

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ANTRENÖRLÜK EĞİTİMİ ANA BİLİM DALI**



**DAYANIKLILIK EGZERSİZİ ESNASINDA DİYET SODYUM
TÜKETİMİNİN TER SODYUM KONSANTRASYONU
ÜZERİNE ETKİSİ**

Yüksek Lisans Tezi

Ecem Naz GENÇ

Danışman
Doç. Dr. Ali Kerim YILMAZ

II. Danışman
Prof. Stuart GALLOWAY

SAMSUN
2022

TEZ KABUL VE ONAYI

Ecem Naz GENÇ tarafından, **Doç. Dr. Ali Kerim YILMAZ** danışmanlığında hazırlanan “**DAYANIKLILIK EGZERSİZİ ESNASINDA DİYET SODYUM TÜKETİMİNİN TER SODYUM KONSANTRASYONU ÜZERİNE ETKİSİ**” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	İmza	Sonuç
Başkan		☐
		Kabul
		☐
		Ret
Üye (Danışman)		☐
		Kabul
		☐
		Ret
Üye		☐
		Kabul
		☐
		Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

ONAY

... / ... / ...

Prof. Dr. Ali BOLAT
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Yüksek Lisans tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evet ☒

Hayır ☐

27 / 05 / 2022

Ecem Naz Genç

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı : DAYANIKLILIK EGZERSİZİ ESNASINDA DİYET SODYUM TÜKETİMİNİN TER SODYUM KONSANTRASYONU ÜZERİNE ETKİSİ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 27.05.2022 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 7

Tek kaynak oranı : % 2 çıkmıştır.

27 / 05 / 2022

Doç. Dr. Ali Kerim YILMAZ

ÖZET

DAYANIKLILIK EGZERSİZİ ESNASINDA DİYET SODYUM TÜKETİMİNİN TER SODYUM KONSANTRASYONU ÜZERİNE ETKİSİ

Ecem Naz GENÇ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Antrenörlük Eğitimi Ana Bilim Dalı
Yüksek Lisans, Mayıs/2022
Danışman: Doç. Dr. Ali Kerim YILMAZ
II. Danışman: Prof. Stuart GALLOWAY

Amaç: Bu çalışmada, farklı miktarlarda elektrolit alırken erkek ve kadın bedenlerinde diyet sodyum alımının ter sodyum konsantrasyonu üzerindeki etkisini karşılaştırmayı amaçlandı. Diyetteki sodyum alımındaki bir artışın, sıcakta egzersiz nedeniyle ter sodyum konsantrasyonunda bir artışa ve tüm vücut ter hızında bir artışa neden olacağını hipotezi üzerinde çalışıldı. Ayrıca vücuttaki 3 farklı lokasyonun ter hızının ve oranının farklılıkları gözlemlendi, idrar ozmalaritesi sodyum takviyesine göre incelendi.

Materyal ve Metot: Araştırmanın örneklem grubunu yaşları 18 ile 24 arasında değişen farklı branşlardan 20 elit erkek ve 10 elit kadın sporcu oluşturmaktadır. Verilerin toplanmasında alev fotometre yöntemi (ter bantlarıyla) ve idrar ozmolalite değerleri için osmomat kullanılmıştır. Çalışmanın istatistiksel analizlerinde eşleştirilmiş örneklem t, Tek Yönlü ANOVA kullanılmıştır.

Bulgular: Bu çalışma ile, bir günlük $[Na^+]$ takviyesinin, ter $[Na^+]$ konsantrasyonunda anlamlı bir değişikliğe sahip olmadığı kanıtlandı. Kısa süreli (<3 gün) sodyum değişikliklerinin sporcular üzerinde etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir. Erkeklerde vücut lokasyonlarının terleme oranlarında anlamlı farklılıklar bulunurken, kadınlar görülmemiştir. Kadın örneklem grubunun erkeklerden daha düşük sayıda olması bunun sebebi olabilir. İdrar ozmolaliteleri incelendiğinde, istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Takviyeden 24 saat sonraki idrar örnekleri bu çalışmada dikkate alınmamıştır. Bu, sodyum takviyesine rağmen egzersiz öncesi idrar ozmolalite değerlerinin benzer olmasının bir nedeni olabilir.

Sonuç: Erkek deneklerde diyetteki sodyum alımı ile ter $[Na^+]$ konsantrasyonu arasında çok küçük bir pozitif ilişki, gözlemlenirken, kadın örneğinde negatif bir ilişki bulunmuştur. Bir günlük sodyum takviyesi, ter $[Na^+]$ konsantrasyonu arasında küçük değişikliklere yol açsa da, ancak istatistiksel bir anlama rastlanmadı. Aynı zamanda deneklerin egzersiz öncesi ve sonrası idrar ozmolaliteleri arasında fark incelendiğinde istatistik olarak anlamlı bir veri bulunmadı.

Anahtar Sözcükler: Sodyum takviyesi, dayanıklılık egzersizi, termoregülasyon

ABSTRACT

IMPACT OF DIETARY SODIUM INTAKE ON SWEAT SODIUM CONCENTRATION DURING EXERCISE IN THE HEAT

Ecem Naz GENÇ
Ondokuz Mayıs University
Institute of Graduate Studies
Department of Sport Science
Master, May/2022

Supervisor: Doç. Dr. Ali Kerim YILMAZ
Supervisor: Prof. Stuart GALLOWAY

Aim: In this study, I aim to investigate comparing the impact of dietary sodium intake on sweat sodium concentration in male and female bodies while ingesting different amounts of the electrolyte. We hypothesize that an increase in dietary sodium intake would cause a rise in sweat sodium concentration and an elevation in whole-body sweat rate due to exercise in the heat. Also, we are aiming to observe location sweat rate of the body.

Material and Method: Sample group of the study consists of 20 elite male and 10 elite female athletes from different branches who were between the ages of 18 and 24. Flame photometer method and osmomat for osmolalite were used in collecting the datas. Paired sample t, One Way ANOVA, were used in the statistical analyses of the study.

Results: This study informs that there was no significant change in the sweat $[Na^+]$ concentration at the forearm, thigh, and back with one-day $[Na^+]$ supplementation. Most studies involving several days to weeks of dietary $[Na^+]$ manipulation are associated with significant changes in sweat $[Na^+]$ concentration. However, there is no correlation between the change in sodium intake and the change in sweat $[Na^+]$ concentration. A shorter duration (≤ 3 days) of sodium manipulation has minimal or no impact. Habitual + $[Na^+]$ supplementation diet, a decline in the pre- to post-exercise urine osmolality is evident for male, but there is no statistically significant data for female. A p-value >0.05 states that this decline is not statistically significant. A p-value >0.05 states no statistical significance. A study says 90-95% of sodium intake is excreted in 24-hour urine. Urine samples in the 24 hours post supplementation were not considered in this study. This could be a reason for pre-exercise urine osmolality values being similar despite sodium supplementation. ozmolalite değerklerinin benzer olmasının bir nedeni olabilir.

Conclusion: A very small positive association between dietary sodium intake and sweat $[Na^+]$ concentration while it was observed from male's sample and a small positive association under the habitual diet, female's sample has a negative association. Sodium supplementation led to a small changes between dietary sodium intake and sweat $[Na^+]$ concentration, but there is no statistical significance.

Keywords: sodium supplement; endurance exercise; heat exercise

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bir öğrenciye ışık tutmanın saat, şehir hatta ülkelere aldırmadan yapılabileceğini gösteren, tecrübelerini ve desteklerini benden hiç esirgemeyen, değerli danışmanım Doç. Dr. Ali Kerim YILMAZ'a;

Çalışmamın hem öncesi hem sonrasında, bana akademi disiplini aşıl原因, spor bilimine dair yeni bakış açıları öğreten ve benimseten, ekibine hemen dahil ederek bilgi birikimimi artıran ve bana başarılı bir araştırmacı olmayı öğreten ikinci danışmanım Prof. Dr. Stuart GALLOWAY'e;

Laboratuvarda son derece sabırlı ve sevecen tavrıyla kısa sürede bana aletlerin nasıl kullanılacağını öğreten, tüm pandemi ve ülke kurallarına rağmen çalışmamın gerçek olmasını sağlayan Prof. Dr. Nidia RODRIGUEZ-SANCHEZ'e;

Bana bir anne gibi yaklaşan, tüm zorluklarımda kendi kızımıymışım gibi yanımda olan ve laboratuvara girmeden önce tüm eğitimlerimi sabırla veren yöneticim Gillian DRECZKOWSKI'ye;

İlk günden son güne, zaman mekân fark etmeksizin her daim yanımda olan, samimiyetinden ve sevgisinden bir an tereddüt etmediğim, yoldaşım Öykü AYPAK'a;

İyi ve kötü her anımda yanımda olup, tüm zorluklarıma hızır gibi yetişen, bir kişiyi bile tanımadığım yabancı topraklarda manevi olarak yanımdan bir an bile olsun eksik olmayan, görüşlerine ve kararlarına sonsuz güvendiğim, sevgili Ali ÇİFTÇİ'ye;

Bana ablalık bilincini aşılıyarak, attığım tüm adımlarda daha sorumlu ve sağduyulu bir insan olmamı sağlayan, mutluluk kaynağım, kardeşim Melis GENÇ'e;

Hayatımın her evresinde ve her kararında bana destek olan, hiçbir şeyin imkânsız olmadığını öğreten ve her an omzumdaki elinin güvenini hissettiğim canım annem Ayşin KIVANÇ'a;

sonsuz teşekkürlerimi sunarım...

Ecem Naz Genç

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. Termoregülasyon ve Isı Dengesi.....	4
2.1.1. Vücut Sıcaklığını Etkileyen Faktörler.....	5
2.1.2. Sıcaklık ve Egzersiz Kaynaklı Hastalıklar	10
2.2. Vücut Su Dengesi	13
2.2.1. Egzersiz Esnasında Su Dengesi	15
2.3. Vücut Sodyum Dengesi	16
2.4. Sıvı ve Sodyum İçerikli Hastalıklar	17
2.5. Isı Stresi Altında Dayanıklılık Egzersizi.....	20
2.6. Dayanıklılık Sporlarında Sıvı Dengesi ve Sodyum Kaybı.....	20
2.7. Hidrasyon Durumunun Tayini	21
2.8. Biyolojik Belirteç Olarak Ter	21
3. MATERYAL VE METOT.....	23
3.1. Araştırma Modeli	23
3.2. Araştırma Grubu	23
3.3. Ölçüm Methodları	24
3.4. Verilerin Analizi	29
4. BULGULAR.....	31
5. TARTIŞMA.....	44
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	51
KAYNAKLAR	53
EKLER	62
ÖZ GEÇMİŞ.....	63

SİMGELER VE KISALTMALAR

ADH	: Antidiüretik Hormon
BMI	: Vücut Kitle İndeksi
°C	: Santigrat
CO ₂	: Karbonhidrat
[Cl]	: Klor elektroliti
Dk	: Dakika
EHİ	: Eforla Isı Hastalığı ' <i>exertional heat illness</i> '
Gr	: Gram
Kg	: Kilogram
[K]	: Potasyum Elektroliti
kg/m ²	: Vücut Kitle İndeksi Ölçüm Birimi
Mg	: miligram
Mmol	: Molar Konsantrasyon
Mmol/L	: Litre başına düşen milimol
mOsmol/kg	: 1 kilogram su başına düşen mili osmolarite
m.s	: Yol uzunluğunun metre cinsinden ifadesi
Na	: Sodyum
[Na ⁺]	: Sodyum elektroliti
O ₂	: Oksijen
RAAS	: Renin-Anjiotensin-Aldosteron-Sistemi
V_O ₂ Max	: Egzersiz esnasında vücudun kullandığı maksimum oksijen
W.m ²	: Metre başına düşen watt (enerji ölçümü)
W.kg	: Kilogram başına düşen watt (güç ölçümü)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Dinlenme esnasında çevre ısısının ve vücut bölümlerinin ilişkisi (Alfano vd., 2014)	5
Şekil 2.2. İnsan vücudunun ısı dengesini etkileyebilecek faktörler (Cramer ve Jay, 2016)	10
Şekil 2.3. Günlük hidrasyon durumunun ölçümü için kullanılan yöntemler (Burke, 2019; Cheuvront ve Sawka, 2006)	14
Şekil 3.1. Araştırma ölçüm methodlarından idrar örneği toplama	25
Şekil 3.2. Araştırmada ortam sıcaklığı kontrol edilebilen oda örneği	26
Şekil 3.3. Dayanıklılık egzersizi modeli olarak ergonometrik bisiklet kullanımı	26
Şekil 3.4. Ter bantlarının saklandığı salivette tüp örneği	27
Şekil 3.5. Santrifüj kabı örneği	27
Şekil 3.6. Simetrik şekilde ayarlanan santrifüj makinesi	28
Şekil 3.7. Araştırma methodlarından alev fotometresi	28
Şekil 3.8. Seyreltilerek ölçülen ter örnekleri	29
Şekil 3.9. İdrar ozmolalitesi tayini için kullanılan ozmometre	29
Şekil 4.1. Erkek deneklerin sodyum takviyesine karşılık olarak ön koldan toplanan ter [Na ⁺] konsantrasyonlarının kıyaslanması	32
Şekil 4.2. Erkek deneklerin önkol ter konsantrasyonlarının, sodyum takviyesi altında bireysel olarak incelenmesi	33
Şekil 4.3. Erkek deneklerin sodyum takviyesine karşılık olarak uyluktan toplanan ter [Na ⁺] konsantrasyonlarının kıyaslanması	33
Şekil 4.4. Erkek deneklerin uyluk ter konsantrasyonlarının, sodyum takviyesi altında bireysel olarak incelenmesi	34
Şekil 4.5. Erkek deneklerin sodyum takviyesine karşılık olarak sırttan toplanan ter [Na ⁺] konsantrasyonlarının kıyaslanması	35
Şekil 4.6. Erkek deneklerin sırt ter konsantrasyonlarının, sodyum takviyesi altında bireysel olarak incelenmesi	36
Şekil 4.7. Kadın deneklerin sodyum takviyesine karşılık olarak önkoldan toplanan ter [Na ⁺] konsantrasyonlarının kıyaslanması	37
Şekil 4.8. Kadın deneklerin önkol ter konsantrasyonlarının, sodyum takviyesi altında bireysel olarak incelenmesi	38
Şekil 4.9. Kadın deneklerin sodyum takviyesine karşılık olarak uyluktan toplanan ter [Na ⁺] konsantrasyonlarının kıyaslanması	38
Şekil 4.10. Kadın deneklerin uyluk ter konsantrasyonlarının, sodyum takviyesi altında bireysel olarak incelenmesi	39
Şekil 4.11. Kadın deneklerin sodyum takviyesine karşılık olarak sırttan toplanan ter [Na ⁺] konsantrasyonlarının kıyaslanması	40
Şekil 4.12. Kadın deneklerin uyluk ter konsantrasyonlarının, sodyum takviyesi altında bireysel olarak incelenmesi	40

TABLÖLER DİZİNİ

Tablo 3.1. Katılımcıların Genel Bilgileri	23
Tablo 3.2. Deney Boyunca Kaydedilen Değerler	25
Tablo 4.1. Müdahale Öncesi ve Sonrası Ortalama Günlük Sodyum Miktarlarının Karşılaştırılması	31
Tablo 4.2. Sadece Düzenli Diyet Sonrası Toplanan Ter [Na ⁺] Değerleri	31
Tablo 4.3. Düzenli Diyet + [Na ⁺] Takviyesi Sonrası Toplanan Ter [Na ⁺] Değerleri	31
Tablo 4.4. Erkeklerde Vücut Bölümlerine Göre Ter [Na ⁺] Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması	41
Tablo 4.5. Kadınlarda Vücut Bölümlerine Göre Ter [Na ⁺] Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması	41
Tablo 4.6. Düzenli Diyet Sonrası Yapılan Deneyde Toplanan İdrarların Kıyaslanması	42
Tablo 4.7. Düzenli Diyet + [Na ⁺] Takviyesi Sonrası Yapılan Deneyde Toplanan İdrarların Kıyaslanması	42
Tablo 4.8. Erkek İdrar Ozmolalite T-Test Sonuçları	42
Tablo 4.9. Kadın İdrar Ozmolalite T-Test Sonuçları	43

1. GİRİŞ

İnsan vücudu; adaptasyon yeteneği sayesinde çevre sıcaklığı değişse bile vücut sıcaklığını sabit tutma yetisine sahiptir (Matthews vd., 2019). Normal değer aralığı 36,1 – 37,2 °C olan ve egzersizle birlikte artış gösteren vücut ısısının uygun yollarla kontrol edilememesi ölümcül sonuçlara sebep olduğundan sporcuların vücut sıcaklıklarının belirlenen bu aralıkta sabit tutulması gerekmektedir (Casa vd., 2019). Bu nedenle sporcularda artan vücut ısısının uygun aralıklarda tutulması performans gelişiminin yanı sıra ortaya çıkabilecek olası riskli durumların da önlenmesi bakımından önem taşır (Gagnon & Crandall, 2018).

Yoğun dayanıklılık egzersizi esnasında vücudun kendini serinletme politikası terleme yoluyla sağlanır (Harshman vd., 2018). Ter, vücudun ter bezleri tarafından salgılanan tuz bazlı bir sıvıdır ve terleme, vücut ısısı yükseldiğinde ortaya çıkan bedensel bir işlevdir (Heikenfeld vd., 2018). Vücut ısısını düşürmeye yardımcı olur ve sistemi serin tutar. Ancak terleme olayı, terin ana bileşenlerini oluşturması sebebiyle vücuttan su ve sodyum kaybına mal olur (Gerrett vd., 2018). Bir litre ter başına atılan sodyum miktarı (mmol) ter sodyum konsantrasyonu olarak adlandırılır. Tüm vücut terinde sodyum konsantrasyonu yaklaşık 10-70 mmol/L arasında değişir (L. B. Baker, 2019). Değişen bu ter miktarı; bireysel özelliklere, egzersizin türüne ve yoğunluğuna, giyilen kıyafete ve ekipmana, çevresel koşullara bağlıdır (Di Domenico vd., 2022). Ayrıca egzersizden önceki günlerde tüketilen sodyum miktarı, ter bezlerinde meydana gelecek işlevsel değişiklikler sebebiyle ter sodyum konsantrasyonunu etkileyebilir (L. B. Baker, 2019).

Artan terleme vücutta, vücudun düzgün çalışması için gerekli olan temel bir mikro besin olan sodyumun belirli seviyede kaybına neden olmaktadır (Casa vd., 2019). Sinir kas uyarılabilirliğini sağlayan sodyum; beden sıvı ozmolaritesini devam ettirmekten ve beden sıvılarının dağılımını sağlamaktan sorumludur. (Yousef, H., vd. Varacallo, 2020). Sodyum dengesinin sağlanması için vücudumuzdaki endokrin sistem, antidiüretik hormon sistemi, aldesteron, renal ve solunum sistemi gibi mekanizmalar aktif olarak çalışmaktadır (Shiohara vd., 2018). Aktif olarak çalışan mekanizmalar sayesinde, egzersiz esnasında terleme sebebiyle artan sodyum kaybı, hücre dışı kan hacminde azalmaya yol açar (Miller vd., 2020). Reseptörler tarafından uyarılan bu durumu dengelemeye çalışan kardiyovasküler sistem, vücudu serinletmek

ve azalan kan hacmini onarmak amacıyla cilde kan pompalamaya başlar (Yousef ve Varacallo 2020). Ek olarak; egzersiz esnasında çevresel ısı stresi, derideki azalan kan hacmini düzeltmek amacıyla cilde hücum ettiğinden, egzersiz yapan kaslar ve derimiz arasında mevcut kan için rekabete neden olur (Liu vd., 2022). Bu, aktif kaslara giden kan akışını ve ardından sporcunun performansını koruma yeteneğini etkilemektedir (Baker vd., 2016).

Sodyum, ayrıca bağırsaktaki besin maddelerinin emilmesine, bilişsel işlevin korunmasına, sinir uyarı iletimine ve kas kasılmasına da yardımcı olmaktadır (Sutehall vd., 2022). Artan sodyum kaybı, bu vücut fonksiyonlarının çalışmasını bozar ve sporcuda yorgunluk hissine (Périard vd., 2021), konsantrasyon kaybına ve hatta kas kramplarına neden olur (McCubbin ve Da Costa, 2018). Yaşanabilecek riskli durumlar düşünüldüğünde, hidrasyon stratejilerini ve kaybolan elektrolitlerden biri olan sodyumun replasmanını formüle etmek, uzun süreli egzersizin performansı etkileyen zararlı yönlerini iyileştirmemiz için fayda sağlayacaktır (L. B. Baker, 2017).

Uzun süreli dayanıklılık sporunun terlemeye etkisi nedir, sıcaklık, cinsiyet ve spor çeşidi türleriyle kıyaslandığında ne gibi önlemler alınması tavsiye edilir sorularına, spor beslenmesi ile ilgilenen profesyoneller uzun süredir cevap aramaktadır (Buono vd., 2018). Oldukça fazla etkenin aynı anda başrol oynadığı bu durum birçok mekanizmanın da dahil olduğu, vücudumuzun termoregülatör sistemi tarafından kontrol edilir. Termoregülasyonu etkileyen faktörlerin araştırılması ve etkilerinin incelenmesi oldukça önemlidir (L. B. Baker, 2019). Bu sebeple dayanıklılık egzersizi sırasında sodyum kayıplarını belirlemek için ter örneklerinin toplanması, işlenmesi ve analizi; spor, egzersiz ve beslenme alanında çalışan profesyonellerin üstünde durması gereken önemli bir konudur (Smith & Havenith, 2019). Özellikle dayanıklılık egzersizleri esnasında yaşanan sodyum kayıplarını yerine konma stratejilerinin geliştirilmesi gereklidir ve bu da ancak idrar ve ter ölçümü analizi sonrası uygun hidrasyon yönteminin keşfedilmesi ile oluşturulabilir (McCubbin vd. Da Costa, 2018).

İdrar ve ter analiz sonuçların yorumlanmasında kontrol edilmesi veya dikkate alınması gereken ve ter sodyum konsantrasyonunu $[Na^+]$ etkileyen birkaç faktör vardır. Egzersizden önceki günlerde diyetle alınan sodyum, ter ile atılan $[Na^+]$ miktarını etkileyebilecek çok önemli bir faktördür (Lewis vd., 2018).

Bu çalışma, belirli sıcaklıkta yapılan uzun süreli yoğun dayanıklılık antrenmanı esnasında diyet sodyum tüketiminin, ter ile kaybolan sodyum üzerindeki etkisini

incelemeyi amaçlamaktadır. Birinci hipotez, düzenli diyetle ek olarak artan kısa süreli sodyum takviyesinin, terleyerek kaybedilen sodyum miktarını artırması yönünde olmaktadır, ikinci hipotez, kadın ve erkeklerde vücudun farklı bölümlerinden toplanan ter konsantrasyonları arasındaki fark hakkında anlamlı ilişkiler çıkması üzerinedir.



