



T.C.  
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Fizyoloji Anabilim Dalı  
Fizyoloji

[Doktora Tezi]

**12 HAFTALIK İZOKİNETİK DİRENÇ EGZERSİZİNİN PREDİYABETLİ KADIN  
BİREYLER ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Mustafa ÖZDAMAR  
ORCID: 0000-0003-0077-7234

Danışman  
Prof. Dr. Z. Işık SOLAK GÖRMÜŞ  
ORCID: 0000-0001-6762-6225

Öğrenci, TÜBİTAK tarafından 2211-A Genel Yurt İçi Doktora Burs Programı kapsamında doktora eğitimi süresince burs almıştır.

Konya – 2025



## ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Doktora eğitim sürecinde bilgi ve tecrübelerini bana güler yüzle aktaran, yol gösteren çok sevdiğim danışman hocam Prof. Dr. Z. Işık SOLAK GÖRMÜŞ'e

Eğitim süreci boyunca her türlü desteği sunan Necmettin Erbakan Üniversitesi Fizyoloji Ana Bilim Dalı'nın kıymetli öğretim üyeleri Prof. Dr. Selim KUTLU, Doç. Dr. Faik ÖZDENGÜL ve Dr. Öğr. Üyesi Raviye ÖZEN KOCA'ya

Destek ve katkılarından dolayı Prof. Dr. Mustafa ÖZER, Dr. Öğr. Üyesi Serkan KÜÇÜKTÜRK ve Öğr. Gör. Dr. Ayşe ÖZDEMİR'e

Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Fizyoloji Ana Bilim Dalı Başkanı Doç. Dr. Bülent IŞIK ve Dr. Öğr. Üyesi Derviş DAŞDELEN'e

Doktora eğitimim boyunca Bilim İnsanı Destek Programları Başkanlığı (BİDEB) 2211-A Genel Yurt İçi Lisansüstü Burs Programı kapsamında doktora burs desteği için Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)'na teşekkür ederim.

Mustafa ÖZDAMAR

Temmuz 2025

## İÇİNDEKİLER

<b>ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR</b> .....	<b>iii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iv</b>
<b>TEZ ONAY SAYFASI</b> .....	<b>vi</b>
<b>TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU</b> .....	<b>vii</b>
<b>BİLİMSEL ETİK BEYANNAMESİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>KISALTMALAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xiii</b>
<b>1. GİRİŞ VE AMAÇ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. GENEL BİLGİLER</b> .....	<b>5</b>
2.1. Diabetes Mellitus.....	5
2.1.1. Diabetes mellitus epidemiyolojisi .....	5
2.1.2. Diabetes mellitus tanısı .....	7
2.1.3. İnsülin direnci.....	9
2.1.4. Diabetes mellitusun etyolojik sınıflaması .....	9
<i>Tip I diabetes mellitus</i> .....	10
<i>Tip II diabetes mellitus</i> .....	10
2.1.5. Prediyabet ve tanı kriteri .....	11
2.1.6. Prediyabet epidemiyolojisi.....	12
2.1.7. Prediyabet ve T2DM riski .....	13
2.1.8. Prediyabet ve obezite .....	14
2.1.9. Prediyabet ve endotel disfonksiyonu.....	14
2.1.10. Prediyabet ve nöropati.....	15
2.1.11. C-peptit.....	16
2.1.12. C-reaktif protein .....	16
2.2. Egzersiz .....	17
2.2.1. Aerobik egzersiz.....	18
2.2.2. Direnç egzersizi.....	19
2.2.3. Kas kasılma tipleri.....	20
2.2.4. İzokinetik dinamometre test ve egzersiz sistemi .....	22
2.2.5. Prediyabet ve egzersiz .....	25
<b>3. GEREÇ VE YÖNTEM</b> .....	<b>27</b>
3.1. Gönüllü Bireylerin Seçilmesi .....	27
3.2. Antropometrik Ölçümler ve Vücut Kompozisyonu Değerlendirmeleri.....	28
3.2.1. Boy uzunluğu ölçümü değerlendirmesi.....	28
3.2.2. Çevre ölçümlerinin değerlendirilmesi .....	28

3.2.3. Vücut kompozisyonunun değerlendirilmesi.....	28
3.3. Kan Tahlil Verilerinin Değerlendirilmesi .....	29
3.3.1. İnsülin direnci düzeylerinin değerlendirilmesi.....	30
3.4. Denge ve Proprioseptif Ölçümlerin Değerlendirilmesi.....	31
3.5. Anareobik Güç ve Anaerobik Performans Değerlendirmesi.....	32
3.6. İzokinetik Kas Kuvveti Değerlendirmesi .....	34
3.7. İzokinetik Direnç Egzersizi (İDE) Protokolü.....	36
3.8. Endotel Fonksiyonu Değerlendirmesi .....	37
3.8. Karotis İntima-Media Kalınlığı (KİMK) Ölçümü Değerlendirmesi .....	38
3.9. Güç ve Örneklem Sayısı İstatistiksel Analiz.....	38
<b>4. BULGULAR .....</b>	<b>39</b>
4.1. Antropometrik Ölçümler ve Vücut Kompozisyonu Değerlendirmeleri.....	39
4.1.1. Çevre ölçümlerinin değerlendirilmesi .....	39
4.1.2. Vücut kompozisyonunun değerlendirilmesi.....	40
4.2. Kan Tahlil Verilerinin Değerlendirilmesi .....	43
4.2.1. Açlık kan glikozu düzeylerinin değerlendirilmesi .....	43
4.2.2. Açlık insülin düzeylerinin değerlendirilmesi .....	44
4.2.3. İnsülin direnci düzeylerinin değerlendirilmesi.....	45
4.2.4. Hemoglobin A1c düzeylerinin değerlendirilmesi .....	46
4.2.5. C-peptid düzeylerinin değerlendirilmesi .....	47
4.2.6. Venöz kan tahlillerinin değerlendirilmesi .....	48
4.3. Denge ve Proprioseptif Ölçümlerin Değerlendirilmesi.....	49
4.4. Anareobik Güç ve Anaerobik Performans Değerlendirmesi.....	49
4.5. İzokinetik Kas Kuvveti Değerlendirmesi .....	50
4.5.1. İzokinetik 60°/s açısal hızda kas kuvveti değerlendirilmesi.....	50
4.5.2. İzokinetik 180°/s açısal hızda kas kuvveti değerlendirilmesi.....	52
4.6. Endotel Fonksiyonu Değerlendirmesi .....	54
4.7. Karotis İntima-Media Kalınlığı Ölçümü Değerlendirmesi .....	55
<b>5. TARTIŞMA .....</b>	<b>57</b>
<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>67</b>
6.1. Sonuçlar.....	67
6.2. Öneriler.....	67
<b>7. KAYNAKLAR.....</b>	<b>69</b>
<b>8. EKLER.....</b>	<b>77</b>
8.1. EK 1 Etik kurul kararı .....	77

