzey alanını arttırmak ve solunan havanın sıcaklığını ve nemini ayarlar. Otonom fonksiyona bağlı olarak kan bakımından zengin vasküler yapıları

içermektedir. Inferior konkanın anatomik yapısında bir değişiklik meydana geldiğinde bu durum nazal tıkanıklığı etkiler (Hsu & Suh, 2018).

Burun Kanlanması

Burundaki kan damarları temelde iç (internal) ve dış (eksternal) olarak 2 bölüme ayrılmaktadır.

Eksternal Damarlar:

Fasiyal arter (arteria facialis) karotis üçgenindeki dış karotid arterden mandibula açısı seviyesinde kökenlenir. A. karotis eksternadan dallanan A. superior'dan septal dallar türevlenir. A.sfenopalatinadan ayrılan 2 dal septumun lateral duvarın posteriorunu ve septum posterioruna kaynak sağlar. A.palatinus dalından türevlenen A.majus, foramen insisivumdan geçerek bir dal verir ve bu dal septuma kaynak sağlar. A.palatinus dalından ayrıca A. minus dalı da türevlenir. Septumda birleşen A.etmoidalis anterior, A.labialis superior, A.palatinus majus ve A.sfenopalatina Kiesselbach pleksusunu meydana getirir. Kavitenin üst kısmındaki venler kavernoöz sinüse, arka kısmındakiler ise internal/eksternal jugular venlere açılır.

Internal Damarlar:

Nazal kavite arterleri A. karotis interna ve A. karotis eksternadan gelir. A. karotis interna dallanarak A. oftalmika'yı; A. oftalmika ise dallanarak A. etmoidalis anterior ve posterior'u oluşturur. A.oftalmika'nın anterior ve posterior etmoid dalları kafatası tabanında bulunur ve septuma kan desteği verir. Bu damarlar hem septumun ön ve arka duvarlarına hem de lateral duvarlara kan sağlar (F. B. Günay, 2008).

Burun İnnervasyonları (Sinirleri)

Trigeminal sinirler açısından 2 gruba ayrılırlar; Oftalmik sinirler ve Maksillar sinirler. Oftalmik sinirin bir parçası olan nazosilier sinirden dallanan anterior etmoidal sinir anterior etmoidal arterin dağıldığı bölgeyi innerve eder. Posterior etmoidal sinir posterior etmoidal arter ile aynı yolu izler. Burun cildini ise infratroklear sinir innerve eder. Trigeminal uyarım Maksiller sinirler ile sağlanır. Sfenopalatin ganglionu aşan Maksillar dallar lateral burun duvarlarına, septuma, damak ve nazofarinkse dağılmaktadır. Nazal sinir Posterosuperioru, Palatin sinir damağı innerve eder. Otonom innervasyon otonom sinir sistemi aracılığıyla gerçekleşir. Nazal direncin artmasını sağlayan sempatik sinir sistemi blokajı iken nazal sekresyondaki artışı ise parasempatik sinir sistem sağlamaktadır. Sempatik sistemin kökeni medulla spinalisin 1. ve 2. torakal seviyeleridir. Sinaps yaptığı bölge superior servikal gangliondur. Petrozal sinirle birleşerek vidian siniri meydana getirirler. Parasempatik sistem

superior salivatuvar nukleustan kökenlenir. Fasial sinir aracılığı ile genikulat ganglionda sonlanır. Petrozal sinir lifleri derin petrozal sinir ile vidian siniri meydana getirir. Oluşan bu sinir içindeki parasempatik lifler sinaps yaparak, sempatik lifler ise sinaps yapmadan nazal mukozaya dağılmaktadır (F. B. Günay, 2008).



EK-2. Etik Kurul

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ GİRİŞİMSSEL OLMAYAN ARAŞTIRMALAR ETİK KURUL KARARI

Sayın Dr. Öğr. Üyesi Çağdaş Güdücü

Araştırmanıza ilişkin Kurulumuz kararı aşağıda sunulmuştur.

Bilgilerinizi ve gereğini rica ederiz.