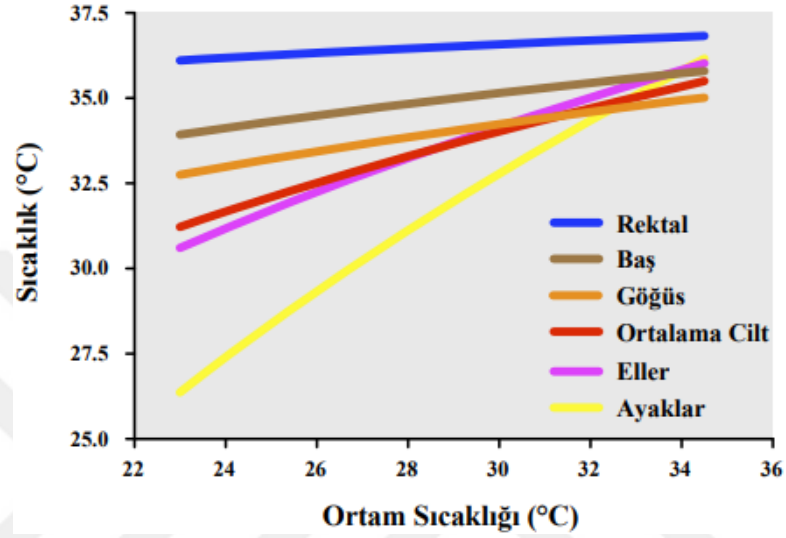
2. GENEL BİLGİLER

2.1. Termoregülasyon ve Isı Dengesi

Termoregülasyon, homeostatik dengenin bir bölümünü oluşturur ve bir organizmanın değişen çevresel koşullarda vücut sıcaklığını belirli sınırlar içinde tutma yeteneğini temsil eder (Gagnon & Crandall, 2018). Sıcaklık regülasyonu ile ilgili temeller ve teoriler bu bölümde ana hatlarıyla anlatılacak vücudun termal ortamını oluşturan faktörler, ısı kazancı ve kaybı arasındaki etkileşim incelenecektir. Bu faktörler, çevresel (ortam sıcaklığı, nem, rüzgâr hızı ve güneş radyasyonu), göreve bağlı (metabolik hız ve giyim) ve kişisel (yaş, cinsiyet, vücut kütlesi, morfoloji ve aerobik uygunluk) gibi parametrelerdir (Buono vd., 2018). Bu bölümün amacı, insan termoregülasyonu ve ısı dengesi ile ilgili temel kavramlara kısa bir genel bakış sağlamak ve böylece sonraki bölümlerde hipertermi ve dehidrasyon ile ilgili sağlık ve performans hakkındaki tartışmayı bağlamsallaştırmaktır (Obermeyer vd., 2017).

Vücudun ortalama (yani beyin, kalp ve diğer merkezi organlar) sıcaklığı tipik olarak 36,6 °C 'ye (%95 güven aralığı: 35.7 ila 37.3 °C) olarak tanımlanır (Obermeyer vd., 2017), ancak olağanüstü koşullara maruz kaldığında bu veri önemli ölçüde sapabilir. Örneğin, bir insan tarafından kaydedilen en düşük vücut sıcaklığı (yani rektal) 13.7 °C 'dir (Gilbert vd., 2000). Buna karşılık, sıcakta egzersiz sırasında, iyi eğitilmiş sporcular, herhangi bir akut veya uzun vadeli zararlı etki olmaksızın 41.5 °C 'lık vücut çekirdek (yani gastrointestinal) sıcaklıklarına ulaşabilir (Racinais vd., 2019). Vücut sıcaklığı klinik ortamlarda atardamarlarda veya damarlarda invaziv belirlenmesinin yanında en yaygın olarak sindirim sisteminde (örn. oral, özofagus, gastrointestinal ve rektal) ve kafada (örn. kulak ve alın) olarak belirlenir. Vücut çekirdek sıcaklığı, yerel ısı dengesinin sonucunu temsil ettiği için ölçüm konumu önem arz eder (Taylor vd., 2014). Dinlenme durumunda en yüksek vücut çekirdek sıcaklıkları genellikle rektumda görülür (Teunissen vd., 2012). Dinlenme vücut çekirdek sıcaklığı ayrıca yaşa, cinsiyete, etnik kökene, ortam sıcaklığına, bulunduğu yerin çığ oluşturma derecesine, günün saatine ve yılın ayına bağlıdır (Obermeyer vd., 2017). Örneğin, insanlarda vücut sıcaklığı için belirgin bir sirkadiyen ritim oluşur. Sabaha karşı 04.00 ile 06.00 saat arasındaki en düşük noktadan sonra, vücut çekirdek sıcaklığı düzenli olarak artar ve alışılmış yatmadan 1 ila 4 saat önce zirve yapar. Bu günlük varyasyonun genliği, sağlıklı bireylerde 0,5 °C 'dir ve bu kısıtlı derece arasında vücudun sabit kalma çabası aşırı soğuk veya sıcak stresi, ateş veya egzersize maruz

kalan vücudun hızlıca sıcaklığını değiştirmesini engeller (Krauchi ve Wirz-Justice, 1994). Önceki çalışmalar ayrıca yaşlıların genç yetişkinlere göre daha düşük bir dinlenme çekirdek sıcaklığına sahip olduğunu ortaya koymuştur (Fox vd., 1973). Adet döngüsü, premenopozal kadınlarda foliküler faz ile karşılaştırıldığında luteal faz sırasında 0,4 °C 'lık bir yukarı kayma ile vücut çekirdek sıcaklığını önemli ölçüde değiştirir (F. C. Baker vd., 2001).



Şekil 2.1. Dinlenme esnasında çevre ısısının ve vücut bölümlerinin ilişkisi (Alfano vd., 2014)

Cilt, çevre ile arayüz görevi görür, ancak vücudun homeostatik olarak sabit tutmaya çalıştığı sıcaklıktan farklı olarak, cilt sıcaklığı düzenlenmez ve termal ortama tepki olarak vücutta değişiklik gösterir (Şekil 2.1.) (Romanovsky, 2007). Ortalama cilt sıcaklığı yine de soğuk (<30 °C), ılık (30–34,9 °C) ve sıcak (35 °C) olarak kategorize edilebilir (Gagge, A. P., ve Gonzalez, 2010).

2.1.1. Vücut Sıcaklığını Etkileyen Faktörler

Ortam Sıcaklığı: Ortam sıcaklığının Amerika Birleşik Devletleri, Afrika ve Orta Doğu'da 54 °C'ye ulaşabildiği ve Antarktika'da -89 °C'ye inebildiği bir dünyada insanların sabit vücut sıcaklığının çevre sıcaklığından etkilenmemesi kaçınılmazdır (Turner vd., 2009). Egzersiz sırasında, cilt sıcaklığından daha yüksek ortam sıcaklıkları vücudun ısı kazanımına neden olurken, daha düşük sıcaklıklar, ısı kaybına yol açar. Yüksek ortam sıcaklığına ve düşük neme sahip ortamlar, ter ve mukozadan gelen nem daha kolay buharlaşabileceğinden buharlaşma yoluyla ısı kaybını destekler (Turner vd., 2009).

Nem: Mutlak nem, havada bulunan su buharı miktarını ifade eder. Atmosferde,

hava 30°C'de doymuş olduğunda mutlak nem sıfıra yakın ile 30 g·m³ arasında değişir. Havanın nemi, iklimle güçlü bir şekilde ilişkilidir. Sıcak nemli iklimler tipik olarak tropik ormanlık alanlarda bulunurken sıcak kuru iklimler çöllere yakın alanlarda bulunur. Yüksek mutlak nem, cilt yüzeyi ile ortam arasındaki su buharı (yani nem) farkı düşük olduğundan, deriden teri buharlaştırma kapasitesini tehlikeye atar.

Hava Hızı: Standart meteorolojik rüzgar hızı yerden 10 m yükseklikte belirlenir ve yeryüzünde şimdiye kadar kaydedilen en yüksek hava hızı 113,3 m·s'dir (Courtney vd., 2012). Normal şartlar altında (yani yerden 1-2 m yükseklikte), egzersiz sırasındaki hava hızı seyahat yönü, rüzgar yönü ve arazi gibi faktörlere bağlıdır (Panofsky ve Townsend, 1964). Vücut boyunca havanın yer değiştirmesi, hava ve cilt arasındaki termal gradyanına bağlı olarak konvektif ısı alışverişi ile sonuçlanır. Havanın yer değiştirmesi, ciltte durgunlaşabilecek doymuş su buharı tabakasını ortadan kaldırdığı için buharlaşan ısı kaybı sıcaklık azalmasına sebep olur (Courtney vd., 2012).

Güneş Radyasyonu: Dünya atmosferine doğrudan yayılan yıllık ortalama güneş radyasyonu 1.361 W·m²'dir. Atmosfer, bu termal enerjinin bir kısmını öyle bir soğurur ki, açık bir günde 1.000 W·m² dünya yüzeyine ulaşır. İnsan vücuduna ulaşan güneş radyasyonu miktarı, dünyadaki konuma, günün saatine, mevsime ve maruz kalan cilt bölgesinin seviyesine bağlıdır. Çevresel parametrelerin entegrasyonu, farklı endeksleri hesaplamak için kullanılan parametrelerin bir kombinasyonu ile termal ortamın ciddiyetinin bir endeksini sağlamak için kullanılabilir. Yakın zamanda Ioannou'nun yaptığı bir meta-analiz, 185'i çeşitli istatistiksel analizlere dahil edilen 300'den fazla termal indeks tanımladı (Ioannou, 2020). Yapılan analize göre, çevresel sıcaklık faktörlerini tanımlarken kullanılan parametrelerin oranları; sıcaklık %98, bağıl nem %77 ve hava hızı %72 ve güneş radyasyonu %45'tir ayrıca dört parametrenin tümünün kombinasyonu %42 olarak belirlenmiştir ki bu hesaplamalara göre solar radyasyon parametreleri arasında daha az entegre edilmiştir, fakat daha fazla entegre edilmesi şiddetle tavsiye edilir (Ioannou, 2020).

Metabolik Isı Üretimi: İnsan metabolizmasının karşılığı dinlenme ve egzersiz metabolizminin toplamıdır. Egzersiz sırasında substratların oksidasyonu, metabolik enerjinin %20 ila 25'i mekanik işe dönüştürüldüğü ve çoğunluğu ısı olarak salındığı için vücut çekirdek sıcaklığının artmasına önemli ölçüde katkıda bulunur (Kristoffersen vd., 2019). Tour de France gibi büyük bir bisiklet turunda podyum için yarışmak için, seçkin bisikletçilerin dağlarda 6W·kg⁻¹ güç çıkışı sağlaması gerekir, bu

da sürdürülebilir (örn. 30 dakika) bir yarışta 70 kg'lık bir erkek için 1.400 W'lık ısı üretimi anlamına gelir (Kristoffersen vd., 2019).

Giyim: Giysiler, cilt ve çevre arasında bir bariyer görevi görerek, çevresel koşullara göre ısı değişim özelliklerini değiştirir. Bir giysinin malzeme özellikleri ve vücuda oturması, ısı dağılımını azaltarak veya ısı korumasını destekleyerek egzersiz sırasında ısı gerilimini etkileyebilir. Bu nedenle, sıcakta yapılan egzersiz sırasında giyilen giysilerin yalıtım özellikleri ve su buharı direnci mümkün olduğunca düşük olmalıdır. Bir giysi içinde sıkışan ter buharlaşamayacağı ve soğutma sağlayamayacağı düşünülerek malzemenin su emme kapasitesi de düşük olmalıdır (Keiser vd., 2008). Ayrıca, bir giysinin yansıtma özellikleri, yüksek radyasyon yükü açısından, yani doğrudan güneş ışığının etkisini düşündüğümüzde önemlidir. Önemli olan giysinin direkt olarak rengi değil, giyside kullanılan boyaların yansıtıcı özellikleridir (S. Davis vd., 1997). Aynı zamanda deri ile giysi arasındaki hava tabakasında havalandırma (yani körük etkisi) sıcaklıkta egzersiz sırasında ısı kaybı için önemlidir (Havenith, 2002). Körük etkisinin bir örneği, çölde yapılan bir araştırmaya göre, giysilerin yüzey sıcaklığındaki 6 °C'lık bir farka rağmen, bol giyilen siyah (siyah: 47 °C) veya beyaz (beyaz: 41 °C) giysiler cilt sıcaklığında hiçbir farka sebep olmamıştır (Shkolnik vd., 1980).

Vücut Yüzey Alanı: Metabolizma sırasında üretilen ısı, aşırı ısı depolanmasını önlemek için vücudun yüzey alanı üzerinde kaybolur. Geniş vücut yüzey alanı, aktif ter bezlerinin sayısı yüzey alanıyla orantılı olduğundan buharlaşmayla oluşan ısı kaybı için faydalıdır (Park vd., 2020). Ortam sıcaklığı cilt sıcaklığından daha düşük olduğunda daha büyük bir vücut yüzey alanına sahip olarak kuru ısı kaybı da artar (Notley vd., 2020). Bu nedenle, belirli bir termal ortam için, vücut yüzey alanı geniş olanlarda ısı kaybı potansiyeli daha fazladır (Cramer ve Jay, 2016)

Vücut Yüzey Alan-Kütle Oranı: Vücut yüzey alanı-kütle oranı yüksek olan bireyler, vücut kütlelerine göre daha büyük buharlaşma ısı kaybı alanı nedeniyle, aynı ısıya maruz kaldıklarında daha düşük kütle oranına sahip olanlara göre daha az ısı depolaması yaşarlar (Cramer ve Jay, 2016). Vücut yüzey-kütle oranı, kadınlarda, vücut kütlelerindeki artışla ters orantılı büyük ölçüde azalmaktadır. Bu nedenle, kilolu kadınlar için vücut ısını serbest bırakmak, aynı kilodaki erkeklere göre daha zordur. Kadınlardaki bu farklı vücut morfolojisinden dolayı vücut çekirdek sıcaklığını değerlendirmek için bir termal modelin kullanıldığı ve nispeten şişman kadınların

bulunduğu çalışmada, kilolu kadınların egzersiz sırasında daha zayıf olanlardan sıcak/nemli bir ortamda önemli ölçüde daha yüksek vücut çekirdek sıcaklıklarına ulaştığı kanıtlanmıştır (Yokota vd., 2012).

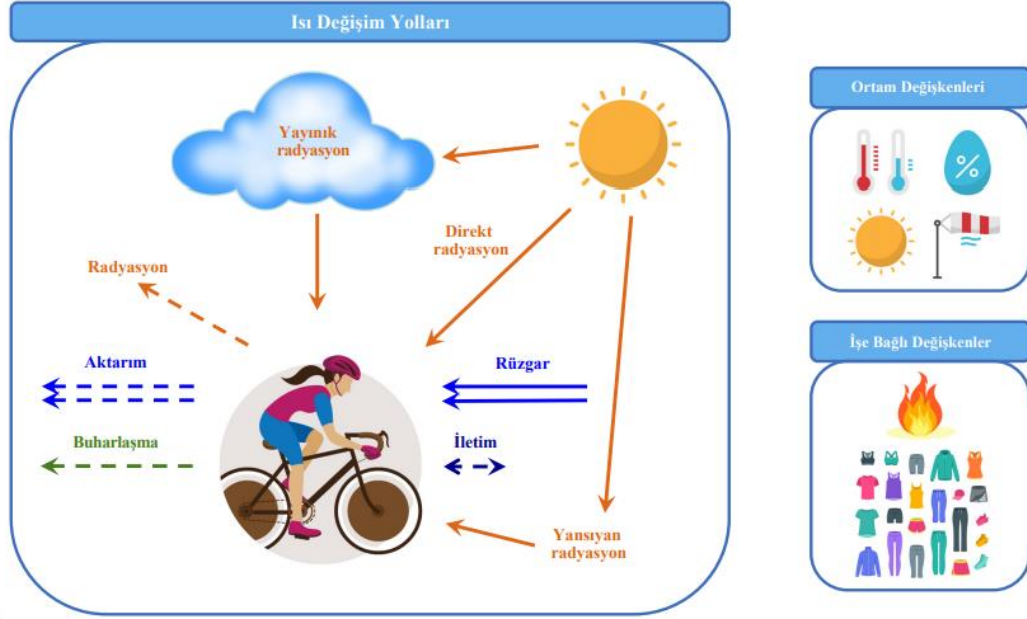
Cinsiyet: Erkekler ve kadın vücut şekilleri ve boyutları farklılık gösterir; erkekler genellikle daha ağır, daha uzundur ve daha yüksek V_{O2} max değerlerine sahiptir. Bununla birlikte, vücut yüzey alanı için standardize edildiğinde, çeşitli görevler sırasında metabolik ısı üretimi cinsiyetler arasında benzerdir (Zhai vd., 2018). Ancak, bu benzerliğe rağmen, cinsiyete bağlı bazı farklılıklar gözlemlenmeye devam eder (örneğin, ter oranı). Kadınlarda orta dereceli egzersiz sırasında daha yüksek aktive ter bezleri yoğunluğu vardır, ancak nemli sıcaklıkta hafif egzersiz sırasında erkeklerde vücut yüzey alanı başına ter oranı daha yüksektir, kuru sıcaklıkta yapılan egzersizde ise cinsiyetler arasında benzer ter oranları görünür (Shapiro vd., 1980). Benzer yaş ve sağlık durumundaki erkeklerle karşılaştırıldığında, sıcakta egzersiz yaparken kadınların termo düzenlemelerinde doğal bir dezavantajı olduğuna dair şu anda hiçbir kanıt yoktur. Konu hakkında daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır (Yanovich vd., 2020).

Yaş: Yaşlanma, hem termoregülatuar kapasite hem de sıvı regülasyonu üzerinde etkilidir. Daha yaşlı bireyler (>60 yaş) daha düşük istirahat vücut çekirdek sıcaklığına, zayıflamış kutanöz vazodilatör kapasiteye, daha az etkili ter tepkisine ve genç bireylere kıyasla daha düşük termoreseptör duyarlılığına sahiptir (Blatteis, 2012). Yaşlı bireyler ayrıca daha yüksek bir susuzluk hissi eşliğine, daha düşük toplam vücut suyuna, azalmış böbrek fonksiyonuna ve istirahatte ve dehidrasyonu takiben bozulmuş plazma vazopressin regülasyonu sahiptir (Davis, 1994). Bu düzenleyici işlevler ilerleyen yaşla birlikte bozularak hipertermi ve dehidratasyon gelişme riskini artırır (Blatteis, 2012). Bununla birlikte, fit yaşlı bireyler daha iyi bir termoregülasyon kabiliyetini korurlar ve vücut eğitimiyle termoregülatuar kapasiteyi geliştirebilirler (Best vd., 2014). Çocuklarda, termoregülatuar kapasitenin geleneksel olarak yetişkinlere göre daha az etkili olduğu ve daha yüksek vücut yüzey alanı-kütle oranı, azalan terleme kapasitesi, daha düşük mekanik verim ve daha düşük kalp debisi nedeniyle ısı stresi altında egzersiz sırasında termal toleransın daha düşük olduğu görülmüştür (Gomes vd., 2013). Bu tepkiler, morfolojideki yetişkin-çocuk farklılıklarının yanı sıra endokrin, metabolik, kardiyovasküler ve termoregülatuar işlevlerden kaynaklanır. Bununla birlikte, çocukların termoregülatuar açısından dezavantajlı oldukları görüşü, son

yıllarda, yalnızca aşırı sıcak çevresel koşullarda şiddetli hipertermi riski altında olabilecekleri fikriyle gelişmiştir. Konuyla ilgili sorulara yanıtların tarafsız bir karşılaştırmasını sağlamak ve hem çocukların hem de yetişkinlerin benzer oranda ısı kaybı gereksinimlerine maruz kalmasını sağlamak için çocuklar ve yetişkinler karşılaştırılırken, yetişkin ve çocukların vücut kütlelerine ve yüzey alanına fizyolojik tepkilerin normalleştirilmesi gibi metodolojik hususlar, yeni çalışmalar için önerilmiştir (Notley vd., 2020).

Aerobik Uygunluk: Aerobik kondisyonu iyileştiren düzenli dayanıklılık egzersizinin (yani, V_{O2max}) ısı kaybı kapasitesini arttırdığı gösterilmiştir. Aerobik antrenman, daha düşük bir çekirdek sıcaklıkta kutanöz vazodilatasyonu aktive eder ve belirli bir çekirdek sıcaklık için cilt kan akışını artırır (Beaudin vd., 2009). Deri kan akışındaki artışa büyük ölçüde, durumla karakterize diğer veriler; kan hacminin genişlemesi ve daha büyük kardiyak debinin aracılık eder (Simmons vd., 2011). Dayanıklılık antrenmanının ayrıca terlemenin başlaması için iç sıcaklık eşiğini azalttığı, belirli bir çekirdek sıcaklıkta ter oranını arttırdığı ve maksimum ter oranını arttırdığı bildirilmiştir (Ravanelli vd., 2018). Bununla birlikte, aerobik zindelik ile ilişkili gelişmiş terleme işlevi, termoregülatuar kapasitede gelişmelere yol açan, tekrarlanan bir termal zorluk sağlayan, düzenli dayanıklılık eğitimi ile de ilgili olabilir (Ravanelli vd., 2021). Aerobik uygunluğun termoregülasyon üzerindeki etkisi, ilerleyen bölümlerde ayrıca ele alınacaktır.

Bu başlık altında incelenen tüm özelliklerin etkilerini gösteren şema Şekil 2.2.'de görüldüğü gibidir.



Şekil 2.2. İnsan vücudunun ısı dengesini etkileyebilecek faktörler (Cramer ve Jay, 2016)

2.1.2. Sıcaklık ve Sıcakta Yapılan Egzersiz Kaynaklı Hastalıklar

Sıcakta egzersiz yapıldığında, ısı üretimi genellikle ısı yayma kapasitesini aştığından dolayı, eforla ısı hastalığı ‘*exertional heat illness*’ (EHI) gelişme riski artabilir. Sıcakta egzersize verilen termofizyolojik tepkiler iyi anlaşılmış olsa da, bireysel tepkiler büyük ölçüde değişir. Bu durum sıcaklıkla ilgili hastalıkların riski konusunda da aynı şekildedir (Westwood vd., 2021). Egzersiz ısısı hastalıkları, vücut sıcaklığındaki artışla ilgili bir dizi tıbbi durumu temsil eder. EHI'nin şiddeti, sürekliliği boyunca değişir; bunlar, egzersizle ilişkili kas kramplarını takiben hafif şikayetler, ısı senkopu ve ısı bitkinliği sırasında daha ciddi endişeler ve sıcak çarpması sırasında yaşamı tehdit eden ciddi riskler şeklinde görülebilir (Leon ve Bouchama, 2015; Sonna vd., 2007). Egzersizle ilişkili kas veya ısı krampları, EHI'nin erken bir göstergesidir ve ağrılı kasılmalar olarak yaşanan ve genellikle kısa bir süre egzersize devam edememe ile sonuçlanan kas spazmları veya krampları şeklinde ortaya çıkar (Brewster vd., 1995). Kas/ısı krampları tipik olarak, sporcunun zindelik ve ısıya alışma durumu nispeten düşükken, ancak antrenman yükü ve egzersiz yoğunluğu yüksek olduğunda, aşırı ısıya maruz kalma sırasında veya sonrasında meydana gelir. Ağır ve/veya uzun süreli terlemeye bağlı sodyum kaybının, kas/ısı kramplarının etiolojisinde önemli bir rol oynadığı ve kasılmış interstisyel sıvı kompartmanı ve nöromusküler birleşim yeri hipereksitabilitesine yol açtığı düşünülmektedir (Schwellnus vd., 2011).

Bununla birlikte, bazı çalışmalar, motor nöronların anormal spinal kontrolünün

neden olduğu nöromüsküler yorgunluğu, egzersizle ilişkili kas kramplarından sorumlu olduğunu düşündürmektedir (Schwellnus vd., 2011). Isı kramplarından sorumlu altta yatan nedenler tartışmalı olmaya devam etse de bunların sodyumun tükenmesi, dehidrasyon ve/veya nöromüsküler yorgunluğu bir kombinasyonuna bağılı olması muhtemeldir (Miller vd., 2020).