## TEZ ONAY SAYFASI

Necmettin Erbakan Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Fizyoloji Anabilim Dalı Doktora Öğrencisi **MUSTAFA ÖZDAMAR**'ın “**12 HAFTALIK İZOKİNETİK DİRENÇ EGZERSİZİNİN PREDİYABETLİ KADIN BİREYLER ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**” başlıklı tezi tarafımızdan incelenmiş; amaç, kapsam ve kalite yönünden Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Konya / 10.07.2025

Tez Danışmanı	Prof. Dr. Z. Işık SOLAK GÖRMÜŞ Necmettin Erbakan Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fizyoloji ABD
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Faik ÖZDENGÜL Necmettin Erbakan Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fizyoloji ABD
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Mustafa ÖZER Necmettin Erbakan Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji ABD
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Füsun SUNAR Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Tıp Fakültesi, Tıp Eğitimi ve Bilişimi ABD
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Bülent IŞIK Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fizyoloji ABD

Yukarıdaki tez, Necmettin Erbakan Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun 16/07/2025 tarih ve 17/08 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Hasibe VURAL

Enstitü Müdürü

## TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

“12 Haftalık İzokinetik Direnç Egzersizinin Prediyabetli Kadın Bireyler Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması” başlıklı tez çalışmamın toplam **63** sayfalık kısmına ilişkin, 16/07/2025 tarihinde tez danışmanım tarafından **Turnitin** adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı **%9** olarak belirlenmiştir.

Uygulanan filtrelemeler:

1. Tez kabul sayfası hariç
2. Tez çalışması orijinallik raporu sayfası hariç
3. Bilimsel etik beyannamesi sayfası hariç
4. Ön söz hariç
5. İçindekiler hariç
6. Simgeler ve kısaltmalar hariç
7. Materyal ve metot hariç
8. Kaynaklar hariç
9. Alıntılar dahil
10. 7 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Necmettin Erbakan Üniversitesi Tez Çalışması Orijinallik Raporu Uygulama Esaslarını inceledim ve tez çalışmamın, bu uygulama esaslarında belirtilen azami benzerlik oranının (%20) altında olduğunu ve intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

16/07/2025

Mustafa ÖZDAMAR

Prof. Dr. Z. Işık SOLAK GÖRMÜŞ

## **BİLİMSEL ETİK BEYANNAMESİ**

Bu tezin tamamının kendi çalışmam olduğunu, planlanmasından yazımına kadar tüm aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini, tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez hazırlama kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel kurallara uygun olarak atıf yapıldığını ve bu kaynakların kaynaklar listesine eklendiğini beyan ederim.

10/07/2025

Mustafa ÖZDAMAR

## KISALTMALAR

ACSM	:Amerikan Spor Hekimliği Koleji
ADA	:Amerikan Diyabet Birliği
AKG	:Açlık kan glikozu
ALT	:Alanin aminotransferaz
BABÇ	:Brakiyel arterin başlangıç çapı
BAG	:Bozulmuş açlık glikozu
BGT	:Bozulmuş glikoz toleransı
CRP	:C-reaktif protein
DM	:Diabetes Mellitus
EBVC	:Endotel bağımlı vazodilatatör cevap
eNOS	:Endotelyal nitrik oksit sentaz
FMD	:Akış aracılı dilatasyon
GLUT-4	:Glikoz taşıyıcı tip 4
HbA1c	:Hemoglobin A1c
HBG	:Hemoglobin
HCT	:Hematokrit
HDL	:Yüksek yoğunluklu lipoprotein
HOMA-IR	:Homeostatik değerlendirme modeli
HR <sub>max</sub>	:Maksimum kalp hızı
HRR	:Kalp hızı rezervi
IDEC	:Uluslararası Diyabet Uzmanları Komitesi
IDF	:Uluslararası Diyabet Federasyonu
İD	:İnsülin direnci
İDE	:İzokinetik direnç egzersizi
KİMK	:Karotis intima-media kalınlığı
KVH	:Kardiyovasküler hastalıklar
LDL	:Düşük yoğunluklu lipoprotein
MET	:İstirahat metabolik hız
SH	: Standart hata
T1DM	:Tip I Diabetes Mellitus
T2DM	:Tip II Diabetes Mellitus
TEMĐ	:Türkiye Endokrinoloji ve Metabolizma Derneği
TURDEP	:Türkiye Diyabet, Hipertansiyon, Obezite ve Endokrin Hastalıklar Prevalans Çalışması
VKİ	:Vücut kitle indeksi
Vo <sub>2max</sub>	:Maksimal oksijen tüketimi
Vo <sub>2R</sub>	:Oksijen tüketim rezervi
WAnT	:Anaerobik wingate güç testi
WHO	:Dünya Sağlık Örgütü
YYK	:Yumuşak yağsız kütle

## TABLolar LİSTESİ

Tablo No	Sayfa No
Tablo 2.1. DM semptomları.....	5
Tablo 2.2. Diabetes mellitus tanı kriterleri.....	8
Tablo 2.3. Diabetes mellitusun etyolojik sınıflandırılması.....	9
Tablo 2.4. ADA prediyabet tanı kriterleri.....	12
Tablo 2.5. İzokinetik kontraksiyon fazları.....	21
Tablo 2.6. İzokinetik test ve egzersiz sisteminin özellikleri.....	23
Tablo 2.7. İzokinetik test ve egzersiz sistemi parametreleri.....	24
Tablo 4.1. Prediyabetli bireylerin çevre ölçüm değerleri.....	39
Tablo 4.2. Prediyabetli bireylerin vücut kompozisyon değerleri.....	42
Tablo 4.3. Kan tahlil değerleri.....	48
Tablo 4.4. Romberg testi değerleri.....	49
Tablo 4.5. Wingate bisiklet ergometresi test değerleri.....	50
Tablo 4.6. İzokinetik 60°/s açısız hızda M. Quaticeps Femoris ve M. Hamstring kaslarının konsantrik kas kuvvet testi değerleri.....	52
Tablo 4.7. İzokinetik 180°/s açısız hızda M. Quaticeps Femoris ve M. Hamstring kaslarının konsantrik kas kuvvet testi değerleri.....	54
Tablo 4.8. Akım aracılı dilatasyon (FMD) değerleri.....	54
Tablo 4.9. Karotis intima-media kalınlığı değerleri.....	55