ETİK KOMİSYONUN ADI	DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ GİRİŞİMSSEL OLMAYAN ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU
AÇIK ADRES	Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekanlığı 2. Kat İnciraltı-İZMİR
TELEFON	0 232 412 22 54-0 232 412 22 58
FAKS	0 232 412 22 43
E-POSTA	etikkurul@deu.edu.tr

BAŞVURU BİLGİLERİ	DOSYA NO:	4472-GOA
	ARAŞTIRMA	UZMANLIK TEZİ ☐ MÜNFERİT ARAŞTIRMA ☐ ÖÇM ☐ YÜKSEKLİSANS ☒ DOKTORA ☐
	ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Kısa Süreli Supramaksimal Egzersizin Koku Performansına Akut Etkisi
	ARAŞTIRMA PROTOKOL KODU	
	SORUMLU ARAŞTIRMACI ÜNVANI/ADI/SOYADI ve UZMANLIK ALANI	Dr. Öğr. Üyesi Çağdaş Güdücü Biyofizik A.D
	ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ ☒ ÇOK MERKEZLİ ☐

DEĞERLENDİRİLEN BELGELER	Belge Adı	Tarihi	Versiyon Numarası	Dili		
	ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ	Mevcut		Türkçe ☒	İngilizce ☐	Diğer ☐
	ARAŞTIRMA İLE İLGİLİ LİTERATÜR	Mevcut		Türkçe ☐	İngilizce ☒	Diğer ☐
	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU	Mevcut		Türkçe ☒	İngilizce ☐	Diğer ☐
	OLGU RAPOR FORMU	Mevcut		Türkçe ☒	İngilizce ☐	Diğer ☐

KARAR BİLGİLERİ	Karar No:2019/03-44	Tarih:13.02.2019				
	Dr. Öğr. Üyesi Çağdaş Gündüçü'nün sorumlusu olduğu "Kısa Süreli Supramaksimal Egzersizin Koku Performansına Akut Etkisi" isimli klinik araştırmaya ait başvuru dosyası ve ilgili belgeler araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş, etik açıdan çalışmanın gerçekleştirilmesinin uygun olduğuna oy birliği ile karar verilmiştir.					
ETİK KURUL BİLGİLERİ						
ÇALIŞMA ESASI	Dokuz Eylül Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu İşleyiş Yönergesi İy Klinik Uygulamaları Kılavuzu					
ETİK KURUL ÜYELERİ						
Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet	Araştırma ile ilişkili mi?		İmza
Prof.Dr. Can GEVİNÇ (Başkan)	Göğüs Hastalıkları	DEU Tıp Fakültesi Göğüs Hastalıkları A.D	Erkek	E ☐	H ☒	
Prof.Dr.Sadık Kıvanç METİN (Başkan Yardımcısı)	Kalp ve Damar Cerrahisi	DEU Tıp Fakültesi Kalp Damar Cerrahisi Anabilim Dalı	Erkek	E ☐	H ☒	
Prof.Dr.Arzu GENÇ	Nörolojik Fizyoterapi - Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon	DEU Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksek Okulu	Kadın	E ☐	H ☒	
Prof.Dr. Sermin ÖZKAL	Tıbbi Patoloji	DEU Tıp Fakültesi Tıbbi Patoloji A.D	Kadın	E ☐	H ☒	
Prof.Dr.Pınar TUNCEL	Tıbbi Biyokimya	DEU Tıp Fakültesi Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı	Kadın	E ☐	H ☒	
Prof.Dr.Serkan YENER	Endokrinoloji	DEU Tıp Fakültesi İç Hastalıkları Anabilim Dalı	Erkek	E ☐	H ☒	
Doç.Dr.Nil Hocaoglu AKSAY	Tıbbi Farmakoloji	DEU Tıp Fakültesi Tıbbi Farmakoloji Anabilim Dalı	Kadın	E ☐	H ☒	
Doç.Dr.Murat BEKTAŞ	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Hemşireliği	DEU Hemşirelik Fakültesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Hemşireliği	Erkek	E ☐	H ☒	Katılmadı
Doç.Dr.Tufan ÇANKAYA	Tıbbi Genetik	Tıbbi Genetik Anabilim Dalı	Erkek	E ☐	H ☒	
Doç.Dr.Ayfer DAYI	Davranış Fizyolojisi	DEU Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı	Kadın	E ☐	H ☒	
Doç.Dr.Korcan DEMİR	Pediyatrik Endokrinoloji	DEU Tıp Fakültesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı	Erkek	E ☐	H ☒	
Doç.Dr.Mahmut Cem ERGON	Tıbbi Mikrobiyoloji	DEU Tıp Fakültesi Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı	Erkek	E ☐	H ☒	
Öğr.Gör.Dr.Kıvanç YÜKSEL	Biyoistatistik ve Tıbbi Bilişim	Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyoistatistik ve Bilişim A.D	Erkek	E ☐	H ☒	
Av.Esra FIRTINA	Avukat	DEU Rektörlüğü Hukuk Müşavirliği	Kadın	E ☐	H ☒	
Mehmet Erhan ÖZKUL	Sağlık mensubu olmayan üye	D.E.U Tıp Fakültesi İdari Mali İşler	Erkek	E ☐	H ☒	