Isı senkobu veya ortostatik intolerans, bir kişi yüksek çevresel sıcaklıklara maruz kaldığında ortaya çıkabilir. Isı senkopu genellikle uzun süre ayakta kaldıktan sonra, egzersizi bıraktıktan hemen sonra veya dinlendikten veya oturduktan sonra hızlı bir şekilde dik duruşa geçildikten sonra ortaya çıkar. Isıya maruz kalma periferik vazodilatasyonu ve postüral kan birikimini arttırdığı, venöz dönüşü azalttığı ve kardiyak debiyi azalttığı için genellikle ısıya alışmanın ilk aşamasında (yani ilk 5 gün) ortaya çıkar. Dehidrasyon ve spesifik ilaçların (yani diüretiklerin) alımı, ısı senkobu riskini daha da artırabilirken, ısıya alışma kaynaklı kan hacmi genişlemesi riski azaltabilir. Sporcular, antrenman bitişi oturma veya uzanma sonrası serebral perfüzyonu eski haline getirmek için uğraştığı dönemde baş dönmesi yaşayabilir, hatta bilinçlerini kaybedebilirler (Armstrong vd., 1986).

Isı yorgunluğu, sporcuların tipik olarak vücut sıcaklığının 38,5 °C ile 40 °C arasında değışen bir dereceye ulaşması sebebi ile egzersiz yapma kabiliyetini kaybetmesi demektir. Kardiyak çıktı eşzamanında oluşan iskelet kası kan akışı, hayati organların perfüzyonu ve deri yoluyla ısı kaybı için oluşan rekabeti ısı yorgunluğu sebebiyle sürdüremez. Isı bitkinliğı olarak adlandırılan durum, genellikle sıcak ve nemli koşullarda ortaya çıkar ve yoğun terleme, halsizlik, yorgunluk ve baş dönmesi ile karakterizedir. Bulantı, kusma, baş ağrısı, bayılma, halsizlik veya cildin soğuk bazen de nemli olması durumu gözlemlenebilir (Armstrong vd., 1986). Bu durum kötüleştikçe, vücut çekirdek sıcaklığını ve organların disfonksiyon özelliklerini ölçmeden sıcak çarpmasından ayırt etmek zordur. Bununla birlikte, ısı bitkinliğini, daha ağır teşhislerden ayıran kritik özellik, normal bir zihinsel aktivite ve stabil bir nörolojik durumdur (Howe ve Boden, 2007). Yaygın periferik vasküler dilatasyon ve buna bağılı merkezi yorgunluk ve bayılmaların sebebinin ısı yorgunluğu olduğu düşünülmektedir. Örneğin, çölde yapılan yapılan bir çalışmada, günler süren yürüyüşü takiben ısı bitkinliğı yaşayan hacılar, periferik vazodilatasyon belirtileri ile birlikte taşikardi ve yüksek kardiyak debiler sergilemiştir (Shahid vd., 1999). Bu durum dikkate alınmazsa periferik vazodilatasyon, periferik vasküler dirençteki artışları

azaltır, bu da daha sonra hipotansiyon, kardiyovasküler yetmezlik ve yüksek debili kalp yetmezliği ile sonuçlanır (Mehta ve Dubrey, 2009).

Sıcak çarpması EHI spektrumundaki en tehlikeli ve ciddi durumdur ve vücudun $>40^{\circ}\text{C}$ sıcaklığa ulaşması, merkezi sinir sistemi disfonksiyonu ve çoklu organ yetmezliği ile ilişkilidir (Armstrong vd., 2007). Sıcak inmesi olarak da bilinen sıcak çarpması, merkezi venöz basınçta bir azalma ve çekirdek sıcaklıktaki artışı hızlandıran yüksek termoregülatuar taleplerle başa çıkmak için yetersiz bir kalp debisi ile karakterize edilir. Dolaşım sisteminin çökmesi ve yüksek çekirdek sıcaklığının kombinasyonu, patofizyolojik süreçleri (örn., inflamatuvar yanıtlar) şiddetlendirir ve çoklu organ yetmezliğine yol açabilir. Alternatif bir yol, egzersize bağlı bağışıklık ve gastrointestinal rahatsızlıklara yanıt olarak endotoksemi ile olabilir. Egzersizin bağışıklık fonksiyonunu akut olarak baskıladığı bilinmektedir ve lipopolisakkaritler artan bağırsak geçirgenliği nedeniyle dolaşıma sızabilir (Epstein ve Yanovich, 2019). Endotoksemi daha sonra sistemik bir inflamatuvar yanıtı tetikleyerek sistemik pıhtılaşma ve kanama, nekroz veya çoklu organ yetmezliğine yol açabilir. Sıcak çarpması yaşamı tehdit eden bir durumdur ve hemen tanınmaz ve tedavi edilmezse ölümcül olabilir. Belirti ve semptomlar genellikle spesifik değildir fakat bunlar, oryantasyon bozukluğu, taşikardi, kusma, nöbetler, denge kaybı ve koma şeklinde kendini gösterebilir. Bunlar dikkate alınmadığı takdirde sonraki aşamada rabdomiyoliz (iskelet kaslarının çeşitli nedenlerle yıkıma uğraması sonucu yapı ürünlerinin kana karışmasını ifade eder), dolaşım yetmezliği, çoklu organ yetmezliği ve buna bağlı vücutta hızla yayılan intravasküler pıhtılaşma gelişebilir, ölüme neden olabilir (Armstrong vd., 2007; Howe ve Boden, 2007). Bu tehlikeli durumların oluşma riski (yani morbidite ve mortalite), uzun süre çekirdek sıcaklığın $>41^{\circ}\text{C}$ kalmasıyla artar ve aynı şekilde eğer vücut çekirdek sıcaklığı hızla düşürülürse risk de önemli ölçüde azalır. Agresif soğutma, ısı çarpması tedavisinin temel taşıdır ve prognozu iyileştirmek için $>0.10^{\circ}\text{C}\cdot\text{dk}$ 1 soğutma hızları alınmalıdır (McDermott vd., 2009).

Sıcak çarpması, nedenine bağlı olarak klasik (pasif) veya yorgunluk kaynaklı olarak ayırt edilebilir. Her iki alt tip de aşırı ısıyı dağıtmadaki başarısızlıktan kaynaklanır, ancak bunların altında yatan mekanizmalar farklıdır. Klasik sıcak çarpması genellikle yaşlılar veya komorbiditeleri (örn. obezite, diyabet, hipertansiyon, kalp hastalığı, böbrek hastalığı, demans ve alkolizm) olan kişiler gibi savunmasız popülasyonlarda, zayıf ısı yayma ve dağıtma mekanizmaları veya bozulmuş

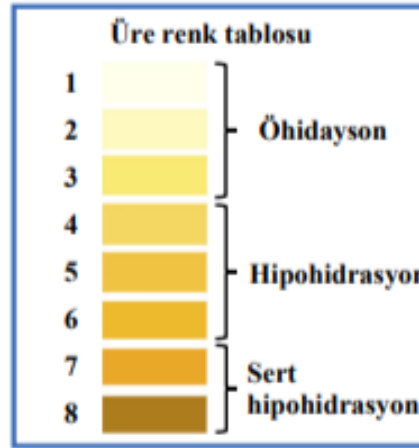
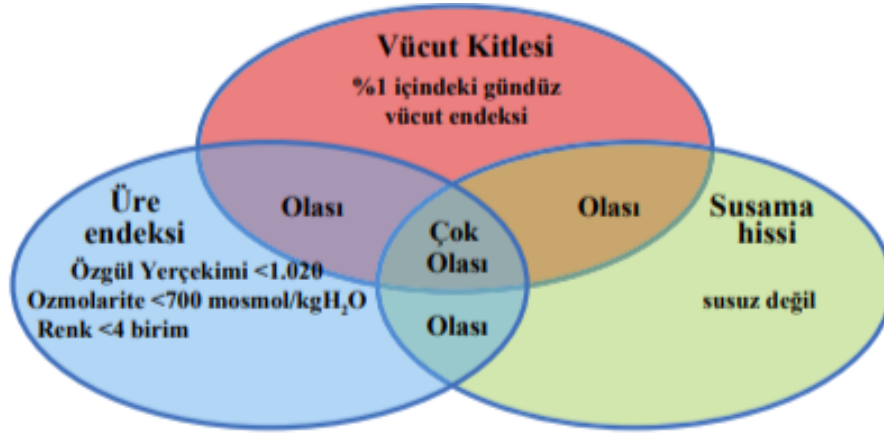
davranışsal mekanizmalar nedeniyle gelişir. Klasik sıcak çarpması, istirahat koşullarında, iskelet kası ısı üretimi dahil olmadan meydana gelir. Tersine, eforla sıcak çarpması tipik olarak atletler, işçiler (örneğin itfaiyeciler ve tarım işçileri) ve askeri personel gibi metabolik ısı üretiminin fizyolojik ısı kaybı mekanizmalarını bastırdığı yorucu fiziksel aktiviteler veya egzersiz yapan sağlıklı bireyleri etkiler ve telafi edilemez ısı stresine yol açar (Howe ve Boden, 2007)

Amerika Birleşik Devletleri sıcak çarpmasını, kalp rahatsızlıkları ve baş ve boyun travmasından sonra sporcularda üçüncü önde gelen ölüm nedeni olarak tanımlar (Howe ve Boden, 2007). Ayrıca sağlık uzmanları tarafından EHI semptomlarının erken tanınması, sıcak çarpması mağdurlarını tedavi etmek için uygun ekipman (yani buz banyoları) ve yarış katılımcılarının eğitiminin gerekliliğini vurgular. Bu amaçla, atletik etkinliklerde bulunanlar ve mesleki ve askeri görevleri yerine getirenler için kılavuzlar ve öneriler geliştirilmekte ve geliştirilmeye devam etmektedir (Armstrong vd., 2007).

2.2. Vücut Su Dengesi

Toplam vücut su hacmi vücut kütlesinin %60'ını temsil eder (aralık: %45 ila %75). Bu vücut hacmi yaş ve cinsiyete bağlıdır, yaşlılar ve kadınlar için daha düşük değerler gözlemlenebilmemiz mümkündür (Armstrong, 2005; Tam ve Noakes, 2013).

Öhidrasyon su dengesinde olma durumunu temsil ederken, hipohidrasyon negatif su dengesinde (yani su eksikliği) ve hiperhidrasyon pozitif su dengesinde (yani su fazlalığı) olma durumunu temsil eder. Vücut suyunu kaybetme ve geri kazanma süreçlerine sırasıyla dehidrasyon ve rehidrasyon denir. Önem arz eden nokta, öhidrasyon statik bir durum değildir, ancak vücut su kaybı ve kazancının dinamik bir sinüzoidal dalgalanmada olduğu anlamına gelir (Greenleaf, 1992). Hipohidrasyon, hiperhidrasyon ve öhidrasyon durumunun tayini için kullanılan yöntemlerin tümü Şekil 2.3.'te özetlenen şekildedir.



Şekil 2.3. Günlük hidrasyon durumunun ölçümü için kullanılan yöntemler (Burke, 2019; Cheuvront ve Sawka, 2006)

Toplam vücut suyu ve sıvı konsantrasyonlarının günlük düzenlenmesi, diyet alımından ve besin mevcudiyetinden etkilenen karmaşık bir süreçtir ve bu durumlar normal yaşam düzenine sahip bireylerde tipik olarak 24 saat içinde telafi edilebilecek olan toplam vücut suyundaki %1'lik kayıplar gibi sonuçlar doğurabilir (Baron vd., 2015). Bu durumun vücuttaki temel dengesi, plazma ozmolalitesindeki (yani elektrolit-su dengesi) değişikliklerin vücut suyunu koruma mekanizmalarını uyardığı kontrollü süreçlere yanıt olarak ortaya çıkar. Vücut suyunun homeostatik korunması, bir antidiüretik hormon olan arginin vazopressinin salınması ve susuzluğun uyarılmasıyla ve devamında su tüketilmesi ile düzenlenir. Arka hipofizden arginin vazopressinin salınımı, plazma ozmolalitesinde %1-2'lik bir artış veya plazma hacminde %10'luk bir azalma ile tetiklenir (Antunes-Rodrigues vd., 2004). Dolaşımdaki arginin vazopressindeki artış, su kaybının ana etkili düzenleyicisi olan böbrekler tarafından idrardan suyun geri emilimini aktive eder. Susuzluk hissi, plazma ozmolalitesindeki 5 ila 10 mosmol/kgH₂O'luk bir artışa ve kan hacmindeki %10'luk azalmaya tepki olarak uyarılır (Antunes-Rodrigues vd., 2004). Bu telafi edici tepkileri

ortaya çıkarmak için gereken ozmolalite ve hacim bozulmaları, vücut su kayıplarının doğasına (yani, hücre içi ve hücre dışı hipohidrasyon) ve büyüklüğüne bağlıdır (Cheuvront, Kenefick, vd., 2010).

2.2.1. Egzersiz Esnasında Su Dengesi

Akut egzersiz, sistolik ve ortalama arteriyel basınçta yükselme üretir, bu da daha yüksek kılcal damar basıncına, daha fazla kılcal damar filtrasyonuna, bununla ilgili olarak intravasküler bölümlerden ekstravasküler bölümlere dışa doğru sıvı değişimine sebep olur (interstisyel ve intra-selüler). Egzersiz sebepli konsantrasyonu artan laktat, sodyum, potasyum ve fosfat ekstravasküler ozmolariteyi artırır ve intravaskülerden ekstravasküle sıvı değişimine sebep olur (Convertino, 1987). Buna karşın, lenfatik akıştaki artış interstisyel ortamdan intravasküler ortama sıvı değişimini yükseltir ve kasılan kaslardaki artan hidrostatik basınç da intravasküler ortama doğru sıvı değişimini teşvik eder. Egzersiz sırasında dış ve iç plazma arasındaki akıştan kaynaklı net sıvı değişimini sınırlayan bir denge durumu eninde sonunda oluşabilir (Steinach vd., 2019). Egzersiz ayrıca buharlaşma ile ısı dağılımını sağlamak için kullanılmak üzere cildi, su kaybını da ter oluşumu yaptırmak suretiyle tetikler. Egzersiz sırasında terleme miktarı, egzersizin yoğunluğuna ve süresine, yaşa, cinsiyete, antrenmana, ortam ısısına giyime ve ortam şartlarına bağlı olarak regale edilir (örnek olarak hava sıcaklığı, nem, rüzgar hızı, bulut miktarı) (Mack, 1996).

Terleme hipo-ozmotik sıvı kaybına bir örnektir, yani fazla terleme sebebiyle gerçekleşen hacim kaybı orantılı olarak artış gösteren plazma ozmolaritesine sebep olur. Plazma hipozmolaritesi, hipohidre bireylerde plazma hacmini yenilemek üzere sıvıyı intraselüler ortamdan ekstra seküler ortama geçirecek şekilde eyleme geçer (Mack, 1996). Plazma hacmindeki düşüş yaklaşık %10'u geçerse, arteriyel basınçtaki değişim kartoid sinüslerdeki, aort yayındaki, sol kulakçığındaki ve büyük akciğer damarlarındaki baro-reseptörler tarafından algılanır ve bu da susuzluk hissine ve plazma ozmolaritesinin yenilenmesi için arginin vazopressin salgılanmasına sebep olur (Weitzman ve Kleeman, 1979). Şunu vurgulamak gerekir ki, başlı başına egzersize bağlı unsurlarda, bu sistemlerden harici olarak arginin vazopressin salgılanmasına ve susuzluk hissine sebep olabilir. Bu süreçler sıvı kaybı sırasında sıvının korunmasını garanti altına alırken, hiperhidrasyon esnasında tam tersi tepkiler de beklenebilir (örneğin arginin vazopressin yoğunluğu ve artan idrar salgılanması). Vücuttaki su kaybı ayrıca egzersiz şiddetine bağlı olarak CO₂-O₂ gaz değişimi

aracılığıyla ve solunumsal su kaybıyla da oluşabilir. Bu hakimler metabolizma sırasında metabolik su üretimi ile telafi edilir (mesela substrat oksidasyon) ve genel etkileri oldukça azdır (Cheuvront vd., 2007)

İçme davranışı genel olarak, susuzluk sebebiyle veya sıvı yenileme stratejisi olarak replasman, hidrasyon durumunu koruma ve egzersiz sırasındaki performans artırma konuları hala karmaşıktır ve literatürde tartışmalı konulardır. Susuzluk hissi geldiğinde su içmek birçok durumda uygun olsa da, sadece arzuya bağlı su içme dehidrasyona veya yetersiz sıvı yenilenmesine sebep olduğu için, geleneksel olarak susuzluk hissi sıcak havada egzersizlerde, artmış terleme miktarlarında vücut su ihtiyacının iyi bir belirteci olarak görülmezler (Armstrong, Hubbard, vd., 1985). Bununla birlikte gönüllü dehidrasyon konusu daha fazla analize konu olmuştur (Akerman vd., 2016). Psikolojik, psiko-sosyal ve çevresel faktörler, deneyim ve beklentiler, sıvının lezzetine dair konular, gıda alımı, midesel gerilme veya sıvı tüketimi sonrası rahatsızlık hissetme duygusu, içme davranışını ve sıvı yenilenmesini etkiler (Stanhewicz ve Larry Kenney, 2015).

Ayrıca insanoğlunun yapısı gereği, adaptasyon özelliği sayesinde, ısıya alışmanın susuzluk ile vücut su ihtiyacı arasındaki ilişkiyi ilk içime olan süreyi zamanla kısaltır. Çözüm olarak ise; maruz kalınan ısı başına tüketilen içecek miktarının ve içecek başına ortalama hacmi arttırarak artırılmasının, gönüllü dehidrasyonu yaklaşık %30 azalttığı ortaya atılmıştır (RW vd., 1990). Sonuç olarak, egzersiz sırasındaki sıvı dengesi dinamik bir süreçtir ve birçok bütüncül faktörden etkilenmektedir.

2.3. Vücut Sodyum Dengesi

Su ve sodyumun metabolik dengesi birbirinden bağımsız mekanizmalarla kontrol edilir. Buradaki asıl amaç plazma ozmolalitesinde ve efektif dolaşan hacimde büyük değişiklikler oluşmasını önlemektir. Dengenin bozulması halinde karşılaşılan klinik durumlar ise:

- Çok fazla su → hiponatremi
- Çok az su → hipernatremi
- Çok fazla sodyum → ödem
- Çok az sodyum → hacim azalması

Plazma sodyum konsantrasyonu plazma ozmolalitesinin ana belirleyicisidir.

Antidiüretik Hormon (Arginin Vazopressin): Antidiüretik hormon (ADH) hipotalamusta sentezlenen ve hipofizden salgılanan bir nanopetittir. Böbrekte toplayıcı kanalların bazolateral membranında bulunan reseptörlere bağlanarak lümenal membranın su geçirgenliğini artırır. ADH salınımı için hiperozmolalite ve hacim kaybı başlıca iki uyarıdır. Fizyolojik olarak gelişen yanıt, ADH'nin su tutucu etkisi ile plazma ozmolalitesinin azalması ve hücre dışı hacmin normal düzeylere çıkması olmaktadır. Bunun tersi, su artışı ile plazma ozmolalitesinin düşmesi, ADH salınımını baskılayarak, toplayıcı tübüluslardan su geri emilimin azalmasına, idrar ozmolalitesinin azalmasına ve fazla olan suyun idrarla atılmasına neden olmaktadır (Eren, 2018).

Sodyum, arginin vazopressin sekresyonu ve susuzluk algısının önemli bir düzenleyicisi olan plazma ozmolalitesinin ana belirleyicisidir. Normal koşullar altında, plazma sodyum konsantrasyonu 135 ile 145 mmol·L⁻¹ arasında düzenlenir (Reynolds vd., 2006). Bununla birlikte, sodyumun düzenlenmesi, plazma hacminin düzenlenmesi ile entegre edilmelidir, çünkü su hacmindeki değişiklikler tek başına vücut sıvıları üzerinde seyreltici veya konsantre edici etkilere sahiptir. Adrenal korteks tarafından üretilen ve bir steroid hormon olan aldosteron, sodyum regülasyonunun merkezi bir rol oynar. Plazma ozmolalitesindeki değişiklikler doğrudan adrenal korteks tarafından algılanır ve sırasıyla artan veya azalan ozmolalite aldosteron inhibisyonu veya salgılanmasıyla sonuçlanır (Kuhnle vd., 2004). Hiperozmotik dehidrasyon sırasında, sodyumdan daha fazla su kaybedilir, bu da plazma ozmolalitesinde bir artışa neden olur (Sawka vd., 2007).

Aldosteron salınımının inhibisyonu, böbrek nefronunun distal tübülünde daha az sodyumun yeniden emilmesine neden olur. Aynı zamanda, artan ozmolalite, arginin vazopressinin salgılanmasına neden olarak böbreklerde su tasarrufuna yol açar. Net etki, idrar ozmolalitesinde bir artışla birlikte atılan idrar miktarının azalmasıdır. Bu tepkiler, sodyum konsantrasyonunu ve plazma ozmolalitesini eski haline getirmek için tamamlayıcıdır (O'Neil, 1990).

2.4. Sıvı ve Sodyum İçerikli Hastalıklar

Terin buharlaşması, egzersiz esnasında ısıнын kontrollü bir şekilde dağılmasında merkezi bir rol oynar. Terlemenin neden olduğu su kaybı, susamayı artırarak sıvı

tüketimi artırsa da ya da renin-anjiotensin-aldesteron-sistemi (RAAS) aktivasyonu ile dengelenebilse de çoğu kişi sıvı kaybını tam olarak telafi etmez (Maresh vd., 2004).

Sıcak ve sıcak ortamlarda yapılan uzun süreli egzersiz sırasında oluşan dehidrasyon, vücudun termoregülatuar işlevini ve sonuçta sporcunun performansını etkiler. Bu durum aynı zamanda istenmeyen sağlık sorunları gibi sonuçları beraberinde getirebilir. Bunlara örnek akut dehidrasyon, azalmış glisemik regülasyon, kötüleşen ruh hali, baskılanmış kan basıncı kontrolü olabilir.

Sempatoeksitasyon dediğimiz, hipertansiyonun da patogenezinde önemli rol oynayan tehlikeli durumun olmasına sebebiyet verebilir. Bu durum kan basıncının artmasına ve kalp ritminin hızlanmasıyla kendini gösterir. Bir diğer durum ise ortostatik intoleranstır. Ortostatik intolerans vücudun gireceği yeni pozisyon sonrası kan akışının ve basıncının değişimini tolere edememesi ve baş dönmesi, sersemlik ya da bayılma gibi durumların yaşanmasına denir. Örneğin, uzanma pozisyonundan dik bir pozisyona geçildiğinde kan basıncında anormal bir düşüş olması ortostatik hipotansiyon olarak adlandırılır (Watso ve Farquhar, 2019).