## ŞEKİLLER LİSTESİ

### Şekil No

### Sayfa No

Şekil 2.1. İzokinetik dinamometre ve ekipmanları.....	22
Şekil 3.1. Tanita (MC-580) ile vücut kompozisyonu değerlendirmesi.....	29
Şekil 3.2. Venöz kan örneklerinin toplanması.....	30
Şekil 3.3. Tecnobody (PK-252-İtalya) izokinetik denge ölçüm sistemi.....	31
Şekil 3.4. Wingate ergometre (Monark-894E-İsveç) anaerobik güç ölçümü test sistemi.....	33
Şekil 3.5. Isomed 2000 (D&R Ferstl GmbH, Hemau, Almanya) izokinetik dinamometre sistemi.....	34
Şekil 3.6. İzokinetik kas kuvveti ölçümü test protokolü.....	35
Şekil 3.7. İzokinetik direnç egzersiz (İDE) protokolü.....	37
Şekil 4.1. Prediyabetli bireylerin açlık kan glikozu değerleri.....	43
Şekil 4.2. Prediyabetli bireylerin açlık insülin değerleri.....	44
Şekil 4.3. Prediyabetli bireylerin HOMA-IR değerleri.....	45
Şekil 4.4. Prediyabetli bireylerin HbA1c değerleri.....	46
Şekil 4.5. Bireylerin C-peptit değerleri.....	47



## ÖZET

Necmettin Erbakan Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü  
Fizyoloji Anabilim Dalı  
Fizyoloji  
Doktora Tezi

### 12 HAFTALIK İZOKİNETİK DİRENÇ EGZERSİZİNİN PREDİYABETLİ KADIN BİREYLER ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Mustafa ÖZDAMAR

Konya-2025

İzokinetik direnç egzersizi (İDE) farklı açısal hızlarda dinamometre kullanılarak uygulanabilen etkili ve güvenilir bir egzersiz yöntemidir. Egzersiz dünyada hızla artan diyabet hasta popülasyonunu gelişimini engellemek ve azaltmak için etkili bir reçete olarak kullanılmaktadır. Önlenemeyen prediyabetin ilerleyen zaman içinde her açıdan yüksek maliyetli tip 2 diyabet hastalığına dönüşmesi üzücü bir durumdur. Direnç temelli İDE eğitiminin prediyabetli bireyler üzerinde nasıl etkiler oluşturduğu bilinmemektedir. Etkili bir şekilde uygulanan izokinetik egzersizlerin prediyabet tanısı almış bireyler üzerinde diyabet gelişimini nasıl etkileyeceği hakkında bilgi mevcut değildir. Bundan dolayı yürütmüş olduğumuz tez kapsamında 18-45 yaş aralığındaki prediyabetli kadın bireylerin İDE eğitimi sonucunda; glikoz metabolizma parametreleri, vücut kompozisyonu, serum kan parametreleri, kas kuvveti ve anaerobik güç parametreleri, denge fonksiyonları ve damar sağlığı göstergelerindeki değişimleri açıklamayı hedefledik. Prediyabetli kadın bireyler (n=15) üzerinde 12 hafta boyunca haftada 3 gün olacak şekilde ilerleyici olarak izokinetik egzersiz uygulandı. Toplamda 36 seansı maksimum performansla gerçekleştiren prediyabetli bireylerin sonuçları başlangıç ölçümleri ile karşılaştırıldı. Çalışmamıza endokrinoloji ve metabolizma uzman hekimi tarafından prediyabet tanısı almış kadın bireyler katıldı. Endokrinolog tarafından istenilen kan tahlilleri İDE başlangıcında ve sonunda olacak şekilde hastane ortamında alındı. Vücut yağ ve kas kompozisyonu biyoelektrik empedans analiz yöntemi kullanılarak yapıldı. Kas kuvvet testi izokinetik dinamometre ile 60°/s ve 180°/s açısal hızlarda ölçüldü. Bireylerin anaerobik güç ve performansları Wingate bisiklet ergometre ile değerlendirildi. Denge fonksiyonları izokinetik denge ölçüm sistemi kullanılarak test edildi. Endotel fonksiyonları (FMD) ve damar yapıları (KİMK) yüksek çözünürlüklü ultrasonografi yöntemi ile değerlendirildi. İstatistiksel analiz için tek yönlü repeated measurement varyans analizi ve Friedman testi kullanıldı. Sonuçlar ortalama±standart hata olarak verilmiş olup  $p<0,05$  seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Uygulanan İDE eğitimi bireylerin bel, karın, kalça, sağ ve sol uyluk çevresinde azalma sağladı. Ek olarak vücut kitle indeksi (VKİ) ve yağ yüzdesi azalırken alt ekstremitte kas kütlesi ve yağsız küte değerleri arttı. İzokinetik egzersiz prediyabetlilerin açlık kan glikozu (AKG) ve HbA1c değerlerini sağlıklı bireylerin seviyesine indirdi. Bunun yanında C-peptit ve HOMA-IR skorunu düşürdü. Kan analizindeki hemogloblin ve potasyum ( $K^+$ ) değerlerini artırmanın yanında ALT ve yağ profili parametrelerinde aşağıya doğru bir kırılma sağladı. Her iki alt ekstremitte ana kas gruplarında kas kuvvetini her iki açısal hızda artırdı. Egzersiz bireylerde anaerobik güç ve performansı geliştirdi. Vücut kompozisyonu ve kas kuvvetindeki artış denge fonksiyonlarında iyileşmeye sebep olarak bireylerin postürlerini düzenledi. İzokinetik egzersiz FMD değerlerinde artış sağlayarak endotel fonksiyonlarını iyileştirdi. KİMK değerinde azalma sağlayarak damar sağlığını olumlu yönde etkiledi. Çalışma sonuçlarımız İDE eğitiminin prediyabeti önleyip glikoz metabolizmasında iyileşme sağlayabileceğini göstermektedir. İzokinetik egzersiz vücut yağlanmasını azaltıp kas kuvveti ve kalitesini artırarak vücut sağlığına katkı sağlayabilir. Doku oksijenlenmesine, endotel fonksiyonlarına ve enzimler üzerine muhtemel olumlu etkiler ortaya çıkarılabilir. Tüm bunlar İDE eğitiminin prediyabetli bireylerde etkili sonuçlar ortaya çıkarmak için kullanılabilirliğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Diyabet, Endotel fonksiyonları, İzokinetik egzersiz, Pik tork, Prediyabet.