Onam Formu Örneği

“Kısa süreli supramaksimal egzersizin koku performansına akut etkisi”

GÖNÜLLÜ UYGULAMA BİLGİLENDİRME FORMU

Tez çalışmasında kısa süreli supramaksimal egzersizin koku performansına akut etkisinin gösterilmesi amaçlanmıştır. Çalışmaya hiçbir nörolojik, psikolojik, kronik hastalık tanısı almamış en az **20 sağlıklı, gönüllü ve sporcu bireyin** katılımı planlanmaktadır. Araştırma **DEÜ Biyofizik Anabilim Dalı İnsan Faktörü Laboratuvarı**’nda gerçekleştirilecektir. Tüm çalışmaya katılan kişilerde beyin kan akımındaki değişiklikler ve koku duyusu performansları, hiçbir ağırlı girişim yapılmadan kaydedilecek ve bilgisayar işlemlerinden geçirildikten sonra değerlendirilecektir. Herhangi bir yan etkisi ya da bireye zarar bulunmayan bu işlemler için gerekli masraflar size veya güvencesi altında olduğunuz resmi veya özel hiçbir kurum veya kuruluşa ödetilmeyecektir.

Bu çalışma bilimsel bir çalışma olup, size doğrudan bir fayda sağlamamaktadır. Gönüllü bu çalışmayı ret etme ya da araştırma başladıktan sonra devam etmeme hakkına sahiptir. Araştırmacı da gönüllünün kendi rızasına bakmadan, olguyu araştırma dışı bırakabilir.

Bu araştırmada yer aldığınız süre içerisinde kayıtlarınızın yanı sıra ilişkili sağlık kayıtlarınız ve kişisel bilgileriniz kesinlikle gizli kalacaktır. Araştırma için etik kurul onayı alınmıştır. Bununla birlikte kayıtlarınız kurumun yerel etik komitesine ve Sağlık Bakanlığına açık olacaktır. Çalışma verileri herhangi bir yayın ve raporda kullanılırken isminiz kullanılmayacak ve veriler izlenerek size ulaşılmayacaktır.

GÖNÜLLÜNÜN BEYANI

..... Tarafından “Kısa süreli supramaksimal egzersizin koku performansına akut etkisi” isimli bir araştırmanın yapılacağı bana belirtildi. Araştırmanın amacı ve uygulanma biçimi ile riskleri ve tıbbi bilgilerimle ilgili gizliliğin sağlanacağı konusunda yeterli açıklama yapıldı. Araştırma sırasında temas kuracağım telefon numaraları verildi. İstediğim zaman kendisi ile temasa geçebilirim. İstediğim zaman araştırmadan çekilebileceğimi biliyorum. **“Yukarıda gönüllüye araştırmadan önce verilmesi gereken bilgileri okudum. Bunlar hakkında bana yazılı ve sözlü açıklamalar yapıldı. Bu koşullarla söz konusu klinik araştırmaya kendi rızamla, hiçbir baskı ve zorlama olmaksızın katılmayı kabul ediyorum”.**

Gönüllünün

Adı Soyadı:
Adresi:
Telefonu:
Tarih:
İmza:

Tanıgın

Adı Soyadı:
Adresi:
Telefonu:
Tarih:
İmza:

Araştırmacının

Adı Soyadı: Çağdaş GÜDÜCÜ
Adresi: DEÜ Tıp Fakültesi Biyofizik
AD. Telefonu: 0232 412 44 97
Tarih:
İmza:

Görüşme tarihi ve saati;

Özgeçmiş



GİZEM DÜŞMEZ

Kişisel Bilgiler

İletişim Bilgileri

Doğum Tarihi	18/01/1991
İletişim Adresi	Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyofizik Anabilim Dalı, İnciraltı yerleşkesi,
Telefon	(553) 870 61 87
E-posta	gizemdusmez91@gmail.com
Web Adresi	

Öğrenim Bilgileri

01 Eylül 2012 - 01 Şubat 2017 (4 yıl 6 ay)
Lisans, İkinci Öğretim, EGE ÜNİVERSİTESİ, TÜRKİYE
FEN FAKÜLTESİ, BİYOLOJİ BÖLÜMÜ

TÜBİTAK Burs ve Destekleri