Literatürde, egzersiz esnasında vücut kütlelerinin %2'lik kısmını kaybedecek şekilde yaşanan duruma dehidrasyon denir ve bu durumda bazı bilişsel işlevlerin olumsuz etkileneceği genel olarak kabul edilmektedir. Bu özellikler; psikomotor refleksler, performans ve kas hafızası gibi çalışma belleği için önemli durumlardır (Adan, 2012). Fakat yakın tarihli bir meta-analizde (Goodman, S. P., Moreland, A. T., ve Marino, 2019), %2'lik (aralık: %1,2 ila %4,2) hidrasyon durumunun bilişsel performansı olumsuz etkilemediği öne sürülürken, bir başka akın zamanda yapılan bir sistematik analiz ise (Katz vd., 2021), dehidrasyonla kaybedilen %1 ila %3 vücut kütle kaybının bilişsel işlev üzerinde tutarsız bir etkisi olduğunu bildirmiştir. 26 çalışmanın 13'ü çalışma belleği, ketleme kontrolü ve dikkat üzerinde olumsuz bir etki göstermiştir. Ketleme kontrolü; beklenmedik eylemlerle karşılaşan vücudun, dürtüsel olarak harekete direnme durumudur, bilinçdışı refleks olarak yapılır. Ancak bu bulgular, daha yüksek ve sürekli hipohidrasyon seviyelerinde bilişsel işlevdeki bozulmaların olmayacağı sonucunu vermez çünkü çalışmaların tümü sadece %2'lik vücut kütle kaybını içermektedir.

Egzersize bağlı dehidratasyon, azalmış kardiyak barorefleks duyarlılığına bağlı olarak egzersiz sonrası hipotansiyon riskini de artırabilir, bu da egzersizin kesilmesinden sonra daha sonra senkop veya bayılmaya yol açabilir (Asplund vd.,

2011). Bazı sporcular yarışma için kasten susuz kalırlar. Örneğin, güreş, judo, boks, tekvando ve karma dövüş sanatları gibi ağırlık kategorisi sporları, müsabaka için tartılmadan önce hızlı kilo verme müdahaleleri uygular. Bunun için diyet kısıtlaması ve ısıya maruz kalma ve/veya buhar geçirmeyen giysilerde egzersiz yoluyla ter kaynaklı sıvı tükenmesinin bir kombinasyonu sıklıkla kullanılan yöntemlerden bazılarıdır (Artioli vd., 2010). Müsabaka öncesi hızlı kilo kaybı, başarı olasılığını arttırmanın etkili bir yolu olsa da optimal egzersiz performansına elde etmek için hızlı rehidrasyon gereklidir. Sistematik yapılan bir çalışmaya göre 4.432 dövüş sporu sporcusunun incelemesi, tartılmadan önce vücut kütlesi kaybının %10'a varan hipohidrasyon seviyelerini bildirmiştir (Matthews vd., 2019). Başka bir araştırmanın dövüş sporcularını, yarışma sabahı, bir idrar örneğine göre incelemesine göre, sporcularının >%40'ının hipohidrate olduğunu buldu. Çalışmada sporcular, sıvı dengesini yeniden sağlamak için ayrılan kısa sürenin yetersiz olduğunu, zihinsel ve fiziksel performansla yarışmaya öncesi riskli bir duruma geldiğini vurgulamıştır (Pettersson ve Berg, 2014).

Egzersize bağlı dehidrasyon, su ve çözünen maddelerin kaybıyla orantılı olarak hücre içi ve hücre dışı sıvı kaybına neden olur. Terin plazmaya göre hipotonik konsantrasyonu göz önüne alındığında, plazma hacmindeki azalma elektrolit konsantrasyonunda bir artışa neden olur. Buna hipertonic hipovolemi denir. Hipernatremi, hipertonic hipovolemik elektrolit bozukluğunun bir örneğidir ve >145 mmol·L⁻¹ plazma sodyum konsantrasyonu ile tanımlanır (Murray, 2007). Egzersize bağlı dehidratasyon ile doğrudan ilişkisi göz önüne alındığında, dayanıklılık sporcuları arasında (>%25) egzersiz sonrası hipernatremi prevalansı yaygındır (Krabak vd., 2017).

Hafif hipernatremi seviyeleri ciddi klinik semptomlara yol açmazken, akut ve şiddetli hipernatremi seviyeleri (>158 mmol·L⁻¹) hiperpne, huzursuzluk, uyuşukluk ve hatta koma ile ilişkilidir. Derin ve hızlı solunum anlamına gelen hiperpne, oksijenin dokulara ve organlara iletiminin bloke edildiği karbon monoksit zehirlenmesinin de semptomu olabilir (Adrogué ve Madias, 2000).

Hipohidrasyon riskinden kaçınmak için, bazı sporcular dayanıklılık egzersizleri sırasında dolaşımdaki elektrolitlerin seyrelmesine (yani hipotonik hipervolemi) neden olacak kadar fazla içecek içerler. Hiponatremi, esas olarak toplam sodyum miktarına göre toplam vücut suyundaki artıştan dolayı 135 mmol·L⁻¹ veya daha az bir plazma

sodyum konsantrasyonu ile tanımlanır. Hiponatremi asemptomatik veya semptomatik olabilir (Hew-Butler vd., 2008). Asemptomatik hiponatremi, sporculardan egzersiz sonrası kan örnekleri toplayan araştırma çalışmalarında büyük ölçüde saptanırken, semptomatik hiponatremi hafif, spesifik olmayan semptomlar (örn., sersemlik, mide bulantısı) veya daha tipik olarak baş ağrısı, kusma olarak kendini gösterebilir (Armstrong vd., 1993). Daha ciddi durumlarda, serebral ödemden kaynaklanan ve ölüme kadar ilerleyebilen mental durum değişikliği, yani konfüzyon, nöbet görülebilir (Hew-Butler vd., 2015).

Sıcak çarpması ile birlikte egzersize bağlı hiponatremi bir sporcu için en tehlikeli rahatsızlıktır. Asemptomatik hiponatreminin insidansı için tipik bir tanımlama yoktur, spor disiplinlerine göre büyük ölçüde değişir ve aktivitenin tipine, süresine, egzersizin yerine, sporcunun özelliklerine ve ısıya veya soğuğa maruz kalmaya bağlıdır (Rüst vd., 2012). 2.135 dayanıklılık sporcusuyla yapılan bir araştırmada (Noakes vd., 2005), semptomatik hiponatremi %1, asemptomatik hiponatremi %6 oranında gözlenmiştir.

2.5. Isı Stresi Altında Dayanıklılık Egzersizi

Uzun süreli yüksek yoğunluklu egzersiz, termal ortamın şiddetli artışıyla belirgin şekilde bozulur. Bu şiddetin artmasındaki faktörler, önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi ortam sıcaklığı, mutlak nem, güneş radyasyonu ve rüzgâr hızının kombinasyonu ile belirlenir. Bu bozulma, yavaşça artan hipertermi durumunun alevlenmesiyle sabit iş temposunun azalması sonucunu verir (Levels vd., 2014). Dayanıklılık performansının önemli bir belirleyicisi olan maksimum aerobik güç (yani, V_{O2max}) (Joyner ve Coyle, 2008), çevresel koşulların ciddiyetine paralel olarak ısı stresi altında tehlikeye girer (Wingo vd., 2005). Hiperterminin neden olduğu yorgunluk, çeşitli fizyolojik sistemlerin etkileşimini içeren performans bozulmaları ile kendini gösterir. Sıcak stresi altında bozulmuş aerobik egzersizle ilişkili en önde gelen mekanizmalar kardiyovasküler, merkezi sinir sistemi (CNS) ve iskelet kası fonksiyonundaki hipertermi aracılı değişikliklerle bağlantılıdır.

Bu fizyolojik tepkiler sadece vücut bütünlüğünü değiştirmekle kalmaz, motivasyonu ve sıcakta egzersiz yapmaya devam etme isteğini etkiler.

2.6. Dayanıklılık Sporlarında Sıvı Dengesi ve Sodyum Kaybı

Dayanıklılık egzersizi sırasında, çevresel ısı stresi ve tehlikeye atılmış bir hidrasyon durumunun kombinasyonu, vücut çekirdek sıcaklığındaki şiddetli artış ile

karakterize edilir. Azalmış sistemik, kas ve cilt kan akışı; ve kas glikojenine ve anaerobik metabolizmaya artan bağımlılık bu esnada gözlemlenir (Nadel vd., 1980). Bu tepkiler, özellikle ortam sıcaklığı 30 °C'yi aştığında, %2'yi aşan bir vücut kütlesi kaybının egzersiz kapasitesini bozduğunu bildiren çeşitli anlatısal ve meta-analitik incelemelerle erken yorgunluğa yol açar (Deshayes vd., 2020). Buna karşılık, %4 vücut kütlesi kaybına kadar egzersize bağlı dehidrasyon, 20 ila 33 C koşullarında gerçekleştirilen egzersizlerin -örneğin bisiklet sürme, koşu- performansta çok ciddi negatif etkileriyle görülmez. Bununla birlikte, %1,7 ila 5,6 vücut kütlesindeki hipohidrasyonun, 19 ila 40 °C arasında değişen ortam sıcaklıklarında aerobik egzersiz performansını bozduğu bilinmektedir (Deshayes vd., 2020).

2.7. Hidrasyon Durumunun Tayini

Vücut suyu düzenlemesinin temel ilkeleri, hidrasyon durumunu tanımlamak için plazma ozmolalitesini kullanmaya bir çerçeve sağlar (Armstrong, 2005). Toplam vücut suyundaki bir azalma, hem hücre içi hem de hücre dışı hacmi azaltır. Ter, plazmaya göre hipotonik olduğundan, egzersiz-ısı stresinin aracılık ettiği hipohidrasyon, su eksikliğiyle orantılı olarak plazma hipertonsitesini ve hipovolemiyi indükler.

Şu anda hidrasyon durumunu değerlendirmek için rızaya dayalı bir altın standart bulunmamakla birlikte, plazma ozmolalitesinin statik hidrasyon koşulları altında en kesin ve doğru hidrasyon değerlendirme tekniği olduğu düşünülmektedir (Baron vd., 2015). Bununla birlikte, bir başka ölçüm yolu olan, donma noktası alçak basınç alanını belirleme veya buhar basıncı ozmometrisi yoluyla plazma ozmolalitesinin değerlendirilmesinin tekniği, hem invaziv (yani damar delinmesi) olması hem de pahalı analiz ekipmanı gerektirmesi açısından çok tercih edilmeyen yöntemlerdir (Baron vd., 2015). Alternatif olarak, idrar konsantrasyonu, plazma ozmolalitesindeki değişikliklere verilen renal yanıtı yansıtır ve tipik olarak plazma ozmolalitesi ile iyi ilişkilidir. Ozmolalite, özgül ağırlık ve renk gibi idrar hidrasyon durumu indeksleri, daha uygun maliyetli ve daha hızlı yanıt süreleri sunan ölçüm teknikleri arasındadır (Cheuvront, vd., 2010).

2.8. Biyolojik Belirteç Olarak Ter

İnsan fizyolojisi, sağlığı ve performansı hakkında bilgi sağlamak için kan analizine non-invaziv bir alternatif olarak ter kullanımı, son zamanlarda büyük ilgi

toplamıştır. Ter teşhisi için giyilebilir cihazların ve algılama tekniklerinin geliştirilmesi, genişleyen bir alandır. Belki de bir ter biyobelirteçinin en iyi örneği, (bu uygulama yeni olmasa da) kistik fibroz tanısı için ter [Cl] kullanılmasıdır (Shwachman ve Gahm, 1956). Yüksek ter Cl ve kistik fibroz arasındaki ilişki ilk olarak di Sant'Agnese ve ark. 1953'te (Di Sant'agnese vd., 1953); ve ardından, 1959'da Gibson ve Cooke tarafından standartlaştırılmış bir ter testi (Kantitatif Pilokarpin İyontoforetik Testi) geliştirildi (Gibson ve Cooke, 1959). Günümüzde ise, sağlık ve egzersiz alanında sodyum konsantrasyonu tayini gibi durumlarda bir biyobelirteç olarak kullanılmaktadır.



3. MATERYAL VE METOT

3.1. Araştırma Modeli

Araştırma, randomize edilmiş kontrollü çalışma deney dizaynına göre tasarlanmıştır. Bu çalışma için Stirling Üniversitesi spor takımının bir parçası olan 30 amatör sporcudan oluşan bir grup test edilmiştir. Katılımcılar çalışmaya katılmak istediklerini onayladılarsa ağılık tarama anketi PPHSQ ve Gönüllü Onam Formu ile rapor edilmiştir.

3.2. Araştırma Grubu

Çalışma, çeşitli atletik popülasyonlarda diyet sodyum alımının ter sodyum konsantrasyonu üzerindeki etkisini araştıracaktır.

Dahil edilme kriterleri, katılımcının 18-24 yaşları arasında ve üniversitenin spor takımında sporcu olmasını gerektirir. Ayrıca katılımcıların katılmak için sağlıklı ve fiziksel olarak formda olmaları gerekmektedir, ve buna Katılım Öncesi Sağlık Tarama Anketi (PPHS Q) kullanılarak karar verildi. Bir katılımcı PPHS-Q'da başarısız olursa çalışmaya dahil edilmedi. Bir katılımcıdan onam alınamazsa/kullanılamazsa, diğer tüm kriterleri geçse bile araştırmaya dahil edilmedi. Katılımcı adaylarından, yaklaşık 90 dakika boyunca sürekli olarak ısı stresi koşullarında egzersiz yapabilecek kadar fiziksel olarak sağlıklı olanlar araştırmaya dahil edildi. Ayrıca, katılımcı adaylarından kardiyovasküler hastalık, kas-iskelet sistemi yaralanmaları olmayan, metabolik hastalıklar göstermeyen veya böyle bir hastalık geçmişi olmayanlar çalışmaya katıldı. Çalışmaya katılmak isteyen bir kişi herhangi bir sebepten spor yapamıyorsa çalışmaya dahil edilmedi. 18 yaşından küçük veya 24 yaşından büyük olmalarının yanı sıra aktif olmayan veya Stirling Üniversitesi'ne kayıtlı olmayanlar yine çalışmaya dahil edilmedi. Ek olarak, yakın zamanda yaralanması olan veya hamile olan adaylar da, herhangi bir zarardan korunmak için hariç tutuldu. Katılımcıların özellikleri ve genel bilgileri Tablo 3.1.'de gösterildiği gibidir.

Tablo 3.1. Katılımcıların Genel Bilgileri

	Katılımcı Sayısı	Yaş	BMI (kg/m ²)
Kadın	10	18-24	22,9 ± 5
Erkek	20	18-24	22,7 ± 5

Olası adaylara sosyal medya ve afişler üzerinden duyuru yapıldı. Stirling Üniversitesi Kadın Hokey Kulübü, Stirling Üniversitesi Netbol Kulübü ve Stirling

Üniversitesi Su Topu Kulübü, Stirling Üniversitesi Rugby Futbol Kulübü Facebook sayfalarında da ayrıca bir afiş paylaşıldı. Bu poster, çalışmayla ilgili dahil etme kriterlerini, araştırma ile ilgili bazı detayları ve ilgili tarafların araştırmacı ile temasa geçmesini sağlamak için iletişim bilgilerini içermektedir. Bu posterin paylaşılmasından bir hafta sonra, çalışmayla ilgilenen herkese bilgilendirmek amacıyla eğitim oturumları düzenlendi, dahil olma kriterlerini ve araştırma ile ilgili bilgileri verdikten sonra katılmayı talep eden sporcularla araştırma grubu oluşturuldu.

3.3. Ölçüm Methodları

Her katılımcı için ziyaret sayısı, bir ön tarama ziyareti ve iki deneysel ziyaret olmak üzere 3 adetti. Ön tarama ziyareti, bir ön tarama kontrolünü ve temel VO₂max testini (aerobik kapasite testi) içermektedir. Katılımcılara, deneysel denemelere gelmeden önce 12 saat boyunca kafeinli içecekler tüketmemeleri ve 8 saat boyunca aç kalmaları tavsiye edildi. Vücudun hidrateliğini sağlamak için deneye başlamadan 2 saat önce 500 ml su tüketmeleri istendi.

İkinci ziyaret, ilk ziyaretten en az 72 saat sonra gerçekleştirildi. Bu ziyaretten önce, katılımcıdan üç günlük yemek günlüğü doldurması istendi ve bu sayede normal diyetleri ve normal diyetlerinde tükettikleri ortalama sodyum hakkında fikir sahibi olundu. İkinci deneysel ziyaret, katılımcılardan laboratuvara gitmeden bir gün önce 2000 mg sodyum almalarının isteneceği müdahale ziyareti şeklinde oluşturuldu. Her deneysel deneme, önceki ziyaretten 7 gün sonra olacak şekilde ayarlandı. Deney ziyaretlerinin yapılacağı gün katılımcıların ısı stresini artırmak için gelmeden önce laboratuvar ortamı 26 +/- 2 °C kadar ısıtıldı. Bisiklete binmeden önce katılımcılardan Şekil 3.1.'de görüldüğü gibi idrar örnekleri toplandı ve egzersiz öncesi ağırlıkları çıplak şekilde ölçüldü.



Şekil 3.1. Araştırma ölçüm methodlarından idrar örneği toplama

Aynı zamanda önkol, uyluk ve sırt olmak üzere birer adet ter bandı tahsis edildi. Deneklerin vücutlarından toplanan terlerin özellikle önkol, uyluk ve sırttan ter toplanmasının sebebi Patterson ve arkadaşlarının (Patterson vd., 2000) yaptığı çalışmada, ter analizi yapılacak çalışmalarda toplanılabilecek en uygun lokasyonların bu bölgeler olduğunun kanıtlanmış olmasıdır.

Tüm düzenlemeler yapıldıktan sonra, katılımcılar (bir odada pandemi güvenlik ve sağlık kuralları gereği maksimum 3 denek bulunabilir kuralıyla) Şekil 3.2.'deki gibi ortam sıcaklığının kontrol edilebildiği odalarda, yaklaşık 40 dakika boyunca VO₂max'larının %60'ında bisiklet sürmeye başlatıldı (Şekil 3.3.). Erkek ve kadın deneklerin deney için tahsis edilmiş oda sıcaklıklarının ortalamaları, deneyin ortalama süresi, deney esnasındaki ortalama kalp atış hızlarının ve deney boyunca toplamda yüzde olarak kaybedilen kilonun ortalaması Tablo 3.2.'de gösterildiği gibidir.

Tablo 3.2. Deney Boyunca Kaydedilen Değerler

	Oda Sıcaklığı (°C)	Deney Süresi	Ortalama Kalp Atış Hızı	Deney Sonrası Kilo Kaybı (%)
Kadın	22,3	90	139	2,11
Erkek	21,2	90	125	2,37

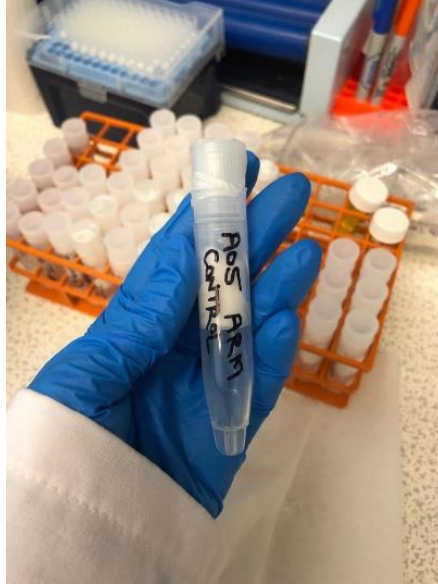


Şekil 3.2. Araştırmada ortam sıcaklığı kontrol edilebilen oda örneği



Şekil 3.3. Dayanıklılık egzersizi modeli olarak ergonometrik bisiklet kullanımı

İlk 40 aralıksız dakikadan sonra, 10 dakikalık aralıklarla bisiklet sürmeleri istendi ve terleme yoluyla egzersiz öncesi vücut ağırlığının %2'sini kaybedene kadar (dehidrasyon sağlanana kadar) her 10 dakikalık turun sonunda tartılmaları istenerek kilo ölçümleri kaydedildi. Katılımcılar egzersizi tamamladıktan sonra tekrar idrar örnekleri istendi. Ter bantları çıkarıldı, ayıklandı ve 'Salivette' tüplerinde Şekil 3.4.'te görüldüğü gibi saklandı.



Şekil 3.4. Ter bantlarının saklandığı salivette tüp örneği

Daha sonra ter bezlerini içeren tüpler 4 derecede soğutularak bekletilmek kaydıyla yeterli sayıya ulaştığında Şekil 3.5 ve Şekil 3.6.'da görüldüğü gibi santrifüjlendi.



Şekil 3.5. Santrifüj kabı örneği

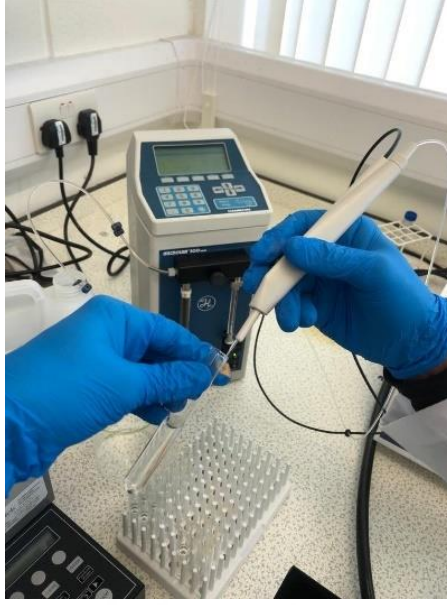


Şekil 3.6. Simetrik şekilde ayarlanan santrifüj makinesi

Santrifüjlenen ter bantlarından toplanan yoğun ter örnekleri daha sonra Şekil 3.7.'de ve Şekil 3.8.'de görülen alev fotometri yöntemi kullanılarak ter sodyum konsantrasyonu için analiz edildi.



Şekil 3.7. Araştırma methodlarından alev fotometresi



Şekil 3.8. Seyreltilerek ölçülen ter örnekleri

İdrar ozmolalitesi, egzersizden önce ve sonra hidrasyon durumunu belirlemek için Şekil 3.9.'daki osmomat ile ozmometre kullanılarak belirlendi.



Şekil 3.9. İdrar ozmolalitesi tayini için kullanılan ozmometre

3.4. Verilerin Analizi

Veriler istatistiksel olarak analiz edildi. Verileri istatistiksel olarak analiz etmek için bağımlı t testi, basit doğrusal regresyon, tek yönlü ANOVA ve F testleri kullanıldı.

İkiden fazla olmayan değişken arasındaki anlamlılığı bulmak için t testi kullanıldı. Bu nedenle, bu yöntem, hem denemeler başlamadan önce ve sonra

katılımcıların idrar örnekleri hem de sodyum takviyesi müdahalesi öncesi ve sonrası toplanan ter örnekleri arasındaki farkları analiz etmek için kullanıldı.

İkiden fazla değişken analiz edildiğinde tek yönlü ANOVA ve F-testleri/F dağılımları kullanıldı. Bu durumda, katılımcıların 3 farklı lokasyonundan toplanan ter örnekleri arasındaki ortalama farkını analiz etmek için ANOVA kullanıldı. ANOVA kullanırken, anlamlılığı bulmak için F testi kullanıldı. F dağılımı, basitçe, numunelerin varyansının analiz edilmesinin bir sonucu olarak ortaya çıkan değerlerin dağılımıdır.



4. BULGULAR

Çalışmada elde edilen veriler ile gerçekleştirilen istatistikler analizler bu bölümde sunulmuştur.

Katılımcılardan toplanan, ilk deneye gelmeden önceki son 3 günlük beslenme günlükleri ile hesaplanan günlük ortalama sodyum miktarları ile ikinci deney günü öncesi verilen sodyum tableti sonrası hesaplanan günlük ortalama sodyum tüketimleri Tablo 4.1.'de belirtildiği gibidir.