## ABSTRACT

Necmettin Erbakan University, Graduate School of Health Sciences  
Department of Physiology  
Physiology  
[Doctoral Thesis]

### INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF 12 WEEKS OF ISOKINETIC RESISTANCE EXERCISE ON WOMEN INDIVIDUALS WITH PREDIABETES

Mustafa ÖZDAMAR

Konya-2025

Isokinetic resistance exercise (IRE) is an effective and reliable exercise method that can be applied using a dynamometer at different angular velocities. Exercise is used as an effective prescription to prevent and reduce the development of the rapidly increasing diabetes patient population in the world. It is a sad situation that unpreventable prediabetes can turn into type 2 diabetes, which is costly in every respect, over time. It is unknown how resistance-based IRE training affects individuals with prediabetes. There is no information available on how effectively applied isokinetic exercises will affect the development of diabetes in individuals diagnosed with prediabetes. Therefore, within the scope of our thesis, we aimed to explain the changes in glucose metabolism parameters, body composition, serum blood parameters, muscle strength and anaerobic power parameters, balance functions and vascular health indicators as a result of the IRE training of prediabetic women aged between 18-45. Progressive isokinetic exercise was applied to prediabetic women (n=15) 3 days a week for 12 weeks. The results of prediabetic individuals who performed a total of 36 sessions with maximum performance were compared with the initial measurements. Women individuals diagnosed with prediabetes by an endocrinology and metabolism specialist participated in our study. Blood tests requested by the endocrinologist were taken in the hospital environment at the beginning and end of the IRE. Body fat and muscle composition were determined using bioelectrical impedance analysis. Muscle strength test was measured with an isokinetic dynamometer at 60°/s and 180°/s angular velocities. Anaerobic power and performance of individuals were evaluated with a Wingate bicycle ergometer. Balance functions were tested using the isokinetic balance measurement system. Endothelial functions (FMD) and vascular structures (CIMT) were evaluated by high-resolution ultrasonography. One-way repeated measures analysis of variance and Friedman test were used for statistical analysis. The results were given as mean±standard error and were considered statistically significant at p<0.05. The applied IRE training provided a reduction in the waist, abdomen, hip, right and left thigh circumferences of the individuals. Additionally, body mass index (BMI) and fat percentage decreased, while lower extremity muscle mass and lean mass values increased. Isokinetic exercise reduced fasting blood glucose (FBG) and HbA1c values of prediabetics to the levels of healthy individuals. In addition, it reduced C-peptide and HOMA-IR scores. In addition to increasing the hemoglobin and potassium (K<sup>+</sup>) values in the blood analysis, it provided a downward break in the ALT and fat profile parameters. Both lower extremity major muscle groups increased muscle strength at both angular velocities. Exercise improved anaerobic power and performance in individuals. The increase in body composition and muscle strength led to improved balance functions and improved posture. Isokinetic exercise improved endothelial functions by increasing FMD values. It positively affected vascular health by reducing CIMT values. Our study results show that IRE training can prevent prediabetes and improve glucose metabolism. Isokinetic exercise can contribute to body health by reducing body fat and increasing muscle strength and quality. It may have possible positive effects on tissue oxygenation, endothelial functions and enzymes. All these show that IRE training can be used to produce effective results in individuals with prediabetes.

**Keywords:** Diabetes, Endothelial functions, Isokinetic exercise, Peak torque, Prediabetes.



## 1. GİRİŞ VE AMAÇ

Günümüz modern zamanın insanoğluna sağladığı kolaylıklar bireylerin günlük hayatta hareketsiz bir yaşam sürmelerine olanak sağlar. Artan dünya nüfusuyla birlikte sedanter yaşam tarzı geçmişe göre toplum yapısında daha fazla göze çarpmaktadır. Sedanter yaşam tarzı glikoz metabolizmasında bozulmaların olduğu obezite, Tip II Diabetes Mellitus (T2DM) ve prediyabet gibi kronik hastalıkların görülme oranını artırır (Healy ve ark., 2008). Bireylerin günlük hayatta fiziksel olarak hareketsiz bir yaşam sürmesi halk sağlığını olumsuz etkiler. Dünyanın karşı karşıya kaldığı bu kronik hastalıklar bireylerin yaşam kalitesini olumsuz etkileyerek ülkelerin ekonomik dengesini bozar. Ülkeler T2DM gibi kronik hastalıklara daha fazla ekonomik bütçe ayırarak daha fazla tedavi ve personel gideri ayırmak zorunda kalır. T2DM; insülin sekresyonunda göreceli bir azalma, insülin direnci ve hipergliseminin hâkim olduğu kronik bir hastalıktır. Hastalığın temelinde glikoz metabolizmasının bozulması yatmaktadır. T2DM insidansı ve prevalansı her geçen gün artmakla birlikte tüm Diabetes Mellitus (DM) vakalarının %90-95'ini oluşturur (ADA, 2025). Hastalığın mikrovasküler (nefropati, nöropati, retinopati) ve kardiyovasküler hastalıklar (KVH) gibi makrovasküler komplikasyonlara sebep olması yaşam süresini azaltır.

Prediyabet; kan glikoz seviyesinin sağlıklı kişilere göre yüksek olan fakat T2DM tanı kriterlerini sağlamayan bireyleri tanımlar. Bu bireylerde glikoz metabolizmasında görülen bozulmadan kaynaklı disglisemi mevcuttur. Prediyabet bozulmuş açlık glikozu (BAG) ve/veya bozulmuş glikoz toleransı (BGT) ile karakterize karbonhidrat metabolizmasında görülen normal olmayan bir durumdur (ADA, 2025). Yüksek kan şekeri ile yaşamlarına devam ettikleri için hemoglobin A1c (HbA1c) değerleri sağlıklı kişilere göre yüksek seviyelerdedir. Prediyabet ile T2DM arasında güçlü bir bağlantı vardır. Prediyabetli bireylerin yarısı gelecek beş yıl içerisinde maalesef T2DM hastalığına yakalanır (Richter ve ark., 2018). Prediyabet obez bireylerde daha fazla görülür. Prediyabetli bireylerin yaklaşık %80'i obez veya aşırı kilolu bir vücuda sahiptir (Echouffo-Tcheugui ve Selvin, 2021). Prediyabet insülin ve glikoz homeostazisini bozduğu için birçok komplikasyonu da beraberinde getirir. T2DM hastalarında olduğu gibi ateroskleroz, kronik böbrek hastalığı ve KVH görülme riski prediyabetli bireylerde yüksektir. (Pan ve ark., 2019). Dünyada prediyabet görülme yaygınlığı her geçen gün artmaktadır. Uluslararası Diyabet Federasyonu (IDF) raporunda 2024 yılı BGT prevalansının %12 olduğunu ve 2050 yılında bu oranın artarak %12,9'a yükseleceğini bildirmektedir (IDF, 2025).