Tablo 4.1. Müdahale Öncesi ve Sonrası Ortalama Günlük Sodyum Miktarlarının Karşılaştırılması

	Müdahale Öncesi Günlük Ortalama Sodyum Tüketimi (mg)	Müdahale Sonrası Günlük Ortalama Sodyum Tüketimi (mg)
Kadın	1900	3900
Erkek	4236	6236

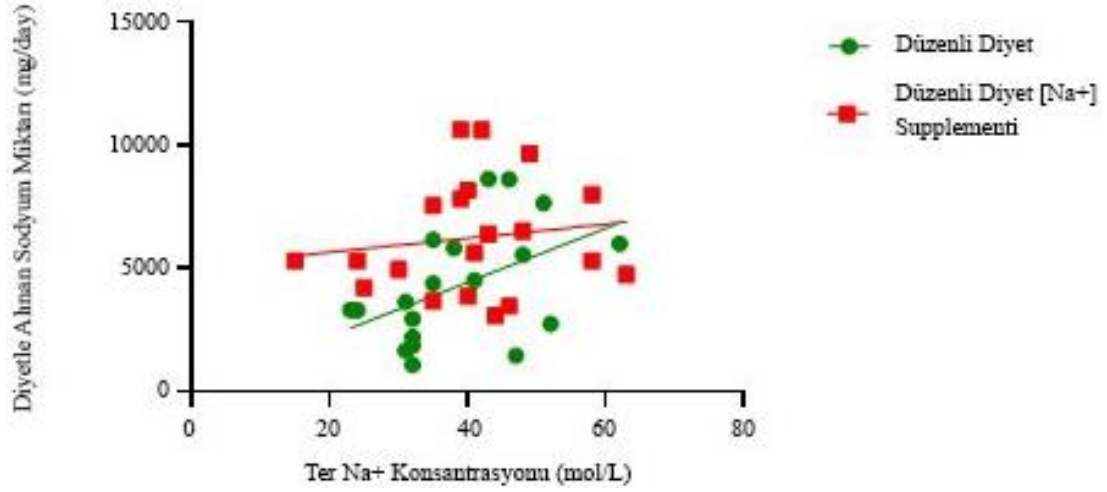
Kadın ve erkek katılımcılardan toplanan ter bantlarının analizi sonucunda, lokasyonlarına, cinsiyete, müdahale öncesi ve sonrası durumlarına göre kıyaslanması Tablo 4.2. ve Tablo 4.3.'te belirtildiği gibidir.

Tablo 4.2. Sadece Düzenli Diyet Sonrası Toplanan Ter [Na⁺] Değerleri

	Kol Ter [Na ⁺] Konsantrasyonu (mmol/l)	Uyluk Ter [Na ⁺] Konsantrasyonu (mmol/l)	Sırt Ter [Na ⁺] Konsantrasyonu (mmol/l)
Erkek	39	44	55
Kadın	44	43	50

Tablo 4.3. Düzenli Diyet + [Na⁺] Takviyesi Sonrası Toplanan Ter [Na⁺] Değerleri

	Kol Ter [Na ⁺] Konsantrasyonu (mmol/l)	Uyluk Ter [Na ⁺] Konsantrasyonu (mmol/l)	Sırt Ter [Na ⁺] Konsantrasyonu (mmol/l)
Erkek	41	47	60
Kadın	37	33	38

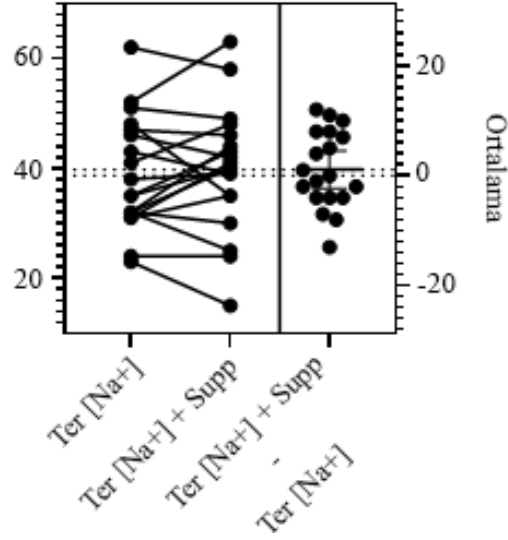


Şekil 4.1. Erkek deneklerin sodyum takviyesine karşılık olarak ön koldan toplanan ter [Na+] konsantrasyonlarının kıyaslanması

Şekil 4.1. Erkeklerin önkol kısmından toplanan ter örneklerinin konsantrasyon farklarının düzenli diyetteki ve sodyum takviyesi ile düzenli diyet arasındaki farkı göstermektedir. Yeşil gösterge takviye almadan önceki ter konsantrasyonlarını belirtirken, kırmızı gösterge takviye sonrası ölçümleri belirtmektedir.

Sonuçlar değerlendirildiğinde, ön koldan toplanan ter sodyum konsantrasyonları ile takviye olmadan tüketilen diyetin sodyum alımı arasında istatistiksel olarak anlamlı sonuç alınmıştır ($p < 0,05$, $p = 0.0404$). Fakat takviye sonrası yapılan ölçümlerde anlamlı sonuç elde edilmemiştir ($p > 0,05$).

Bu grafik inceleme sonrası, denekleri bireysel olarak inceleme gereksinimini de beraberinde getirmiştir, bireysel incelemede grafiğin toplam verilerinin pozitif korelasyonu, bireysel değişimlerin farkları ile kıyaslanmaktadır.

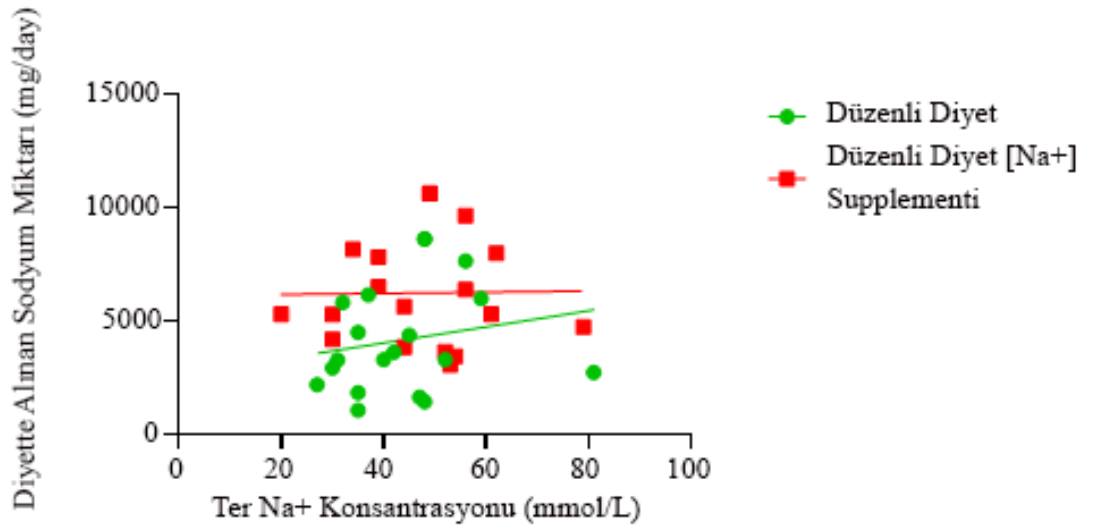


Şekil 4.2. Erkek deneklerin önkol ter konsantrasyonlarının, sodyum takviyesi altında bireysel olarak incelenmesi

Şekil 4.2.'deki incelemeler, ter konsantrasyonlarının ortalaması ve bireysel değişim sonuçlarını göstermektedir.

Bu inceleme ile, erkek deneklerin ter konsantrasyonlarının toplam değeri pozitif korelasyon gösterse de bireysel değişimlerinde sodyum tüketiminin belirleyici bir faktör olmadığını görülmektedir. Bireysel değişimlerin sodyum takviyesi ile ilişkisi hakkında anlamlı bir sonuca ulaşılmamıştır ($p>0,05$).

Şekildeki deneklerin her biri, kendisinin takviye altındaki modülüne eşitleniyor. İncelemelere göre sodyum takviyesi sonrası deneklerin bir kısmının ter konsantrasyonları düşerken, bir kısmının yükselmiştir.

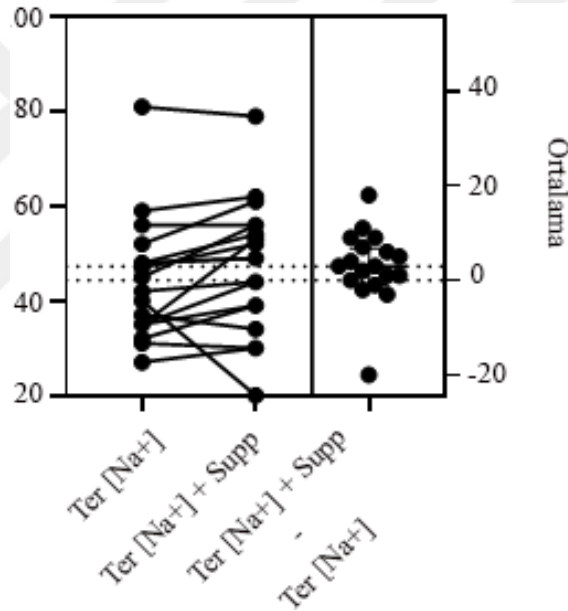


Şekil 4.3. Erkek deneklerin sodyum takviyesine karşılık olarak uyluktan toplanan ter [Na+] konsantrasyonlarının kıyaslanması

Şekil 4.3. Erkeklerin uyluk kısmından toplanan ter örneklerinin konsantrasyon farklarının düzenli diyetteki ve sodyum takviyesi ile düzenli diyet arasındaki farkı göstermektedir. Yeşil gösterge takviye almadan önceki ter konsantrasyonlarını belirtirken, kırmızı gösterge takviye sonrası ölçümleri belirtmektedir.

Sonuçlar değerlendirildiğinde, grafiklerde terdeki sodyum ile diyet sodyum tüketimi arasında pozitif korelasyon görülmektedir. Fakat uyluktan toplanan ter sodyum konsantrasyonları ile sodyum tüketimi arasında anlamlı sonuç elde edilmemiştir ($p>0,05$).

Bu grafik inceleme sonrası, denekleri bireysel olarak inceleme gereksinimini de beraberinde getirmiştir, bireysel incelemede grafiğin toplam verilerinin pozitif korelasyonu, bireysel değişimlerin farkları ile kıyaslanmaktadır.



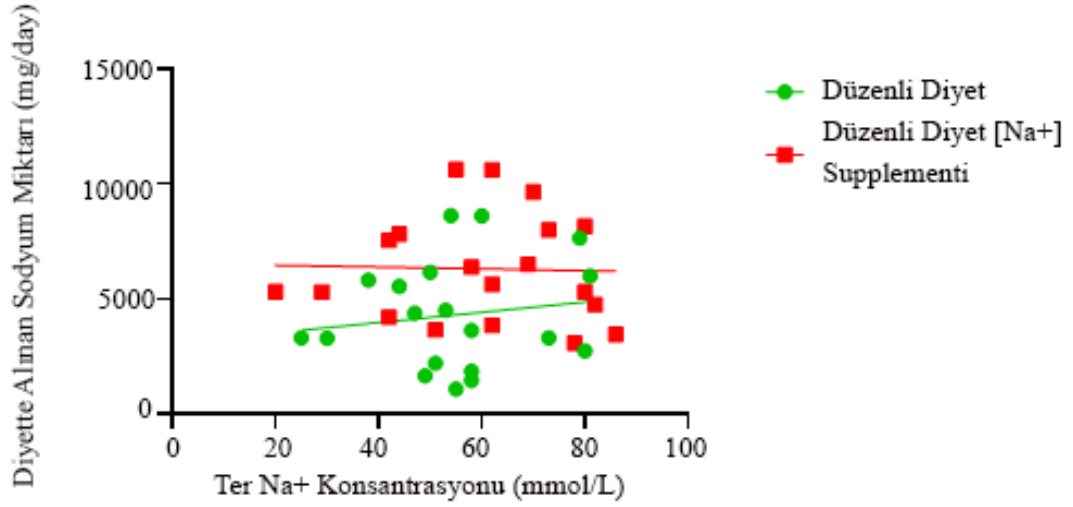
Şekil 4.4. Erkek deneklerin uyluk ter konsantrasyonlarının, sodyum takviyesi altında bireysel olarak incelenmesi

Şekil 4.4.'deki incelemeler, ter konsantrasyonlarının ortalaması ve bireysel değişim sonuçlarını göstermektedir.

Bu inceleme ile, erkek deneklerin ter konsantrasyonlarının toplam değeri pozitif korelasyon gösterse de bireysel değişimlerinde sodyum tüketiminin belirleyici bir faktör olmadığını görmekteyiz. Bireysel değişimlerin sodyum takviyesi ile ilişkisi hakkında anlamlı bir sonuca ulaşılmamıştır ($p>0,05$).

Şekilde deneklerin her birinin takviye öncesi ve sonrası ölçümleri görülmektedir. İncelemelere göre sodyum takviyesi sonrası deneklerin bir kısmının ter

konsantrasyonları düşerken, bir kısmının ki yükselmiştir.

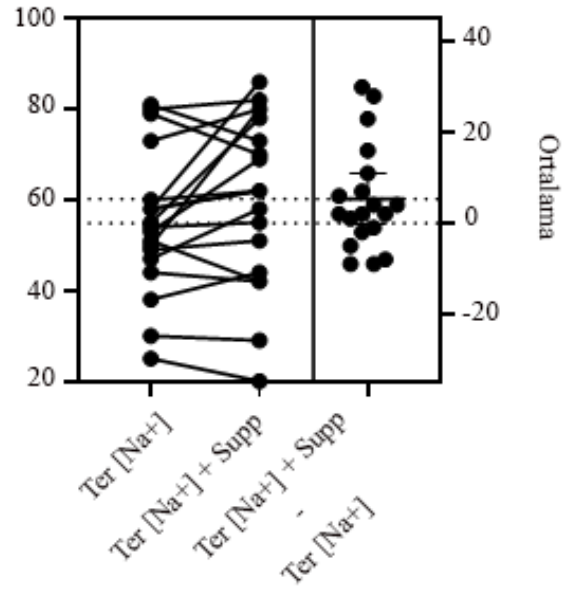


Şekil 4.5. Erkek deneklerin sodyum takviyesine karşılık olarak sırttan toplanan ter [Na+] konsantrasyonlarının kıyaslanması

Şekil 4.5. Erkeklerin sırt kısmından toplanan ter örneklerinin konsantrasyon farklarının düzenli diyetteki ve sodyum takviyesi ile düzenli diyet arasındaki farkı göstermektedir. Yeşil gösterge takviye almadan önceki ter konsantrasyonlarını belirtirken, kırmızı gösterge takviye sonrası ölçümleri belirtmektedir.

Sonuçlar değerlendirildiğinde, grafiklerde pozitif korelasyon görülmektedir. Fakat uyluktan toplanan ter sodyum konsantrasyonları ile sodyum tüketimi arasında anlamlı sonuç elde edilmemiştir ($p>0,05$).

Bu grafik inceleme sonrası, denekleri bireysel olarak inceleme gereksinimini de beraberinde getirmiştir, bireysel incelemede grafiğin toplam verilerinin pozitif korelasyonu, bireysel değişimlerin farkları ile kıyaslanmaktadır.

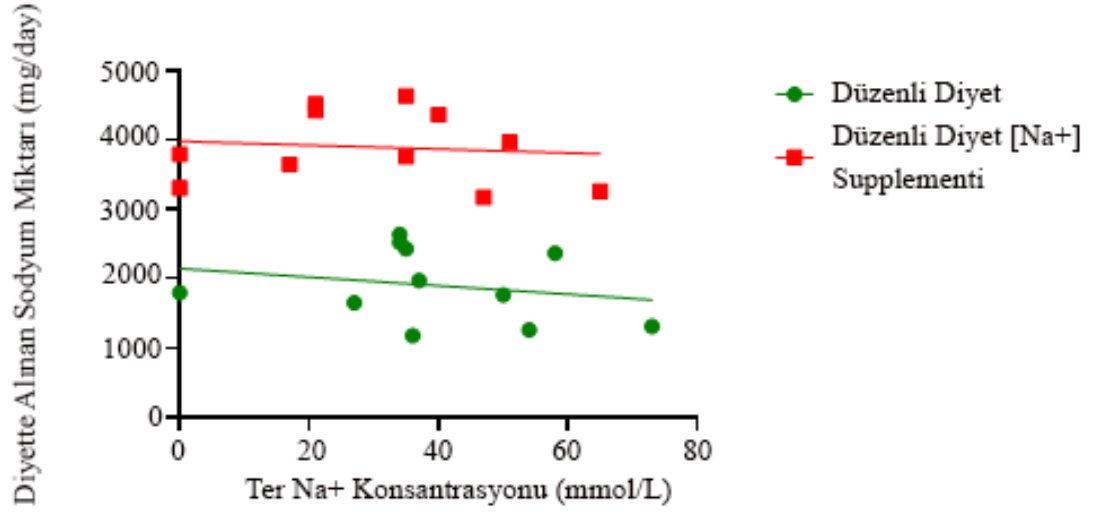


Şekil 4.6. Erkek deneklerin sırt ter konsantrasyonlarının, sodyum takviyesi altında bireysel olarak incelenmesi

Şekil 4.6.'deki incelemeler, ter konsantrasyonlarının ortalaması ve bireysel değişim sonuçlarını göstermektedir.

Bu inceleme ile, erkek deneklerin ter konsantrasyonlarının toplam değeri pozitif korelasyon gösterse de bireysel değişimlerinde sodyum tüketiminin belirleyici bir faktör olmadığını görmekteyiz. Bireysel değişimlerin sodyum takviyesi ile ilişkisi hakkında anlamlı bir sonuca ulaşılmamıştır ($p>0,05$).

Şekildeki deneklerin her biri, kendisinin takviye altındaki modülüne eşitleniyor. İncelemelere göre sodyum takviyesi sonrası deneklerin bir kısmının ter konsantrasyonları düşerken, bir kısmınınki yükselmiştir. Hatta bazı deneklerde takviye sonrası ter konsantrasyonlarında ciddi düşüşler gözlemlenmiştir.

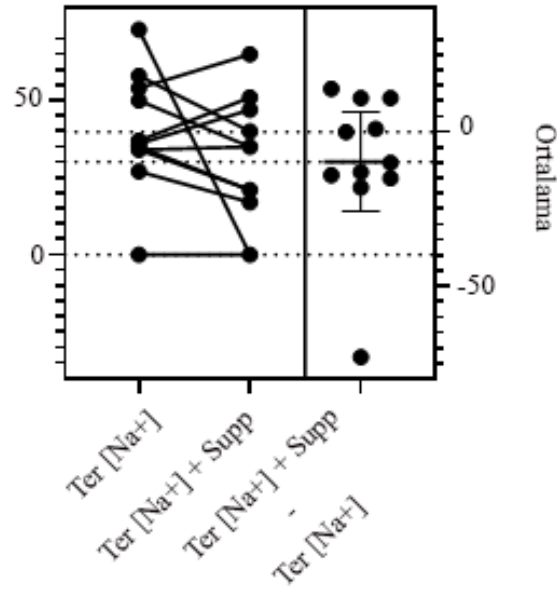


Şekil 4.7. Kadın deneklerin sodyum takviyesine karşılık olarak önkoldan toplanan ter [Na⁺] konsantrasyonlarının kıyaslanması

Şekil 4.7. kadınların önkoldan toplanan ter örneklerinin konsantrasyon farklarının düzenli diyetteki ve sodyum takviyesi ile düzenli diyet arasındaki farkı göstermektedir. Yeşil gösterge takviye almadan önceki ter konsantrasyonlarını belirtirken, kırmızı gösterge takviye sonrası ölçümleri belirtmektedir.

Sonuçlar değerlendirildiğinde, grafiklerde diyet sodyum tüketimi ve ter konsantrasyonu arasında negatif korelasyon görülmektedir. Önkoldan toplanan ter sodyum konsantrasyonları ile sodyum tüketimi arasında anlamlı sonuç elde edilmemiştir ($p>0,05$).

Bu grafik aynı zamanda bireysel olarak incelenmelidir, çünkü toplam grafik pozitif korelasyonu yansıtırken, bireysel değişimlerde farklar görülmektedir.

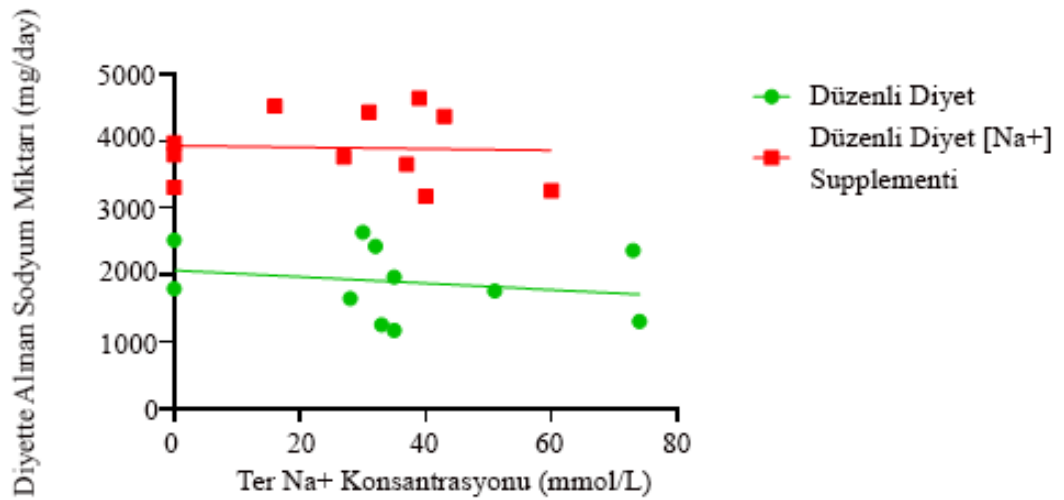


Şekil 4.8. Kadın deneklerin önkol ter konsantrasyonlarının, sodyum takviyesi altında bireysel olarak incelenmesi

Şekil 4.8.'deki incelemeler, ter konsantrasyonlarının ortalaması ve bireysel değişim sonuçlarını göstermektedir.

Bu inceleme ile, kadın deneklerin ter konsantrasyonlarının toplam değeri negatif korelasyon gösterse de bireysel değişimlerinde sodyum tüketiminin belirleyici bir faktör olmadığını görmekteyiz. Bireysel değişimlerin sodyum takviyesi ile ilişkisi hakkında anlamlı bir sonuca ulaşılmamıştır ($p>0,05$).

Şekildeki deneklerin her biri, kendisinin takviye altındaki modülüne eşitleniyor. İncelemelere göre sodyum takviyesi sonrası deneklerin bir kısmının ter konsantrasyonları düşerken, bir kısmının ki yükselmiştir.