Endotel kan damarlarının iç yüzeyini kaplayarak kardiyovasküler sistemin sağlıklı çalışmasına büyük katkı sağlar. Hem fiziksel bir bariyer oluşturması hem de endokrin bir organ gibi gerekli maddeleri salgılaması vasküler homeostazi için vazgeçilmezdir (Esper ve ark., 2006). Glikoz metabolizmasında görülen dalgalanmalar ve bozulma endotel fonksiyonlarını olumsuz etkiler. Prediyabet ve T2DM tanısı almış hastalarda oluşan hiperglisemi ve insülin direnci endotel disfonksiyonuyla ilişkilidir (Milman ve Crandall, 2011). Prediyabetli bireylerde görülen endotel disfonksiyonu vasküler tonusu bozarak kan basıncı düzenlenme mekanizmalarını olumsuz yönde etkiler. Bunun sonucunda KVH oluşma riski artarak bireylerin yaşam kalitesi düşmekte ve komplikasyonlarla karşı karşıya kalmaktadır.

Egzersiz glikoz metabolizmasındaki bozulmaları düzelterek prediyabetin T2DM'ye dönüşmesini engelleyebilir veya geciktirebilir. Aerobik ve direnç egzersizinin insülin duyarlılığında artış ve HbA1c düzeyinde azalma sağlayarak yaşam kalitesini arttırdığı bildirilmiştir (Snowling ve Hopkins, 2006). Düzenli egzersiz yapmak prediyabetle gelen KVH risk faktörlerinde azalma sağlayarak gelişebilecek komplikasyonların önünü keser. Bunun yanında yağ yıkımını artırarak vücut kompozisyonunda iyileşme sağlar. Yapılan çalışmalar egzersiz üzerine inşa edilmiş yaşam tarzı değişikliğinin T2DM gelişme oranını %58 oranında azalttığını bildirmektedir (ElSayed ve ark., 2022). Egzersiz ile iskelet kaslarında görülen kas kontraksiyonu, glikoz taşıyıcı tip 4 (GLUT-4) protein translokasyonunu artırarak glikozun hücre içerisine geçişini sağlar. İnsülin duyarlılığındaki artışla birlikte GLUT-4 protein aktivasyonu glikoz metabolizması üzerine olumlu sonuçlar doğurur (Colberg ve ark., 2010). Bu sayede vücudun glikozu kullanabilme verimi artmış olur. Dirençli egzersiz kas mimarisini düzenleyerek bireylerin vücut kompozisyon algısının da iyileşmesine katkı sağlar. Egzersizle birlikte endotel disfonksiyonu ve kardiyovasküler hastalıkların ilerlemesinin önüne geçilebilir. Bu sayede mortalite oranları azaltılabilir (Sundquist ve ark., 2004). Amerikan Spor Hekimliği Koleji (ACSM) prediyabetli bireylerin ilerleyen yıllarda T2DM hastalığına yakalanmamaları ve mevcut yaşam kalitelerini artırmaları için düzenli egzersiz yapmalarını tavsiye etmektedir (ACSM, 2018).

İzokinetik test ve egzersiz sistemleri ile kas üzerinde sabit bir açısal hızda maksimal gerilim oluşturarak kas kontraksiyonu gerçekleştirilir. Günümüzde izokinetik sistem ile yapılan kas kuvvet testi objektif ve güvenilir veriler sağladığı için altın standart olarak kullanılmaktadır (Drouin ve ark., 2004). Aynı zamanda izokinetik sistem ile hastaların tedavi sürecinde kas kuvvetini artırmak ve genel sağlığı korumak için direnç egzersizi çalışmaları yapılmaktadır. İzokinetik dinamometre sayesinde hem konsantrik hem de eksantrik kontraksiyon ayrı ayrı veya

birlikte olacak şekilde iskelet kasları üzerinde istenilen protokolda uygulanabilir. İzokinetik direnç egzersizi (İDE)'nin en önemli özelliği hareketin gerçekleştiği her noktada kasa dinamik bir yükleme yapmasıdır (Nickols-Richardson ve ark., 2007). Kas, farklı açısal hızlarda izokinetik sistemin göstermiş olduğu dirence karşı maksimum gerilim oluşturarak kasılabilmektedir. İzokinetik dinamometre özelliğinden dolayı bireyin göstermiş olduğu kuvvete eş bir direnç uygulayarak hareketin her açısında gerekli olan direnci değiştirebilir (Brown, 2000). Bu durum kas kuvvet ve endüransının hızlı bir şekilde istenilen seviyelere çıkmasını sağlar. İDE sırasında oluşabilecek ağrı gibi istenmeyen bir durumda egzersizin sonlandırılabilmesi ve sakatlanmanın önüne geçilmesi büyük bir konfor oluşturur. İDE diğer direnç egzersizleriyle karşılaştırıldığında egzersizin daha güvenli bir şekilde yapılmasına imkân sağlar.

Literatür incelendiğinde izokinetik kas testi ölçümlerinin T2DM hastalarında yapılan farklı uygulamaların kas kuvvetine olan etkisini anlamak için diğer hastalarda olduğu gibi kullanıldığı görülmektedir. Fakat dünya ve ülkemizde diyabet hasta grubunda izokinetik dinamometre kullanılarak yapılan direnç egzersizi hakkında bilgi çok sınırlıdır. Egzersizin diyabet üzerine olan sayısız faydalarının bilinmesine rağmen prediyabetli bireylere izokinetik dinamometre kullanılarak uygulanabilecek İDE eğitiminin glikoz metabolizması üzerinde ne gibi iyileşmeler sağlayacağı açık değildir. Dünya çapında artan T2DM prevalansı düşünüldüğünde yeterli, uygun ve bireysel İDE protokollerinin prediyabeti durdurabileceği veya T2DM'ye olan geçiş hızını yavaşlatabileceği öngörülebilir.