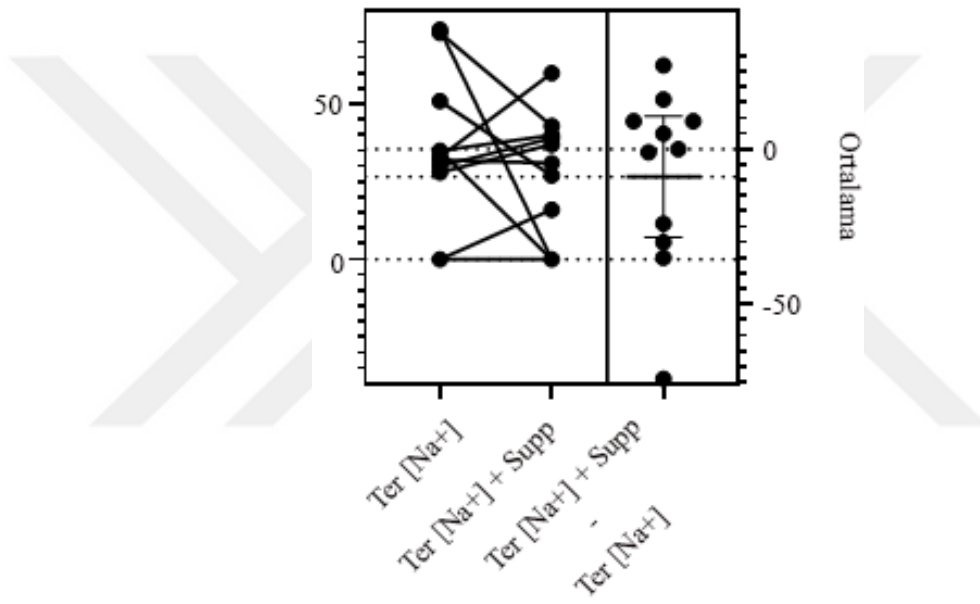


Şekil 4.9. Kadın deneklerin sodyum takviyesine karşılık olarak uyluktan toplanan ter [Na+] konsantrasyonlarının kıyaslanması

Şekil 4.9. kadınların uyluktan toplanan ter örneklerinin konsantrasyon farklarının düzenli diyetteki ve sodyum takviyesi ile düzenli diyet arasındaki farkı göstermektedir. Yeşil gösterge takviye almadan önceki ter konsantrasyonlarını belirtirken, kırmızı gösterge takviye sonrası ölçümleri belirtmektedir.

Sonuçlar değerlendirildiğinde, grafiklerde negatif korelasyon görülmektedir. Fakat uyluktan toplanan ter sodyum konsantrasyonları ile sodyum tüketimi arasında anlamlı sonuç elde edilmemiştir ($p>0,05$).

Bu grafik aynı zamanda bireysel olarak incelenmelidir, çünkü toplam grafik pozitif korelasyonu yansıtırken, bireysel değişimlerde farklar görülmektedir.

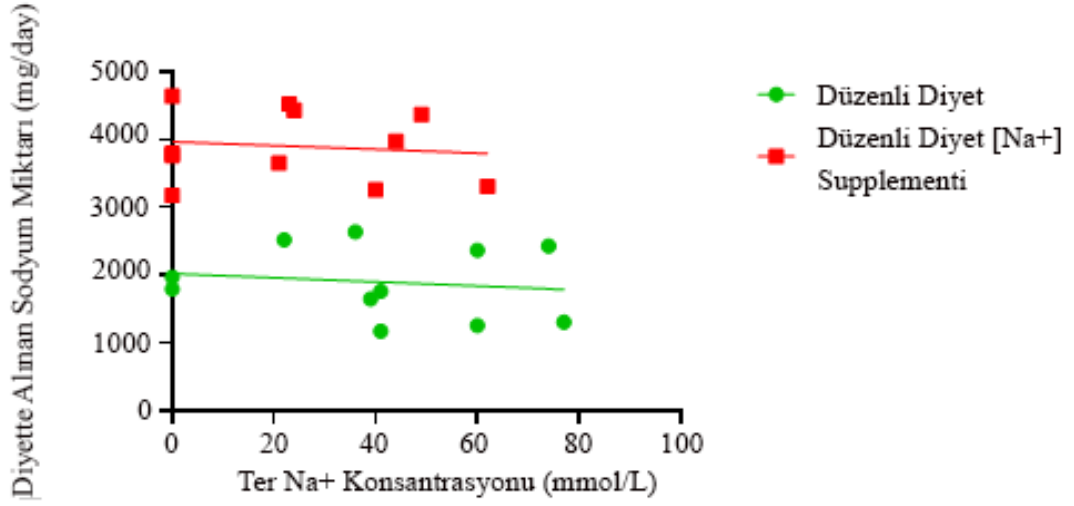


Şekil 4.10. Kadın deneklerin uyluk ter konsantrasyonlarının, sodyum takviyesi altında bireysel olarak incelenmesi

Şekil 4.10.'deki incelemeler, ter konsantrasyonlarının ortalaması ve bireysel değişim sonuçlarını göstermektedir.

Bu inceleme ile, kadın deneklerin ter konsantrasyonlarının toplam değeri pozitif korelasyon gösterse de bireysel değişimlerinde sodyum tüketiminin belirleyici bir faktör olmadığını görmekteyiz. Bireysel değişimlerin sodyum takviyesi ile ilişkisi hakkında anlamlı bir sonuca ulaşılmamıştır ($p>0,05$).

Şekildeki deneklerin her biri, kendisinin takviye altındaki modülüne eşitleniyor. İncelemelere göre sodyum takviyesi sonrası deneklerin bir kısmının ter konsantrasyonları düşerken, bir kısmınınki yükselmiştir. Hatta bazı deneklerde takviye sonrası ter konsantrasyonlarında ciddi düşüşler gözlemlenmiştir.

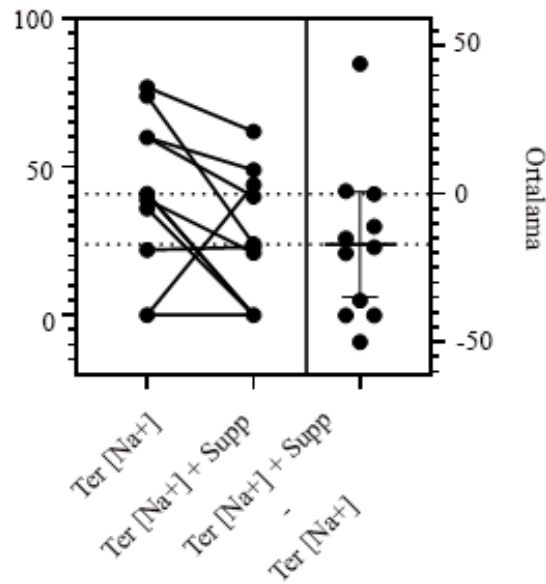


Şekil 4.11. Kadın deneklerin sodyum takviyesine karşılık olarak sırttan toplanan ter $[Na^+]$ konsantrasyonlarının kıyaslanması

Şekil 4.11. kadınların uyluktan toplanan ter örneklerinin konsantrasyon farklarının düzenli diyetteki ve sodyum takviyesi ile düzenli diyet arasındaki farkı göstermektedir. Yeşil gösterge takviye almadan önceki ter konsantrasyonlarını belirtirken, kırmızı gösterge takviye sonrası ölçümleri belirtmektedir.

Sonuçlar değerlendirildiğinde, grafiklerde negatif korelasyon görülmektedir. Sırttan toplanan ter sodyum konsantrasyonları ile sodyum tüketimi arasında anlamlı sonuç elde edilmemiştir ($p>0,05$).

Bu grafik aynı zamanda bireysel olarak incelenmelidir, çünkü toplam grafik negatif korelasyonu yansıtırken, bireysel değişimlerde farklar görülmektedir.



Şekil 4.12. Kadın deneklerin uyluk ter konsantrasyonlarının, sodyum takviyesi altında bireysel olarak incelenmesi

Şekil 4.12.'deki incelemeler, ter konsantrasyonlarının ortalaması ve bireysel değişim sonuçlarını göstermektedir.

Bu inceleme ile, kadın deneklerin ter konsantrasyonlarının toplam değeri negatif korelasyon gösterse de bireysel değişimlerinde sodyum tüketiminin belirleyici bir faktör olmadığını görmekteyiz. Bireysel değişimlerin sodyum takviyesi ile ilişkisi hakkında anlamlı bir sonuca ulaşılmamıştır ($p>0,05$).

Şekildeki deneklerin her biri, kendisinin takviye altındaki modülüne eşitleniyor. İncelemelere göre sodyum takviyesi sonrası deneklerin bir kısmının ter konsantrasyonları düşerken, bir kısmınınki yükselmiştir. Hatta bazı deneklerde takviye sonrası ter konsantrasyonlarında ciddi yükselişler gözlemlenirken bazılarında da tam tersi şekilde düşüşler görülmüştür.

Tablo 4.4. Erkeklerde Vücut Bölümlerine Göre Ter [Na⁺] Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması

	Düzenli Diyet		Düzenli Diyet + [Na ⁺]	
	İstatistik	p	İstatistik	p
Önkol – Uyluk	3.03	= 0.005	5.23	<.001
Önkol – Sırt	6.86	<.001	10.45	<.001
Uyluk – Sırt	3.82	<.001	5.23	<.001

Tablo 4.4'te vücudun farklı bölümlerinden toplanan ter [Na⁺] konsantrasyonlarının birbirileri ile karşılaştırılması görülmektedir. İstatistik değerin yüksek olması değişenler arasındaki farkın yüksek olduğunu belirtmektedir. İstatistik değerlerinde gözlemlenen yüksek değerler p değerlerindeki anlamlılığı sağlamıştır. Önkol ve uyluk, önkol ve sırt, uyluk ve sırt arasındaki ter konsantrasyonları arasında anlamlı sonuçlar elde edilmiştir.

Aynı zamanda bu tabloda, değerler sodyum takviyesi olmayan ve sodyum takviyesi olan diyet türüne göre ikiye ayrılmıştır. Sodyum takviyesi verilmeden önceki ölçümler, vücut bölümlerindeki ter [Na⁺] konsantrasyonu açısından anlamlılık taşıırken, sodyum takviyesi sonrası sonuç değişmemiş, istatistiksel olarak anlamlılık bozulmamıştır.

Tablo 4.5. Kadınlarda Vücut Bölümlerine Göre Ter [Na⁺] Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması

	Düzenli Diyet		Düzenli Diyet + [Na ⁺]	
	İstatistik	p	İstatistik	p
Önkol – Uyluk	0.454	>0.05	0.000	>0.05
Önkol – Sırt	1.135	>0.05	0.325	>0.05
Uyluk – Sırt	1.589	>0.05	0.325	>0.05

Tablo 4.5’de kadınlarda vücudun farklı bölümlerinden toplanan ter $[Na^+]$ konsantrasyonlarının birbirileri ile karşılaştırılması görülmektedir. Vücudun farklı bölümlerinin ter $[Na^+]$ konsantrasyonları genel olarak farklı olsa da kadınlarda, önkol ve uyluk, önkol ve sırt, uyluk ve sırt arasındaki ter konsantrasyonları arasında anlamlı sonuçlar elde edilmemiştir.

Aynı zamanda tabloda görüldüğü gibi, bu değerler sodyum takviyesi olmayan ve sodyum takviyesi olan diyet türüne göre ikiye ayrılmıştır. Sodyum takviyesi verilmeden önceki ölçümler, vücut bölümlerindeki ter $[Na^+]$ konsantrasyonu açısından, sodyum takviyesi sonrası sonucu değiştirmemiştir.

Tablo 4.6. ve Tablo 4.7.’de deneklerden deney önce ve sonrasında toplanan idrarlarının osmolalite miktarları belirtilmiştir. Tablo 4.6.’da düzenli diyet sonrası yapılan kontrol deneyi verileri bulunmaktayken, Tablo 4.7.’de düzenli diyetle eklenen sodyum takviyesi sonrası yapılan deneyin verileri gösterilmektedir.

Tablo 4.6. Düzenli Diyet Sonrası Yapılan Deneyde Toplanan İdrarların Kıyaslanması

	Düzenli Diyetle Deney Öncesi Toplanan İdrar Osmolalitesi (mOsmol/kg)	Düzenli Diyetle Deney Sonrası Toplanan İdrar Osmolalitesi (mOsmol/kg)
Erkek	521	420
Kadın	431	534

Tablo 4.7. Düzenli Diyet + $[Na^+]$ Takviyesi Sonrası Yapılan Deneyde Toplanan İdrarların Kıyaslanması

	Düzenli Diyet + $[Na^+]$ Takviyesi ile Deney Öncesi Toplanan İdrar Osmolalitesi (mOsmol/kg)	Düzenli Diyet + $[Na^+]$ Takviyesi ile Deney Sonrası Toplanan İdrar Osmolalitesi (mOsmol/kg)
Erkek	477	527
Kadın	366	470

Tablo 4.8. Erkek İdrar Osmolalite T-Test Sonuçları

		İstatistik	p
Kontrol (Önce) – İdrar Osmolalitesi	Kontrol (Sonra) – İdrar Osmolalitesi	2.055	>0.05
Müdahale (Önce) – İdrar Osmolalitesi	Müdahale (Sonra) – İdrar Osmolalitesi	-0.482	>0.05
Kontrol Vücut Kütle Değişimi (%)	Müdahale Vücut Kütle Değişimi (%)	-0.221	>0.05

Tablo 4.8.’de ise erkek deneklerin egzersiz öncesi ve sonrası toplanan idrarlarının osmolaliteleri arasındaki fark karşılaştırılmıştır. Deneklerin sodyum takviyesi olmadan ve takviye sonrası idrar osmolaliteleri incelenmiştir. Bir günlük

sodyum takviyesinin idrar ozmolalitesine olan etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ortaya çıkmıştır.

Aynı zamanda bu tablo kontrol deneyinde ve müdahale sonrası deneyde kaybedilen toplam kütlenin sodyum takviyesi ile ilişkisini de göstermektedir. Sodyum takviyesi ile yapılan müdahale sonrası kaybedilen kütle miktarı hakkında istatistiksel olarak anlamlı sonuç elde edilmemiştir.

Tablo 4.9. Kadın İdrar Ozmolalite T-Test Sonuçları

		İstatistik	p
Kontrol – Pre İdrar Ozmolalitesi	Kontrol – Post İdrar Osmolalitesi	-1.55	>0.05
Müdahale Pre – İdrar Ozmolalitesi	Müdahale Post – İdrar Ozmolalitesi	-3.03	>0.05
Kontrol Vücut Kütle Değişimi (%)	Müdahale Vücut Kütle Değişimi (%)	2.06	>0.05

Tablo 4.9.'da kadın deneklerin egzersiz öncesi ve sonrası toplanan idrarlarının ozmolaliteleri karşılaştırılmıştır. Deneklerin sodyum takviyesi olmadan ve takviye sonrası idrar ozmolaliteleri incelenmiştir. Bir günlük sodyum takviyesinin idrar ozmolalitesine olan etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ortaya çıkmıştır.

Aynı zamanda bu tablo kontrol deneyinde ve müdahale sonrası deneyde kaybedilen toplam kütlenin sodyum takviyesi ile ilişkisini de göstermektedir. Sodyum takviyesi ile yapılan müdahale sonrası kaybedilen kütle miktarı hakkında istatistiksel olarak anlamlı sonuç elde edilmemiştir.

5. TARTIŞMA

Dayanıklılık egzersizi esnasında, homeostatik termoregülatör sistemimiz vücudun soğuma sistemini aktive etmek için terlemeyi uyarır. Ter kompozisyonu $[Na^+]$ elektrolitini içerir. Ter konsantrasyonunun normal aralığı 12 – 105 mmol/L aralığındadır (Cheuvront vd., 2007). Günümüz sporcu beslenme kurallarına göre, egzersiz esnasında kaybedilen sodyumun yerine geri konması hayati önem taşır. Fakat yerine geri konması üzerine kesin spesifik bir tavsiye, uyulması gereken kurallar bütünlüğü bulunmamaktadır (Baker vd., 2016). Bu sebeple sporcu beslenmesi ile ilgilenen araştırmacıların gözünde, egzersiz esnasında kaybedilen sodyumun toplanması, işlenmesi, analiz edilmesi ve hakkında karara varılabilmesi çok önemlidir. Sodyumun yerine konulmasının belirlenmesindeki temel amaç, müsabaka veya antrenman zamanları gibi tekrarlı vücut yorgunluğu yarattığımız durumlarda, sodyumun eksikliğinin düzeltilmesi ile ilgili stratejileri doğru belirlemektir. Bu sebeple, bu inancıya göre, eğer kaybedilen sodyumun yerine geri konulması hakkında yararlı bilgilere sahip olunabilirse, diyetisyenler, antrenörler vb. destekleyici ekiplerin sporculara sunacakları yararlar gelişecek, sporcunun sağlığı ve performansı olumlu yönde etkilenecektir (McCubbin ve Da Costa, 2018).

Fakat ter $[Na^+]$ konsantrasyonunu etkileyen birçok faktör vardır, bu sebeple bu konu hakkında yapılan çalışmalarda tüm faktörlerin ayrı ayrı analiz edilmesi gerektiği unutulmamalıdır. Ter bezleri tarafından üretilen ilk öncü teri bileşim olarak plazmaya benzer. Bu nedenle vücudun o anlık sıvı dengesi öncül teri ve ardından atılacak olan terin bileşimini etkileyecektir. Deney esnasında ilk öncül terin olabildiğince eşit ve kontrollü şartlarda toplanması ve analiz edilmesi gerektiğini göz önünde bulundurmalıyız (Morgan vd., 2004).

Bu araştırmanın denek grubunu 18-24 yaş aralığında farklı spor branşlarında 20 erkek ve 10 kadın elit sporcu oluşturdu. Deneklerin, 1 günlük 2 gr sodyum takviyesinin verilerek dayanıklılık egzersizi sonrası %2 vücut kütlesi kaybı ardından, ter konsantrasyonlarının $[Na^+]$ değerleri ölçüldü. Aynı zamanda performans öncesi ve sonrası idrarları toplanarak ozmolaliteleri hesaplandı. Bu deney ile, deneklerin hidrate durumunda eşit şartlar yaratıldıktan sonra, sodyum takviyesinin ter $[Na^+]$ konsantrasyonuna olan etkisinin ve aralarındaki ilişkilerin incelenmesi amaçlandı.

Yapılan bir çalışmaya göre, egzersize bağlı %2'lik bir vücut kütlesi kaybının (ki

bu durum dehidrasyon olarak adlandırılır) ardından ölçülen ter $[Na^+]$ konsantrasyonu ile tam sıvı replasmanı yapıldıktan sonraki ter $[Na^+]$ konsantrasyonu arasında fark vardır, dehidrasyon halinde ter daha çok $[Na^+]$ içermektedir. Kıyaslamanın sonuçları, dehidrasyon halinde 91 mmol/L olan ter $[Na^+]$ konsantrasyonu sıvı replasmanı sonunda 81 mmol/L ölçülmüştür (Morgan vd., 2004).

Bizim çalışmamızda, deneklerin her biri dehidrasyon tanımına uyumlu olması gerekecek şekilde dayanıklılık egzersizine tabi tutuldular. Deneklerin her biri vücut kütlelerinde %2'lik kayıp yaşayana kadar dayanıklılık egzersizine devam etti. Fakat bazı deneklerde %2'lik düşüşün sağlanması daha kolayken bazılarında daha zor oldu. Bunun sebebi, her deneğin performans gücünün aynı olmaması ile birlikte, pandemi şartları gereği odanın her 3 saatte bir havalandırılması gerekliliği idi. Oda sıcaklığının 24 °C olmasını istediğimiz deneyimizde, deney ortamının sıcaklığının istenenden aza düştüğü gözlemlendi. Bu sebeple bu şartlar altında izlenen deneklerin normal şartlar altında çalışanlara nispeten daha uzun süre bisiklet kullanmaları gerekti.

Çalışma ile, deneklere deney öncesi idrarları toplandıktan sonra yapııştırılan ter bantlarının incelenmesi sonucunda, çeşitli sonuçlar elde edildi. Erkek deneklerin önkollarından toplanan ter bantları, diyetle artan $[Na^+]$ tüketiminin terdeki $[Na^+]$ konsantrasyonunu artırdığını, aralarında pozitif korelasyon bir ilişki olduğunu gösterdi. Şekil 4.1. ile müdahale öncesi, sodyum tüketimindeki artışın terdeki sodyumu artırdığına dair anlamlı bir sonuç elde edildi ($p < 0,05$, $p = 0.0404$). Buna karşılık, erkek uyluğundan ve sırtından müdahale öncesi ve sonrası toplanan ter bantlarının incelemesi sonucunda, grafiklerde pozitif korelasyon gözlemlense de anlamlı bir sonuca rastlanmadı. Şekil 4.3. ve Şekil 4.5'te görüldüğü üzere erkek deneklerde, sodyum takviyesi verilmeden önce, diyet sodyum tüketimi ve ter sodyumu arasında pozitif korelasyon görülmektedir. Fakat buna rağmen, müdahale sonrası, diyet sodyumu 5 gramın üstünde gözlemlendiğinde sodyum değerleri dağınık sonuçlar vermiştir. Bu sebeple, bireylerin müdahale öncesi ve sonrası değerlerinin birebir kıyaslanması gerektiği ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Şekil 4.2, Şekil 4.4 ve Şekil 4.6. incelendiğinde, her bir deneği tek başına incelediğimizde, farklı lokasyonlarından toplanan ter bantlarındaki ter sodyum konsantrasyonlarında, diyet sodyum tüketimi arttığında karışık sonuçlar gözlemlenmektedir. Bazı deneklerin ter sodyum oranlarının, günlük 2 gr sodyum takviyesi sonrası azalırken bazı deneklerde bu değer in düştüğünü görmekteyiz. Bu sonuç, son yıllarda yapılan dayanıklılık sporunda sodyum

replasmanı ve tüketimi ile ilgili literatür taramalarına paralel sonuç vermektedir.

Sporcu beslenmesinde, tuz tüketimi hakkındaki temel algı, fazla $[Na^+]$ tüketiminin terdeki $[Na^+]$ konsantrasyonunu artıracak yönündedir. Fakat son zamanlarda yapılan çalışmalarda sonuçlar çeşitli şekillerde olabilmektedir. Örneğin, McCubbin ve Costa'nın (McCubbin ve Da Costa, 2018) yaptığı 6 dayanıklılık egzersizi çalışmasının sistematik derlemesine göre, diyetle $[Na^+]$ tüketimi ile ter konsantrasyonlarının miktarı arasında hiçbir ilişki yoktur. Bununla birlikte, geçmiş yıllarda yapılan bir çalışmaya göre (Costa vd., 1969), diyet $[Na^+]$ tüketimi tüm vücudun terleme metabolizmasını değiştirebilir ve bu konsantrasyon farklarından gözlemlenebilir. Bu çalışmada, dayanıklılık sporcuları 6 hafta deneye tabi tutulmuştur, 3 hafta günlük 3.4 gr Na/gün tükettikten sonraki diğer 3 hafta günlük 5.6 gr Na/gün tüketerek diyetlerinde 2.2 gr/gün fark yaratılmıştır. Dünya Sağlık Örgütü'nün günlük $[Na^+]$ tüketiminin ortalama 2gr/gün olduğu düşünülürse (WHO, 2020), bu deney bir insana önerilen bir günlük tüketim kadar daha diyetlerine ekleme yapmayı hedeflemiştir. Deneyin sonucunda deneklerde 6 haftanın sonunda, ter $[Na^+]$ konsantrasyonlarında 4 mmol/L farkla artış görülmüştür. Öte yandan, Hargreaves ve arkadaşları (Hargreaves vd., 1989), daha kısıtlı zamanda ve toplamda daha düşük $[Na^+]$ takviyesi ile daha büyük ter $[Na^+]$ konsantrasyon farkları elde etmiştir. Bu çalışmada, dayanıklılık sporcuları 2 hafta deneye tabi tutulmuştur ve ilk hafta 1.15 gr Na/gün alırken 2. Hafta 3.45 gr Na/gün tüketimi ile 2.3 gr/gün fark yaratılmıştır. Deney sonucuna göre, deneklerin tüm vücut ter konsantrasyonlarında 12 mmol/L fark tespit edilmiştir. Bu karmaşık ve çelişkili sonuçlar, McCubbin ve Costa'nın derlemesindeki sonuçlarla paralel sonuç vermeyerek, araştırmacılara bu konuda hakkında daha yeni teknolojilerle daha fazla çalışma yapılması gerektiğini gösteriyor.

Erkek deneklerden toplanan beslenme günlüklerinde, özellikle rugby oyuncularının günlük hayatta yüksek sodyum tükettikleri ortaya çıktı. Günlük antrenman yüklerinin ağırlığı ve kısıtlı zamanlarının oluşundan dolayı fast food beslenmeye daha çok yönlendikleri rapor edildi. Çok sık tüketilen fast food tüketiminden alınan ekstra sodyum nedeniyle rugby oyuncuları için, verilen 2 gr takviyenin çok ciddi bir fark yaratmayacak oluşu fikri ortaya çıktı. Daha önce Amerikan tipi beslenmeye yönelik yapılan çalışmaların sıklığını dikkate alarak yapılan bir başka çalışmada (Konikoff vd., 1986), çok yüksek miktarda tüketilen sodyumun etkilerini araştırmak istenmiştir. Bu çalışmada, 5 crossover erkek sporcu, 6 günlük

deneye tabi tutulmuştur. 3 gün normal günlük diyetlerini takip eden sporculardan 2 saatlik dayanıklılık egzersizi yapmaları istenmiş ve ter $[Na^+]$ konsantrasyonları toplanmıştır. Sonraki 3 gün ise günlük diyetlerine artı olarak 10.2 gr/gün NaCl tableti verilerek aynı deneyin tekrarlanması istenmiştir ve ter $[Na^+]$ konsantrasyonları analiz edilerek kıyaslanmıştır. Çalışmanın sonucuna göre, müdahale öncesi ter konsantrasyonlarında 31 mmol/L $[Na^+]$ elde edilirken, takviye sonrası 26 mmol/L $[Na^+]$ gözlemlenmiştir. Fakat bu çalışma, takviye sonrası meydana gelen gerçekçi olmayan sodyum tüketimini vurgulayarak çok yüksek miktarda fast food tüketimi ile eşdeğer olduğunu da söylemektedir. Aynı zamanda 3 günlük takviyenin vücut termoregülatör sistemlerce yeterli bir süre olup olmadığı da tartışılmaktadır.

Bu konu ile ilgili bir başka çalışma ise, benzer yıllarda Armstrong ve arkadaşları tarafından (Armstrong, Costill, vd., 1985), yüksek ve düşük dozda sodyum tüketiminin farklarını anlamak için yapılmıştır. 9 crossover erkek sporcu, 8 günlük değişen sodyum takviyeleri ardından 1.5 saat dayanıklılık egzersizi yapmış, daha sonra ter örnekleri incelenmiştir. İlk 8 gün 2.3 gr/gün tüketim yaptıktan sonraki 8 gün tüketilen sodyum miktarları 9.2 gr/gün şeklinde artırılmıştır. Sonuçlara göre günlük diyetin 2.3 gr/gün şeklinde kısıtlanmasından dolayı başta ter $[Na^+]$ konsantrasyonları 45 mmol/L'den 26 mmol/L'ye düşerken, sonraki 8 günlük süreçte 56mmol/L'ye yükselmiştir. Bu takviyelerin de, bir önceki örnek gibi Amerikan tipi beslenmeye örnek olduğu, normal diyete göre çok yüksek düzeyde sodyum tüketimi olduğu vurgulanmaktadır. Son iki örnek, bizim çalışmamız ile kıyaslandığında, bizim çalışmamız için ortaya çıkan limitasyonlardan biri olan, sodyum takviyesi uygulanan günün sayısı hakkında önemli noktalara değinmektedir. Ayrıca ilk örnekte, müdahale edilen gün 3 gün olmasına rağmen, sodyum değerlerinde düşüş gözlemlendiği de göz önünde bulundurulmalıdır.

Çalışmamızda uygulanan bir günlük sodyum takviyesi ile ilgili olarak bu konunun son yıllardaki öncüsü Baker LB, sodyum takviyesinin miktarının ve uygulandığı gün sayısının ter $[Na^+]$ konsantrasyonu üzerinde en az ortamın sıcaklığı kadar önemli olduğunu vurgulamıştır (Baker, 2017). Bu alandaki ilk çalışmalar, İkinci Dünya Savaşı'ndan hemen önce ve sonra yayınlanmıştır. Genel olarak bu çalışmalar, sodyum alımı büyük ölçüde kısıtlandığında terde $[Na^+]$ konsantrasyonlarında çok büyük ölçüde azalma olduğu yönünde sonuçlar göstermiştir (McCance, 1938). Fakat bu çalışmaların çoğu, hareketsiz ve antrenmansız popülasyonlarda tasarlanmıştır. Ayrıca sodyum açığı yaratmak adına ciddi miktarda düşürülen sodyum miktarları ciddi

miktarlarda yükseltilmiştir. Bu sebeple diyetle çok düşük $[Na^+]$ tüketimi, genellikle antrenman veya yarışma sırasında bir sporcudan beklenenden çok daha düşük yoğunluklarda ölçülmüştür. Sedanter bireylerden veya ısı altında olmayan kısa süreli egzersizler şeklinde tasarlanan araştırmalarda, ter oranı ve ter $[Na^+]$ düşük olacağı göz önüne alındığında, araştırma modellerinin tekrar düzenlenmesi gerektiği fikri ortaya çıkmıştır. Ayrıca tek bir egzersiz sırasında ortaya çıkan sodyum kısıtlamasının pratikte meydana gelmesi pek olası değildir. Çünkü bu denli sodyum kısıtlaması ve takviyesi sporcuların günlük hayatlarında müsabaka zamanlarında beklediğimiz bir durum değildir. Ek olarak, aktif bireyler ve sporcular arasında ciddi sodyum kısıtlamalarının da pratikte meydana gelmesi pek olası değildir. Bu nedenle, bu erken bulguların günümüz sporcuları ile ne kadar alakalı olduğu belirsizdir (McCubbin ve Da Costa, 2018). Bizim çalışmamız için model alınması gereken sodyum takviyesi miktarı ve uygulanması gereken gün sayısı ile ilgili kesin bir çalışma tasarımı günümüzde bulunmamaktadır ve bu konu ile ilgili ileriye dönük çalışmalara ihtiyaç vardır.

Kadınların ölçümlerine bakıldığında, lokasyon fark etmeksizin, ter sodyum konsantrasyonları ile diyet sodyumu arasında anlamlı bir veriye rastlanmadı. Aynı erkek deneklerde gözlemlendiği gibi, müdahale öncesi ve sonrası kadın deneklerin sodyum oranları kıyaslandığında, bazı deneklerin sodyum takviyesi sonrası ter $[Na^+]$ konsantrasyon miktarları artarken bazılarının düştüğü gözlemlendi. Erkek deneklerden farklı olarak, kadın deneklerde müdahale öncesinde ve sonrasında diyet sodyum tüketim oranıyla ter sodyum konsantrasyonu arasında negatif korelasyon görüldü. Bir deneğin, müdahale öncesi ve sonrası hiç terlemediği gözlemlendi, bu deneğin günlük beslenme düzeninin vegan beslenme olduğu rapor edildi. Vegan beslenmenin bu konudaki rolü ileriye dönük bir çalışma konusu olarak not edildi. Vegan beslenme tarzının ve hayvansal besinlerin terlemeye olan etkilerinin incelenebileceğine dair çalışmalar için fikir elde edildi.

Kadın denek sayısının erkek denek sayısından düşük olması, kadın denek grubunun erkeklere nazaran daha kısıtlı sonuç vermesine sebep olmuştur. Fakat literatürde de çalışmamıza benzer şekilde, ter analizi ile ilgili kadınlarla yapılan çalışmalar erkeklerle yapılan çalışmalara göre daha düşüktür. Bu konuda, literatürde bir boşluk bulunmakla beraber, ileriye dönük çalışmalara ihtiyaç vardır.

Dehidrasyon durumunun cinsiyet fark etmeksizin, egzersiz esnasındaki termoregülasyon için olumsuz bir durum oluşturduğunu bilsek de, kadın ve erkeklerde

dehidrasyonun etkilerinin farkları ile ilgili kesin bir bilgi yoktur. Kadınlarda menstrüel döngü göz önüne alındığında, dehidrasyonun etkilerinin daha farklı olması beklenmektedir. Bununla ilgili Giersch ve arkadaşlarının son zamanda yaptıkları bir çalışmaya göre (Giersch vd., 2021), yaşları 18-22 aralığında olan, 12 sporcu erkek ve 7 sporcu kadından oluşan denek grubu ile, menstrüel döngünün ve cinsiyet farklılığının termoregülatör tepkiler açısından farklılıkları incelenmiştir. Sporcuların iki gün deneye gelmeleri istendi. Kadınların ilk günlerinin, foliküler fazlarının son evresinde (10-13. günlerinde), 2. Deney günlerinin ise luteal fazlarının ortasında (18-22. günlerinde) olması istendi. Her bir deneme, aralarında ve sonrasında 15 dakikalık dinlenme ile ayrılan iki 30 dakikalık egzersiz bloğuna (11 W/kg'da 15 dakika ve 7 W/kg'da 15 dakika) bölünmüş şekilde 1,5 saatten oluşuyordu. Çalışmanın sonunda, cinsiyet farklılığın dehidrasyonu farklı bir şekilde etkilemediği ortaya çıkarıldı. Fakat yine aynı çalışma, kadınların ısı stressi altında yapılan egzersizin erken evrelerinde dehidrasyonun olumsuz termoregülatuar etkilerine karşı daha duyarlı olabileceğini düşündürmektedir.

Bu çalışma rızaya dayalı bir çalışma olduğundan, deneklerin hepsinden menstrüel döngü düzenleri hakkında rapor toplanamaması sebebi ile menstrüel döngünün etkileri ve ter $[Na^+]$ konsantrasyonuna etkileri bu çalışma kapsamında değildir. Çalışma limitasyonlarından biri olarak, etkileri incelenecek olmasa bile en azından kadınların aynı faz döneminde deneye tabi tutulacak şekilde tasarlanan bir çalışmanın daha yararlı olacağı fikri edinildi. Gelecek çalışmalar için dipnot olarak, kadın deneklerle tasarlanan sodyum takviyesi deneylerinde, kadın deneklerin sodyum takviyesi olmadan ve sodyum takviyesi olduktan sonra ölçülecek deney günlerinin, bir sonraki ay, ayın aynı gününde yapılması tavsiye edilmektedir.

Çalışmamızda, ter konsantrasyonlarının vücut lokasyonlarına göre farklılıkları da değerlendirildi. Tablo 4.4.'te görüldüğü gibi erkeklerin vücut lokasyonları arasındaki ter oranları arasında anlamlı sonuçlar elde edildi. Önkol, uyluk ve sırttan toplanan ter oranları ortalaması sırası ile 36, 45 ve 56 mmol/L idi. Bu sonuç, Patterson ve arkadaşlarının (Patterson vd., 2000) çalışması ile paralel veriler taşımaktadır. Bu çalışmada, 10 erkek sporcunun %50 nemli bir ortamda, 20 °C altında, %45 yoğunlukla 90 dakika aerobik spor yapmaları sonunda vücutlarındaki tüm terin ölçülmesi ile vücut sıvı içerikleri ile birlikte, vücut lokasyonlarına göre ter oranları kıyaslanmıştır. Çalışma aynı zamanda gelecek ter analizi çalışmalarında ter toplanabilmesi en kolay

lokasyonlara da atıfta bulunmuştur. Bu lokasyonlar, önkol, uyluk, sırt ve ekstra olarak el ve alın bölgesi olmakla birlikte bizim çalışmamızla da paralel sonuçlar elde etmiştir.

Fakat kadınların lokasyon ölçümlerinde, Tablo 4.5.'te görüldüğü gibi erkeklerdeki gibi anlamlı sonuçlar elde edilmemiştir. Bunun sebebinin, kadın denek sayısının erkeklerden daha düşük olması düşünülmektedir. Düşük sayıda denek grubundaki istisnalar, ölçümleri etkilediğinden, bu çalışma tasarımının daha geniş bir kitle ile tekrarlanması önerilmektedir.

Sporcuların hidrasyon durumlarının analizi düşünüldüğünde, altın standart, idrar örneklerinin serum/plazma ozmolalitesinin ölçülmesidir. Fakat bu tekniğin kullanılabilirliği sorgulanmaktadır. Çünkü bu methodun bir dezavantajı olarak, kullanılan ekipmanlar ve monitörünün sağlanması sporcular açısından hayli zordur. Orysiak ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada (Orysiak vd., 2022), farklı çevresel koşullarda sporcuların hidrasyon durumunu tayin etmeye çalışmaktadır, fakat altın standart olup da uygulanabilirliği kolay olan bir sistemin hala olmadığını belirtmektedir. Bizim çalışmamızda da, tüm deneklerin idrar osmolaliteleri incelendiğinde, bir takım limitasyonlar karşımıza çıkmaktadır. Çünkü idrar ile hidrasyon durumunu tayin etmede en güvenilir yolun 24 saatlik idrar analizinin ortalaması ile hesaplandığı bilinse de, Shirreffs ve arkadaşları (Shirreffs ve Maughan, 1998), sabahları uyandıktan sonra kahvaltı etmeden önce toplanılan idrar analizinin de 24 saatlik idrar toplamalarına en yakın sonucu verdiğini, ve en hızlı yöntem olduğunu kanıtlamıştır. Bizim deneyimizde, deneklerle yapılan deney saatleri, deneklerin günlük hayatına uygun şekilde dizayn edildiği için, hidrasyon durumlarını tayin etmek için en güvenilir kaynak olmadığı rapor edilmelidir. Tablo 4.8. ve Tablo 4.9. sırasıyla erkeklerde ve kadınlardaki müdahale öncesi ve sonrası idrar ozmolalitesi için anlamlı sonuçlar elde edilmemiştir. Bir sonraki çalışmalar için, deneklerin idrar analizinde müdahale öncesi ve sonrasını daha iyi yansıtacak bir yöntem seçmeleri tavsiye edilmektedir.

Yine aynı tablolarda, diyet sodyum miktarı ile 90 dakikalık dayanıklılık egzersizi sonunda kaybedilen vücut kütlesi kıyaslanmıştır. Tablo 4.8. ve Tablo 4.9.'ün son satırında görüldüğü üzere, sodyum takviyesi ile kaybedilen kilo arasındaki ilişkide anlamlı bir sonuca rastlanılmamıştır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dayanıklılık egzersizi esnasında, ısı stressi ile birlikte ter $[Na^+]$ konsantrasyonunu incelediğimiz bu çalışmada diyet sodyum takviyesinin etkileri araştırıldı. Çalışmanın sonucunda:

Erkek deneklerde, vücudun farklı lokasyonlarından toplanan ter örneklerinin miktarlarının birbirinden farklı olduğuna dair anlamlı sonuçlar elde edildi. Bu sonuçlar literatürdeki diğer çalışmalarla benzerlik göstermektedir.

Kadınlarda ise, farklı lokasyonlar arasındaki farklı oranlardaki terleme ile ilgili anlamlı bir bulguya rastlanmadı. Çalışmanın daha büyük örneklem grubuyla tekrar edilmesi önerilmektedir.

Erkek deneklerin önkollarından toplanan ter bantları, diyetle artan $[Na^+]$ tüketiminin terdeki $[Na^+]$ konsantrasyonunu artırdığını, aralarında pozitif korelasyon bir ilişki olduğunu gösterdi. Şekil 4.1. ile müdahale öncesi, sodyum tüketimindeki artışın terdeki sodyumu artırdığına dair anlamlı bir sonuç elde edildi ($p<0.005$).

Yine erkek deneklerde uyluk ve sırtlarından toplanan ter örneklerinde ise, diyet $[Na^+]$ takviyesi ile ter $[Na^+]$ konsantrasyonu arasında pozitif korelasyon tespit edilse de anlamlı bir sonuca rastlanmadı.

Kadın deneklerde, önkol, uyluk ve sırttan toplanan ter örneklerinin sonucunda, diyet $[Na^+]$ takviyesi ile ter $[Na^+]$ konsantrasyonu arasındaki ilişki negatif korelasyon olarak kendini gösterirken, çalışmanın bir limitasyonu olarak kısıtlı sayıdaki denek sayısının, buna sebep olabileceği rapor edildi. İleriye dönük daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulduğu tespit edildi.

Kadınlarda ve erkeklerde sodyum takviyesinin, dehidrasyonla kaybedilen kilo miktarını etkilemediği tespit edildi. Müdahale sonrası egzersiz esnasında dehidrasyon sebebiyle beklenen kilo kaybı ile sodyum takviyesinin ilişkisi arasında anlamlı bir sonuç bulunmadı.

Kadın ve erkeklerin idrar osmolalitelerinin diyet sodyum takviyesi ile ilişkisinde anlamlı sonuçlar elde edilmemiştir. Fakat bu çalışmanın bir limitasyonu olan idrar analiz methodunun daha güvenilir bir methodla ileride tekrar edilmesi önerilmektedir. Bir sonraki çalışmalar için, deneklerin idrar analizinde müdahale öncesi ve sonrasını daha iyi yansıtacak bir yöntem seçmeleri tavsiye edilmektedir, sonuçlarına ulaşıldı.

Aynı zamanda bu çalışmanın bir diğer limitasyonu ise, çalışma kapsamında deneklerden [Cl] ve [K] değerlerinin bulunmuyor olmasıdır. Egzersiz esnasında elektrolit değerlendirmesi yaparken onların da çalışmaya dahil edilmesi tavsiye edilmektedir.

Bir başka öneri olarak sonraki çalışmalar için; ter, cinsiyet ve vücut karşılaştırması yaparken bir antropometrik ölçüm yöntemi olan, deri kıvrım kalınlığı baz alınarak yapılan vücut analiz yöntemi, diğer adıyla skinfold ölçümlerinin de veriler arasına katılması önerilmektedir. Kadınların ve erkeklerin vücut yağ oranlarının farklı olduğu düşünüldüğünde, çalışmalardaki verileri okumakta fayda sağlayacağı öngörülmektedir.

Bir başka öneri ise, kadınlarla yapılacak çalışma tasarımı hakkında olup, olası çalışmanın aylık tekrar edilmesinin ve menstrüal döngülerinin aynı zamanında yapılmasının daha yararlı olacağı önerilmektedir.

Son olarak, literatürde yapılan çalışmalar, uzun soluklu soluklu sodyum takviyesinin ter [Na⁺] konsantrasyonunu etkileyebileceğini de vurgulamaktadır. Bizim çalışmamızda egzersizden sadece bir gün önce verilen takviyeyi araştırıldığında ileride daha uzun dönem takviye sonrası ter elektrolitlerinin incelenmesi tavsiye edilmektedir.

KAYNAKLAR

- Adan, A. (2012). Cognitive Performance and Dehydration. *Journal of the American College of Nutrition*, 31(2), 71–78.
- Adrogué, H. J., & Madias, N. E. (2000). Hyponatremia. *New England Journal of Medicine*, 342(20), 1493–1499.
- Akerman, A. P., Tipton, M., Minson, C. T., & Cotter, J. D. (2016). Heat stress and dehydration in adapting for performance: Good, bad, both, or neither? *Temperature*, 3(3), 412–436.
- Alfano, F. R. D. A., Olesen, B. W., Palella, B. I., & Riccio, G. (2014). Thermal comfort: Design and assessment for energy saving. *Energy and Buildings*, 81, 326–336.
- Antunes-Rodrigues, J., de Castro, M., Elias, L. L. K., Valença, M. M., & McCann, S. M. (2004). Neuroendocrine control of body fluid metabolism. *Physiological Reviews*, 84(1), 169–208.
- Armstrong, L. E. (2005). Hydration Assessment Techniques. *Nutrition Reviews*, 63, S40–S54.
- Armstrong, L. E., Casa, D. J., Millard-Stafford, M., Moran, D. S., Pyne, S. W., & Roberts, W. O. (2007). Exertional Heat Illness during Training and Competition. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(3), 556–572.
- Armstrong, L. E., Costill, D. L., Fink, W. J., Bassett, D., Hargreaves, M., Nishibata, I., & King, D. S. (1985). Effects of dietary sodium on body and muscle potassium content during heat acclimation. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 54(4), 391–397.
- Armstrong, L. E., Curtis, W. C., Hubbard, R. W., Francesconi, R. P., Moore, R., & Askew, E. W. (1993). Symptomatic hyponatremia during prolonged exercise in heat. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25(5), 543–549.
- Armstrong, L. E., Hubbard, R. W., Kraemer, W. J., DeLuca, J. P., & Christensen, E. L. (1986). Signs and Symptoms of Heat Exhaustion During Strenuous Heat Acclimation Exercise. *ARMY RESEARCH INST OF ENVIRONMENTAL MEDICINE NATICK MA*.
- Armstrong, L. E., Hubbard, R. W., Szlyk, P. C., Matthew, W. T., & Sils, I. V. (1985). Voluntary dehydration and electrolyte losses during prolonged exercise in the heat. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 56(8), 765–770.
- Artioli, G. G., Gualano, B., Franchini, E., Scagliusi, F. B., Takesian, M., Fuchs, M., & Lancha, A. H. (2010). Prevalence, magnitude, and methods of rapid weight loss among judo competitors. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(3), 436–442.
- Asplund, C. A., O'Connor, F. G., & Noakes, T. D. (2011). Exercise-associated collapse: an evidence-based review and primer for clinicians. *British Journal of Sports Medicine*, 45(14), 1157–1162.
- Baker, F. C., Waner, J. I., Vieira, E. F., Taylor, S. R., Driver, H. S., & Mitchell, D. (2001). Sleep and 24 hour body temperatures: a comparison in young men, naturally cycling women and women taking hormonal contraceptives. *The Journal of Physiology*, 530(3), 565–574.

- Baker, L. B. (2017). Sweating Rate and Sweat Sodium Concentration in Athletes: A Review of Methodology and Intra/Interindividual Variability. *Sports Medicine*, 47(S1), 111–128.
- Baker, L. B. (2019). Physiology of sweat gland function: The roles of sweating and sweat composition in human health. *Temperature*, 6(3), 211–259.
- Baker, L. B., Barnes, K. A., Anderson, M. L., Passe, D. H., & Stofan, J. R. (2016). Normative data for regional sweat sodium concentration and whole-body sweating rate in athletes. *Journal of Sports Sciences*, 34(4), 358–368.
- Baron, S., Courbebaisse, M., Lepicard, E. M., & Friedlander, G. (2015). Assessment of hydration status in a large population. *British Journal of Nutrition*, 113(1), 147–158.
- Beaudin, A. E., Clegg, M. E., Walsh, M. L., & White, M. D. (2009). Adaptation of exercise ventilation during an actively-induced hyperthermia following passive heat acclimation. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 297(3), R605–R614.
- Best, S., Thompson, M., Caillaud, C., Holvik, L., Fatseas, G., & Tammam, A. (2014). Exercise-heat acclimation in young and older trained cyclists. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 17(6), 677–682.
- Blatteis, C. M. (2012). Age-Dependent Changes in Temperature Regulation – A Mini Review. *Gerontology*, 58(4), 289–295.
- Brewster, S. J., O'Connor, F. G., & Lillegard, W. A. (1995). Exercise-Induced Heat Injury. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*, 3(4), 260–266.
- Buono, M., Kolding, M., & Leslie, E. (2018). Heat acclimation causes a linear decrease in sweat sodium ion concentration. *Journal of Thermal Biology*, 71, 237–240.
- Burke, L. M. (2019). Hydration in sport and exercise. *Heat Stress in Sport and Exercise*, Springer, Cham, 113–137.
- Casa, D., Cheuvront, S., & Galloway, S. (2019). Fluid needs for training, competition, and recovery in track-and-field athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 29(2), 175–180.
- Cheuvront, S. N., Ely, B. R., Kenefick, R. W., & Sawka, M. N. (2010). Biological variation and diagnostic accuracy of dehydration assessment markers. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 92(3), 565–573.
- Cheuvront, S. N., Kenefick, R. W., Montain, S. J., & Sawka, M. N. (2010). Mechanisms of aerobic performance impairment with heat stress and dehydration. *Journal of Applied Physiology*, 109(6), 1989–1995.
- Cheuvront, S. N., Montain, S. J., & Sawka, M. N. (2007). Fluid Replacement and Performance During the Marathon. *Sports Medicine*, 37(4), 353–357.
- Cheuvront, S. N., & Sawka, M. N. (2006). Hydration assessment of athletes. *Chinese Journal Of Sports Medicine*, 25(2), 238.
- Convertino, V. A. (1987). Fluid shifts and hydration state: effects of long-term exercise. *Canadian Journal of Sport Sciences = Journal Canadien Des Sciences Du Sport*,

12(Suppl 1), 136S-139S.