Amaç;

Prediyabet tanısı almış ve T2DM hastalığına yakalanma riski yüksek olan kadın bireylerin 12 hafta boyunca düzenli olarak yapılan İDE eğitiminin; hastalığın seyri hakkında bilgi sağlayan glikoz metabolizma değerleri, damarsal sağlığın göstergelerinden olan endotel fonksiyonları, büyük iskelet kas grubu olan diz ekstansiyon ve fleksiyon kas gücü değerleri, anaerobik performans göstergeleri, vücut kompozisyonu ve denge fonksiyonları üzerinde ne gibi değişiklikler oluşturabileceği merak konusudur. Ulaşabildiğimiz kadarıyla literatürde İDE eğitiminin prediyabet üzerindeki etkilerinin nasıl olacağı hakkında derinlemesine bilgiye rastlayamadık.

Bu bilgiler ışığında, prediyabet tanısı almış fakat herhangi bir farmakolojik tedavi uygulanmayan, yaşam tarzı değişikliği yapılmamış, ilerleyen süre içerisinde T2DM tanısı alma

ihtimali yüksek olan, 18-45 yaş aralığındaki 15 prediyabetli kadın bireye 12 hafta boyunca İDE programı planlanmıştır. Uygulanacak 12 haftalık İDE eğitimi etkisi ile;

- 1- Metabolik, hematolojik ve inflamatuvar durumun kan göstergelerinden olan AKG, HbA1c, insülin, C-peptit, insülin direnci (İD), C-reaktif protein (CRP), eritrosit sedimentasyon hızı, hemoglobin (HBG), hematokrit (HCT) değerleri ile yağ metabolizması kan göstergelerinden yüksek yoğunluklu lipoprotein (HDL), düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL), trigliserit ve kolesterol düzeylerindeki değişimi belirlemek,
- 2- Diz ekstansör/fleksör kas grubu güç (pik tork, pik tork/kg) değişimini tespit etmek,
- 3- Endotel fonksiyonu göstergelerinden akış aracılı dilatasyon (FMD) ve ateroskleroz göstergelerinden karotis intima media kalınlığı (KİMK) değişimini belirlemek,
- 4- Anaerobik güç ve anaerobik performans değerlerindeki değişimini tespit etmek,
- 5- Bazı antropometrik ölçüm ve vücut kompozisyonu değerlerindeki değişimi tespit etmek,
- 6- Denge fonksiyonları ve değişimi tespit etmek hedeflenmektedir.

#### **Araştırmanın Soruları/Hipotezleri:**

Prediyabet tanısı almış fakat herhangi bir farmakolojik tedavi uygulanmamış, yaşam tarzı değişikliği yapılmamış, ilerleyen süre içerisinde T2DM tanısı alma ihtimali yüksek olan 18-45 yaş arası kadın bireylere uygulanacak 12 haftalık İDE eğitimi sonrası ortaya çıkan uyum cevabıyla;

- 1- HbA1c, AKG ve İD gibi glikoz metabolizması göstergelerinde bozulmalar azalır,
- 2- Diz ekstansör/fleksör kaslarının pik tork değerleri ve kas kalitesi (pik tork/kg) yükselir,
- 3- Endotel fonksiyonu (FMD) ve ateroskleroz göstergelerinde (KİMK) olumlu değişimler görülür,
- 4- Anaerobik güç ve anaerobik performans değerleri artar,
- 5- VKİ ve karın çevresi gibi antropometrik değerler ile vücut yağ ve kas kütlesi gibi vücut kompozisyonu değerlerinde olumlu değişimler görülür,
- 6- Denge fonksiyon göstergelerinde olumlu değişimler görülür.

Hipotezlere cevap bulunması amacıyla, Güç analizine göre 11 kişinin yeterli olduğu çalışma kapsamında 15 prediyabetli kadın bireye; 12 hafta boyunca, haftada 3 gün İDE protokolü uygulanması sonucunda elde edilecek sonuçlar ile başlangıç verilerinin olası değişimlerinin karşılaştırılması planlanmıştır.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Diabetes Mellitus

DM insan vücudunun doku ve organlarında insülin eksikliği ya da insülin fonksiyon bozukluğundan kaynaklı kan şekerinin kontrol edilememesiyle karakterize kronik seyirli metabolik bir hastalık olarak tanımlanır. İnsülin seviyesindeki değişiklikler neticesinde dokularda İD gelişebilmekte ve vücut hipergliseminin hakim olduğu bir tabloyla karşı karşıya kalmaktadır (ADA, 2025). Karbonhidrat metabolizması bozukluğu olan DM çok sayıda organı olumsuz etkileyerek vücudun protein, karbonhidrat ve yağ gibi temel besinlerden yeterince faydalanmasını engeller. Sürekli tıbbi bakım gerektirmesinin yanında akut ve kronik komplikasyonlar görülür. DM semptomları bireyin günlük yaşamını olumsuz olarak derinden etkiler (Tablo 2.1.) (ADA, 2025). İD ve hiperglisemi; nefropati, retinopati, nöropati, ateroskleroz gibi vasküler problemlerin yanında kalp sağlığını olumsuz etkileyerek vücut organlarında işlev kayıplarına sebep olabilmektedir. Hastalığın ömür boyu devam etmesi bireyin yaşam kalitesini düşürerek günlük hayatta iş gücü verimini azaltır. Devletlerin hastalığın tedavisi ve bakımı için ayırması gereken bütçe miktarı çok yüksek oranlara sahiptir. Hem ülke hem dünya adına DM ile mücadelenin maliyeti her geçen gün artmaktadır.