- Costa, F., Calloway, D. H., & Margen, S. (1969). Regional and total body sweat composition of men fed controlled diets. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 22(1), 52–58.
- Courtney, J., Buchan, S., Cervený, R. S., Bessemoulin, P., Peterson, T. C., Rubiera Torres, J. M., & Rancourt, K. (2012). Documentation and verification of the world extreme wind gust record: 113.3 m s⁻¹ on Barrow Island, Australia, during passage of tropical cyclone Olivia. *Australian Meteorological and Oceanographic Journal*, 62(1), 1.
- Cramer, M. N., & Jay, O. (2016). Biophysical aspects of human thermoregulation during heat stress. *Autonomic Neuroscience*, 196, 3–13.
- Davis, K. (1994). Disorders of fluid balance: dehydration and hyponatremia. In *Principles of Geriatric Medicine and Gerontology*.
- Davis, S., Capjack, L., Kerr, N., & Fedosejevs, R. (1997). Clothing as protection from ultraviolet radiation: which fabric is most effective? *International Journal of Dermatology*, 36(5), 374–379.
- Deshayes, T. A., Jeker, D., & Goulet, E. D. B. (2020). Impact of Pre-exercise Hypohydration on Aerobic Exercise Performance, Peak Oxygen Consumption and Oxygen Consumption at Lactate Threshold: A Systematic Review with Meta-analysis. *Sports Medicine*, 50(3), 581–596.
- Di Domenico, I., Hoffmann, S. M., & Collins, P. K. (2022). The Role of Sports Clothing in Thermoregulation, Comfort, and Performance During Exercise in the Heat: A Narrative Review. *Sports Medicine - Open*, 8(1), 58.
- Di Sant'agnese, P. A., Darling, R. C., Perera, G. A., & Shea, E. (1953). Abnormal electrolyte composition of sweat in cystic fibrosis of the pancreas; clinical significance and relationship to the disease. *Pediatrics*, 12(5), 549–563.
- Epstein, Y., & Yanovich, R. (2019). Heatstroke. *New England Journal of Medicine*, 380(25), 2449–2459.
- Eren, Z. (2018). Sodyum Dengesi Bozuklukları: Hiponatremi-Hipernatremi. *Yoğun Bakım Dergisi*, 12(1), 18–30.
- Fox, R. H., Woodward, P. M., Exton-Smith, A. N., Green, M. F., Donnison, D. V., & Wicks, M. H. (1973). Body Temperatures in the Elderly: A National Study of Physiological, Social, and Environmental Conditions. *BMJ*, 1(5847), 200–206.
- Gagge, A. P., & Gonzalez, R. R. (2010). Mechanisms of heat exchange: biophysics and physiology. *Comprehensive Physiology*, 45-84.
- Gagnon, D., & Crandall, C. (2018). Sweating as a heat loss thermo effector. *Handb Clin Neurol*, 156, 211–232.
- Gerrett, N., Griggs, K., & Redortier, B. (2018). Sweat from gland to skin surface: production, transport, and skin absorption. *Journal of Applied Physiology*, 125(2), 459–469.
- Gibson, L. E., & Cooke, R. E. (1959). A test for concentration of electrolytes in sweat in cystic fibrosis of the pancreas utilizing pilocarpine by iontophoresis. *Pediatrics*, 23(3), 545–

- Giersch, G. E. W., Morrissey, M. C., Butler, C. R., Colburn, A. T., Demarais, Z. S., Kavouras, S. A., Jay, O., Charkoudian, N., & Casa, D. J. (2021). Sex difference in initial thermoregulatory response to dehydrated exercise in the heat. *Physiological Reports*, 9(14).
- Gilbert, M., Busund, R., Skagseth, A., Nilsen, P. Å., & Solbø, J. P. (2000). Resuscitation from accidental hypothermia of 13·7°C with circulatory arrest. *The Lancet*, 355(9201), 375–376.
- Gomes, L. H. L. S., Carneiro-Júnior, M. A., & Marins, J. C. B. (2013). Respostas termorregulatórias de crianças no exercício em ambiente de calor. *Revista Paulista de Pediatria*, 31(1), 104–110.
- Goodman, S. P., Moreland, A. T., & Marino, F. E. (2019). The effect of active hypohydration on cognitive function: a systematic review and meta-analysis. *Physiology & Behavior*, 204, 297–308.
- Greenleaf, J. E. (1992). Problem: thirst, drinking behavior, and involuntary dehydration. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(6), 645–656.
- Hargreaves, M., Morgan, T. O., Snow, R., & Guerin, M. (1989). Exercise tolerance in the heat on low and normal salt intakes. *Clinical Science*, 76(5), 553–557.
- Harshman, S., Pitsch, R., & Smith, Z. (2018). The proteomic and metabolomic characterization of exercise-induced sweat for human performance monitoring: A pilot investigation pilot investigation. *PLoS One*, 13(11).
- Havenith, G. (2002). Interaction of clothing and thermoregulation. *Exogenous Dermatology*, 1(5), 221–230.
- Heikenfeld, J., Jajack, A., & Rogers, J. (2018). Wearable sensors: modalitis, challenges and prospects. *Lab Chip*, 18(2), 217–248.
- Hew-Butler, T., Ayus, J. C., Kipps, C., Maughan, R. J., Mettler, S., Meeuwisse, W. H., Page, A. J., Reid, S. A., Rehrer, N. J., Roberts, W. O., Rogers, I. R., Rosner, M. H., Siegel, A. J., Speedy, D. B., Stuempfle, K. J., Verbalis, J. G., Weschler, L. B., & Wharam, P. (2008). Statement of the Second International Exercise-Associated Hyponatremia Consensus Development Conference, New Zealand, 2007. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 18(2), 111–121.
- Hew-Butler, T., Rosner, M. H., Fowkes-Godek, S., Dugas, J. P., Hoffman, M. D., Lewis, D. P., Maughan, R. J., Miller, K. C., Montain, S. J., Rehrer, N. J., Roberts, W. O., Rogers, I. R., Siegel, A. J., Stuempfle, K. J., Winger, J. M., & Verbalis, J. G. (2015). Statement of the 3rd International Exercise-Associated Hyponatremia Consensus Development Conference, Carlsbad, California, 2015. *British Journal of Sports Medicine*, 49(22), 1432–1446.
- Howe, A. S., & Boden, B. P. (2007). Heat-Related Illness in Athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 35(8), 1384–1395.
- Ioannou, L. (2020). *Effects of heat on behavioral and physiological mechanisms of the human thermoregulatory system during rest, exercise, and work (Doctoral dissertation)*.

- Joyner, M. J., & Coyle, E. F. (2008). Endurance exercise performance: the physiology of champions. *The Journal of Physiology*, 586(1), 35–44.
- Katz, B., Airaghi, K., & Davy, B. (2021). Does Hydration Status Influence Executive Function? A Systematic Review. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 121(7), 1284-1305.e1.
- Keiser, C., Becker, C., & Rossi, R. M. (2008). Moisture transport and absorption in multilayer protective clothing fabrics. *Textile Research Journal*, 78(7), 604–613.
- Konikoff, F., Shoenfeld, Y., Magazanik, A., Epstein, J., & Shapira, Y. (1986). Effects of salt loading during exercise in a hot dry climate. *Biomedicine & Pharmacotherapy = Biomedecine & Pharmacotherapie*, 40(8), 296–300.
- Krabak, B. J., Lipman, G. S., Waite, B. L., & Rundell, S. D. (2017). Exercise-Associated Hyponatremia, Hypernatremia, and Hydration Status in Multistage Ultramarathons. *Wilderness & Environmental Medicine*, 28(4), 291–298.
- Krauchi, K., & Wirz-Justice, A. (1994). Circadian rhythm of heat production, heart rate, and skin and core temperature under unmasking conditions in men. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 267(3), R819–R829.
- Kristoffersen, M., Sandbakk, Ø., Rønnestad, B. R., & Gundersen, H. (2019). Comparison of Short-Sprint and Heavy Strength Training on Cycling Performance. *Frontiers in Physiology*, 10.
- Kuhnle, U., Lewicka, S., & Fuller, P. J. (2004). Endocrine Disorders of Sodium Regulation. *Hormone Research in Paediatrics*, 61(2), 68–83.
- Leon, L. R., & Bouchama, A. (2015). Heat Stroke. In *Comprehensive Physiology* (pp. 611–647). Wiley.
- Levels, K., de Koning, J., Broekhuijzen, I., Zwaan, T., Foster, C., & Daanen, H. (2014). Effects of radiant heat exposure on pacing pattern during a 15-km cycling time trial. *Journal of Sports Sciences*, 32(9), 845–852.
- Lewis, D., Blow, A., & Tye, J. (2018). Considering exercise associated hyponatremia as a continuum. *BMJ Case Rep*.
- Liu, H., Gu, Z., Liu, Y., Xiao, X., & Xiu, G. (2022). Validation of the Application of Solid Contact Ion-Selective Electrode for Off-Body Sweat Ion Monitoring. *Biosensors*, 12(4), 229. <https://doi.org/10.3390/bios12040229>
- Mack, G. (1996). *Body fluid balance during heat stress in humans*. In: *Handbook of Physiology*, edited by Fregly MJ, Blatteis CM. New York, NY: Oxford University Press.
- Maresh, C. M., Gabaree-Boulant, C. L., Armstrong, L. E., Judelson, D. A., Hoffman, J. R., Castellani, J. W., Kenefick, R. W., Bergeron, M. F., & Casa, D. J. (2004). Effect of hydration status on thirst, drinking, and related hormonal responses during low-intensity exercise in the heat. *Journal of Applied Physiology*, 97(1), 39–44.
- Matthews, J. J., Stanhope, E. N., Godwin, M. S., Holmes, M. E. J., & Artioli, G. G. (2019). The Magnitude of Rapid Weight Loss and Rapid Weight Gain in Combat Sport Athletes Preparing for Competition: A Systematic Review. *International Journal of Sport*

- McCance, R. A. (1938). The effect of salt deficiency in man on the volume of the extracellular fluids, and on the composition of sweat, saliva, gastric juice and cerebrospinal fluid. *The Journal of Physiology*, 92(2), 208–218.
- McCubbin, A. J., & Da Costa, R. (2018). The impact of dietary sodium intake on sweat sodium concentration in response to endurance exercise: a systematic review. *International Journal of Sports Science*, 8(1), 25–37.
- McDermott, B. P., Casa, D. J., Ganio, M. S., Lopez, R. M., Yeargin, S. W., Armstrong, L. E., & Maresh, C. M. (2009). Acute Whole-Body Cooling for Exercise-Induced Hyperthermia: A Systematic Review. *Journal of Athletic Training*, 44(1), 84–93.
- Mehta, P. A., & Dubrey, S. W. (2009). High output heart failure. *QJM*, 102(4), 235–241. <https://academic.oup.com/qjmed/article-lookup/doi/10.1093/qjmed/hcn147>
- Miller, K. C., McDermott, B. P., & Yeargin, S. W. (2020). Sweat Characteristics of Cramp-Prone and Cramp-Resistant Athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 30(3), 218–228.
- Morgan, R. M., Patterson, M. J., & Nimmo, M. A. (2004). Acute effects of dehydration on sweat composition in men during prolonged exercise in the heat. *Acta Physiologica Scandinavica*, 182(1), 37–43.
- Murray, B. (2007). Hydration and Physical Performance. *Journal of the American College of Nutrition*, 26(sup5), 542S-548S.
- Nadel, E. R., Fortney, S. M., & Wenger, C. B. (1980). Effect of hydration state of circulatory and thermal regulations. *Journal of Applied Physiology*, 49(4), 715–721.
- Noakes, T. D., Sharwood, K., Speedy, D., Hew, T., Reid, S., Dugas, J., Almond, C., Wharam, P., & Weschler, L. (2005). Three independent biological mechanisms cause exercise-associated hyponatremia: Evidence from 2,135 weighed competitive athletic performances. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(51), 18550–18555.
- Notley, S. R., Akerman, A. P., Meade, R. D., McGarr, G. W., & Kenny, G. P. (2020). Exercise Thermoregulation in Prepubertal Children: A Brief Methodological Review. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 52(11), 2412–2422.
- O’Neil, R. G. (1990). Aldosterone regulation of sodium and potassium transport in the cortical collecting duct. *Seminars in Nephrology*, 10(4), 365–374.
- Obermeyer, Z., Samra, J. K., & Mullainathan, S. (2017). Individual differences in normal body temperature: longitudinal big data analysis of patient records. *BMJ*, j5468.
- Orysiak, J., Młynarczyk, M., & Tomaszewski, P. (2022). Hydration Status in Men Working in Different Thermal Environments: A Pilot Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(9), 5627.
- Panofsky, H. A., & Townsend, A. A. (1964). Change of terrain roughness and the wind profile. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 90(384), 147–155.
- Park, T.-H., Lee, J.-B., Lee, H.-J., & Yun, B. (2020). Sex-related differences in sudomotor

- function in healthy early twenties focused on activated sweat gland density. *Chinese Journal of Physiology*, 63(1), 1.
- Patterson, M. J., Galloway, S. D. R., & Nimmo, M. A. (2000). Variations in Regional Sweat Composition in Normal Human Males. *Experimental Physiology*, 85(6), 869–875.
- Périard, J. D., Eijssvogels, T. M. H., & Daanen, H. A. M. (2021). Exercise under heat stress: thermoregulation, hydration, performance implications, and mitigation strategies. *Physiological Reviews*, 101(4), 1873–1979. <https://doi.org/10.1152/physrev.00038.2020>
- Pettersson, S., & Berg, C. M. (2014). Hydration Status in Elite Wrestlers, Judokas, Boxers, and Taekwondo Athletes on Competition Day. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 24(3), 267–275.
- Racinais, S., Moussay, S., Nichols, D., Travers, G., Belfekih, T., Schumacher, Y. O., & Périard, J. D. (2019). Core temperature up to 41.5 °C during the UCI road cycling world Championships in the heat. *British Journal of Sports Medicine*, 53(7), 426–429.
- Ravanelli, N., Coombs, G. B., Imbeault, P., & Jay, O. (2018). Maximum Skin Wettedness after Aerobic Training with and without Heat Acclimation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 50(2), 299–307.
- Ravanelli, N., Gagnon, D., Imbeault, P., & Jay, O. (2021). A retrospective analysis to determine if exercise training-induced thermoregulatory adaptations are mediated by increased fitness or heat acclimation. *Experimental Physiology*, 106(1), 282–289.
- Reynolds, R. M., Padfield, P. L., & Seckl, J. R. (2006). Disorders of sodium balance. *BMJ*, 332(7543), 702–705.
- Romanovsky, A. A. (2007). Thermoregulation: some concepts have changed. Functional architecture of the thermoregulatory system. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 292(1), R37–R46.
- Rüst, C. A., Knechtle, B., Knechtle, P., & Rosemann, T. (2012). No case of exercise-associated hyponatraemia in top male ultra-endurance cyclists: the ‘Swiss Cycling Marathon.’ *European Journal of Applied Physiology*, 112(2), 689–697.
- RW, H., PC, S., & LE., A. (1990). Influence of thirst and fluid palatability on fluid ingestion during exercise. In: *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine Edited by Gisolfi CV. Lamb DR. Carmel, IN: Benchmark Press*, 39.
- Sawka, M. N., Burke, L. M., Eichner, E. R., Maughan, R. J., Montain, S. J., & Stachenfeld, N. S. (2007). Exercise and Fluid Replacement. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(2), 377–390. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31802ca597>
- Schwellnus, M. P., Drew, N., & Collins, M. (2011). Increased running speed and previous cramps rather than dehydration or serum sodium changes predict exercise-associated muscle cramping: a prospective cohort study in 210 Ironman triathletes. *British Journal of Sports Medicine*, 45(8), 650–656.
- Shahid, M. S., Hatle, L., Mansour, H., & Mimish, L. (1999). Echocardiographic and Doppler study of patients with heatstroke and heat exhaustion. *International Journal of Cardiac Imaging*, 15(4), 279–285.

- Shapiro, Y., Pandolf, K. B., Avellini, B. A., Pimental, N. A., & Goldman, R. F. (1980). Physiological responses of men and women to humid and dry heat. *Journal of Applied Physiology*, 49(1), 1–8. <https://doi.org/10.1152/jappl.1980.49.1.1>
- Shiohara, T., Mizukawa, Y., & Shimoda-Komatsu, Y. (2018). Sweat is a most efficient natural moisturizer providing protective immunity at points of allergen entry. *Allergol Int*, 67(4), 442–447.
- Shirreffs, S. M., & Maughan, R. J. (1998). Urine osmolality and conductivity as indices of hydration status in athletes in the heat. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(11), 1598–1602.
- Shkolnik, A., Taylor, C. R., Finch, V., & Borut, A. (1980). Why do Bedouins wear black robes in hot deserts? *Nature*, 283(5745), 373–375.
- Shwachman, H., & Gahm, N. (1956). Studies in Cystic Fibrosis of the Pancreas. *New England Journal of Medicine*, 255(21), 999–1001.
- Simmons, G. H., Wong, B. J., Holowatz, L. A., & Kenney, W. L. (2011). Changes in the control of skin blood flow with exercise training: where do cutaneous vascular adaptations fit in? *Experimental Physiology*, 96(9), 822–828.
- Smith, C., & Havenith, G. (2019). Upper body sweat mapping provides evidence of relative sweat redistribution towards the periphery following hot-dry heat acclimation. *Temperature*, 6, 50–65.
- Sonna, L. A., Sawka, M. N., & Lilly, C. M. (2007). Exertional heat illness and human gene expression. *Prog Brain Res*, 321–346.
- Stanhewicz, A. E., & Larry Kenney, W. (2015). Determinants of water and sodium intake and output. *Nutrition Reviews*, 73(suppl 2), 73–82.
- Steinach, M., Lichti, J., Maggioni, M. A., & Fähring, M. (2019). A fluid shift for endurance exercise—Why hydration matters. *Acta Physiologica*.
- Sutehall, S., Muniz-Pardos, B., Bosch, A., & Pitsiladis, Y. (2022). The Effect of Sodium Alginate and Pectin Added to a Carbohydrate Beverage on Endurance Performance, Substrate Oxidation and Blood Glucose Concentration: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine - Open*, 8(1), 82. <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00472-5>
- Tam, N., & Noakes, T. D. (2013). The Quantification of Body Fluid Allostasis During Exercise. *Sports Medicine*, 43(12), 1289–1299.
- Taylor, N. A. S., Tipton, M. J., & Kenny, G. P. (2014). Considerations for the measurement of core, skin and mean body temperatures. *Journal of Thermal Biology*, 46, 72–101.
- Teunissen, L. P. J., de Haan, A., de Koning, J. J., & Daanen, H. A. M. (2012). Telemetry pill versus rectal and esophageal temperature during extreme rates of exercise-induced core temperature change. *Physiological Measurement*, 33(6), 915–924.
- Turner, J., Anderson, P., Lachlan-Cope, T., Colwell, S., Phillips, T., Kirchgaessner, A., & Orr, A. (2009). Record low surface air temperature at Vostok station, Antarctica. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 114(D24).

- Watso, J. C., & Farquhar, W. B. (2019). Hydration Status and Cardiovascular Function. *Nutrients*, 11(8), 1866.
- Weitzman, R. E., & Kleeman, C. R. (1979). The clinical physiology of water metabolism. Part I: The physiologic regulation of arginine vasopressin secretion and thirst. *The Western Journal of Medicine*, 131(5), 373–400.
- Westwood, C. S., Fallowfield, J. L., Delves, S. K., Nunns, M., Ogden, H. B., & Layden, J. D. (2021). Individual risk factors associated with exertional heat illness: A systematic review. *Experimental Physiology*, 106(1), 191–199.
- WHO. (2020). *Salt Reduction*. World Health Organization.
- Wingo, J. E., Lafrenz, A. J., Ganio, M. S., Edwards, G. L., & Cureton, K. J. (2005). Cardiovascular drift is related to reduced maximal oxygen uptake during heat stress. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(2), 248–255.
- Yanovich, R., Ketko, I., & Charkoudian, N. (2020). Sex Differences in Human Thermoregulation: Relevance for 2020 and Beyond. *Physiology*, 35(3), 177–184.
- Yokota, M., Berglund, L. G., & Bathalon, G. P. (2012). Female anthropometric variability and their effects on predicted thermoregulatory responses to work in the heat. *International Journal of Biometeorology*, 56(2), 379–385.
- Yousef, H., & Varacallo, M. (2020). Physiology, thermal regulation. StatPearls. Treasure Island. (FL): StatPearls Publishing.
- Zhai, Y., Li, M., Gao, S., Yang, L., Zhang, H., Arens, E., & Gao, Y. (2018). Indirect calorimetry on the metabolic rate of sitting, standing and walking office activities. *Building and Environment*, 145, 77–84.

EKLER

Ek-1: Etik Kurul Kararı



**NHS, Invasive or Clinical Research (NICR)
Committee**
Cottrell 3B1
University of Stirling
Stirling FK9 4LA

12/04/2022

Dear Ecem Genc,

The University of Stirling's NHS, Invasive or Clinical Research (NICR) Committee reviewed project NICR 2022 5007 5256 *Impact of Dietary Sodium Intake on Sweat Sodium Concentration During Exercise in the Heat* and the application was approved on 24 January 2022.

The committee reviewed a change request to add your involvement to the project. This was approved on 1 April 2022.

If you have any queries, please do not hesitate to contact the committee by email to

Yours sincerely,

James Baker
Research Integrity and Ethics Administrator

ÖZ GEÇMİŞ

Ecem Naz GENÇ, Samsun Milli Piyango Anadolu Lisesi'ni bitirdikten sonra Yeditepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik bölümünden 2019 tarihinde mezun oldu. 2020 OMÜ LEE Antrenörlük Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans programına başladı. 2022 yılında University of Stirling'te Research Assistant olarak çalışmaya başlayan Genç, iyi derece İngilizce bilmektedir. Temel ilgi alanları spor, takım ve spor hastalıklarında beslenmedir.

Yayınlar:

2. Uluslararası Spor Ve Sosyal Bilimlere Multidisipliner Yaklaşım Kongre Bildirisi -Investigation Of The Effect Of Dietary Sodium Intake On Sweat Sodium Concentration During High Intensity Aerobic Exercise

İletişim Bilgileri

E mail : ORCID ID: 0000-0002-5604-8084