**Tablo 2.1. DM semptomları (ADA, 2025).**

<b>Klasik semptomlar</b>	<b>Görece az görülen semptomlar</b>
Poliüri	Bulanık görme
Polidipsi	Açıklanamayan vücut ağırlığı kaybı
Polifaji	Geçmeyen ve tekrarlayan enfeksiyonlar
İştahsızlık	Mantar enfeksiyonları
Halsizlik	Kaşıntı
Çabuk yorulma	
Ağız kuruluğu	
Noktüri	

#### 2.1.1. Diabetes mellitus epidemiyolojisi

Dünya üzerinde yaşayan farklı toplum ve ırklar incelendiğinde DM yaygın görülen bir hastalıktır. IDF Atlası 2024 yılı verilerine göre dünya çapında 20-79 yaş aralığındaki 589 milyon yetişkinin DM hastası olduğu düşünülmektedir. Veriler bize bu yaş grubundaki tüm yetişkinlerin %11,1'inin DM ile yaşam sürdüğünü gösteriyor. IDF 2050 yılına gelindiğinde dünyadaki diyabet hastası yetişkin sayısının artarak 852,5 milyon bireye ulaşacağını ve bu yaş grubundaki tüm yetişkinlere oranının %13'e yükseleceğini tahmin ediyor (IDF, 2025). Dünya nüfusunun yaşlanması, 60 yaş üstü diyabetli hastaların sayısının artmasına ve bununla birlikte DM prevalansının yükselmesine sebep oluyor. Diyabet hastası her dört kişiden birisi 65 yaş

üstünde olduğu için DM, yaşlı bireylerin yaşam kalitesini derinden etkiliyor. Diyabetle mücadelenin her geçen gün artmasına rağmen yaklaşık 252 milyon yetişkin DM hastalığına sahip olduğunu bilmemektedir. Gelecek çeyrek asırda dünya nüfusunun %25 oranında artacağı düşünüldüğünde diyabetli birey sayısının %45 oranında artacağı tahmin ediliyor. DM bakım ve tedavisine 2024 yılında küresel sağlık harcamalarının %12'sine denk gelen 1 trilyon dolardan fazla harcama yapıldığı belirtilmektedir. Yapılan çalışmalar 2024 yılında küresel ölümlerin %9,3'ünün DM kaynaklı olduğunu ve yaklaşık 3,4 milyondan fazla bireyin ölümüne diyabetin sebep olduğu öngörülmektedir (IDF, 2025). IDF verileri incelendiğinde özellikle 21. yüzyıl başından itibaren dünyada DM hasta sayısının her geçen gün hızlanarak arttığı görülüyor. Hem DM hasta sayısının artışı hem de dünyadaki yetişkinlere olan oranın artışı kaygı verici düzeyde seyretmektedir.

IDF Atlası 2024 yılı verileri Avrupa bölgesinde DM prevalansının %9,8 olduğunu ve kıta üzerinde 66 milyon diyabetli bireyin varlığını öngörüyor. 2050 yılına gelindiğinde ise diyabetli hasta sayısının %10 artacağı tahmin ediliyor. Diyabetli hasta sayısının bu denli yüksek olması sağlık harcamalarının her geçen gün arttığını gözler önüne seriyor. Avrupa'da 2024 yılında diyabete harcanan para 193 milyar dolar ile rekor seviyelere ulaşmış durumdadır. Bu veriler Türkiye'nin de içinde olduğu Avrupa bölgesinde kişi başına düşen diyabet maliyetinin artarak dünyada ikinci sıraya yükseldiğini gösteriyor (IDF, 2025). IDF Atlası 2024 yılı verileri Türkiye'de 20-79 yaş aralığında 9,6 milyon diyabetli hastanın olduğunu ve ülkemizde DM prevalansının %16,5 oranında olduğunu öngörüyor. 2050 yılına gelindiğinde bu oranın %18,6 seviyesine yükselerek Türkiye'de yaşayan diyabetli hasta sayısının 14,1 milyona ulaşacağı tahmin ediliyor. Bu veriler Avrupa bölgesinde 2024 yılındaki diyabetli hasta sayısı dikkate alındığında Türkiye'nin ilk sırada olduğunu gösteriyor. 2050 yılı tahminleri diyabetli birey sayısının artacağını ve ülkemiz adına sıralamada bir değişim olmayacağını öngörüyor. DM prevalansının artışı hem toplum sağlığına hem de ülkemizin bütçesine verdiği zararın giderek derinleşeceğini gösteriyor.

Türkiye'de DM prevalansını belirlemek için 20 yaş ve üstü yetişkin bireylerde 12 yıl arayla gerçekleştirilen Türkiye Diyabet, Hipertansiyon, Obezite ve Endokrin Hastalıklar Prevalans Çalışması I ve II (TURDEP I ve II) taraması yapılmıştır. 1997-1998 yıllarında yapılan TURDEP-I araştırması sonuçlarına göre ülkemizde DM prevalansı %7,2 olarak belirlenmiştir. Cinsiyete göre bakıldığında erkeklerde diyabet görülme sıklığı %6,2 iken kadınlarda bu oranın %8 ile daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında BGT görülme sıklığı %6,7 olarak kayıtlara geçmiştir (Satman ve ark., 2002). TURDEP-I araştırması dünyadaki diğer

ülkelerine göre Türkiye’de diyabet prevalansının yüksek olduğunu göstermiştir. 2010 yılında tamamlanan TURDEP-II araştırma sonuçları ise Türkiye’de DM prevalansının %13,7 düzeyine yükseldiğini tespit etmiştir. Bunun yanında BGT görülme sıklığı artarak %7,9 oranına ulaşmıştır. Aradan geçen 12 yıl içerisinde diyabet yaygınlığının %90 oranında hızlı artışı yapılan araştırmada gözler önüne serilmiştir (Satman ve ark., 2013). TURDEP I ve II araştırmalarıyla ülkemizde DM’nin hızlı bir şekilde halk sağlığı sorunu haline geldiği vurgulanmıştır.

### **2.1.2. Diabetes mellitus tanısı**

Günümüzde kullanılan DM tanı kriterleri 1997 yılında Uluslararası Diyabet Uzmanları Komitesi (IDEC) tarafından geliştirilmiş olup diyabeti sınıflandırmak için kullanılmaktadır. Amerikan Diyabet Birliği (ADA) öncelikle 1997 yılında diyabet kriterlerini yayınlamış ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) iki yıl sonra bazı düzenlemelerle bu tanı kriterlerini kabul ettiğini duyurmuştur. 2003 yılına gelindiğinde ADA diyabet tanısı almayan fakat normalden daha fazla glikoz seviyesine sahip bireyler için BAG ve BGT tanı kriterlerini oluşturdu (ADA, 2013). Ülkemizde kullanılan DM tanı kriterleri ADA ölçütlerini kabul eden Türkiye Endokrinoloji ve Metabolizma Derneği (TEMĐ) tarafından iki yılda bir güncellenerek yayınlanmaktadır. TEMĐ kılavuzu Türkiye’de DM ile mücadele konusunda önemli bilgiler içermekte ve yön göstermektedir (TEMĐ, 2024).

DM tanısı aşağıda belirtilen durumlarda konulabilmektedir (Tablo 2.2);

- En az 8 saat açlık sonrasında sabah ölçülen AKG,
- 75 gram OGTT sırasında 2. saat plazma glikoz seviyesi,
- HbA1c düzeyi ve klasik hiperglisemi semptomlarının (poliüri, polidipsi, açıklanamayan ağırlık kaybı veya hiperglisemik kriz) beraberinde bulunduğu durumlarda rastgele plazma glikoz seviyesi,

DM tanısı konulurken bireyde poliüri, polidipsi, polifaji gibi hipergliseminin klasik semptomları yoksa yapılan testin farklı bir günde tekrarlanması gerekir. Bunun yanında DM tanısı farklı bir ölçüm yöntemi ile de doğrulanabilir. Elde edilen sonuçlar normalden yüksek fakat diyabet tanısı konacak değerin altında ise hastalar BAG, BGT ve yüksek risk grubu kategorisine dahil edilir. Belirtilen ara hasta grubu glikoz metabolizmasında bozulmaların başladığı prediyabetli bireyleri ifade etmektedir (ADA, 2025; TEMĐ, 2024). 2009 yılında ADA, IDF ve Avrupa Diyabet Çalışmaları Birliği tarafından oluşturulan uluslararası uzman

komitesi DM tanısı koymak için HbA1c kullanımını önermiştir (IEC, 2009). Bundan iki yıl sonra WHO yayımladığı raporuyla ulusal glikohemoglobin standardizasyon programı tarafından sertifikalanmış ve altın standart olan likid kromatografi yöntemine göre kalibre edilmiş ölçümlerin yapılması durumunda, HbA1c'nin DM tanısında kullanılmasını onaylamıştır (ADA, 2025; TEMD, 2024). Ölçümün aç veya tok iken yapılabilmesi, üç aylık ortalama glikoz metabolizması hakkında bilgi sağlaması HbA1c ölçümünün kullanılabilirliğini artırmaktadır. Bunun yanında ölçüm standardizasyonunun sağlanması ve maliyetinin yüksek olması testin kullanılabilirliğini sınırlandırmaktadır.

IDF 2024 yılında yayınladığı raporda 75 g glikoz ile yapılan OGTT sonrasında 1. saat kan şekerinin  $\geq 155$  mg/dL (8.6 mmol/L) olması durumunu "Ara Hiperglisemi" olarak tanımlıyor. Bu bireyler DM riski altında oldukları için yaşam tarzlarını değiştirmelerini tavsiye ediyor. Şayet yapılan bu test sonucunda 1. saat kan şekeri  $\geq 209$  mg/dL (11.6 mmol/L) olarak tespit edilirse ikinci bir test ile T2DM tanısının doğrulanabileceği ifade ediliyor. Yapılan çalışmalar bazı hastalarda OGTT sonrası 2. saat kan şekerinin normal aralıkta bulunduğu halde 1. saat kan şekerinin  $\geq 155$  mg/dL olduğunu tespit etmiştir. Bu durum diyabet hastalarının tanı almalarında ve DM riski altındaki bireylerin önceden belirlenmesinde önemli bir yöntem olarak görülmektedir (TEMD, 2024).

**Tablo 2.2. Diabetes mellitus tanı kriterleri (ADA, 2025; TEMD, 2024).**

	Açlık kan şekeri ( $\geq 8$ saat açlık) (mg/dL)*	OGTT 2. saat kan şekeri (75 g glikoz) (mg/dL)*	OGTT 1. saat kan şekeri (75 g glikoz)** (mg/dL)*	Rastgele Kan Şekeri (mg/dL)*	HbA1C****
Diabetes Mellitus	$\geq 126$	$\geq 200$	$\geq 209^{**}$	$\geq 200$ +Diyabet semptomları	$\geq 6.5$ ( $\geq 48$ mmol/mol)
İzole BAG	100-125***	<140			
İzole BGT	<100	140-199			
BAG+BGT	100-125	140-199			
Yüksek risk grubu					%5.7-6.4 (39-47 mmol/mol)
Ara Hiperglisemi**			$\geq 155^{**}$		

(\*: Kan şekeri venöz plazmada glikoz oksidaz veya heksokinaz yöntemi ile 'mg/dL' olarak ölçülür. DM tanısı için klasik DM semptomlarının varlığında dört tanı kriterinden herhangi birisi yeterli iken 'izole BAG', 'izole BGT' ve 'BAG+BGT' için her iki kriterin bulunması gerekmektedir. \*\*: 2024 IDF raporunda 75 g glikoz ile OGTT sırasında 1. saat kan şekeri  $\geq 155$  mg/dL olması 'ara hiperglisemi'; 1. saat kan şekeri  $\geq 209$  mg/dL olması ise ikinci bir test ile doğrulandığında DM olarak tanımlanmıştır. \*\*\*: WHO tarafından BAG kesim değerleri 110-125 mg/dL arasında belirlenmiştir. \*\*\*\*: Standardize yöntemlerle ölçülmelidir. OGTT: Oral glikoz tolerans testi, HbA1c: Glikozile hemoglobin A1c, BAG: Bozulmuş açlık glikozu, BGT: Bozulmuş glikoz toleransı.)

### 2.1.3. İnsülin direnci

Pankreas beta hücrelerinden salgılanan insülin hormonu insan vücudunun glikoz metabolizmasının düzenlenmesinde önemli görev alır. İnsülin sayesinde glikozun kas, karaciğer ve yağ dokusu gibi organlara taşınıp glikojen olarak depolanması veya glikozdan enerji üretimi gerçekleşir. Bu sebeple insülin kanda bulunun glikoz miktarını azaltır. Özellikle karaciğer üzerinde glikojenin depo edilmesini artırırken glikojenoliz ve glikoneogenez basamaklarını yavaşlatır (Accili ve ark., 2025). Vücuttaki insülinin glikozun hücre içerisine alınmasını sağlayamaması ve dolaşımdaki artan glikozun insülin salgılanmasını uyararak artırması İD olarak adlandırılmaktadır. Bu şekilde insülin ve glikozun birbirini tetikleyen mekanizması vücutta hiperinsülinemi ve hiperglisemi durumunu ortaya çıkarır. Vücuttaki yüksek insülin glikoz metabolizması üzerine olan becerilerini kaybetmiş olur. Kandaki yüksek glikozun kas ve yağ dokusu içerisine insülin aracılığıyla alınması gerçekleşemez. T2DM esasında insülin direnci ve yetersiz insülin salgılanmasının birleşiminden kaynaklandığı için insülin direnci T2DM hastalığının ayrılmaz bir patofizyoloji özelliği olarak görülür (Ferrannini, 2021). T2DM, metabolik sendrom, polikistik over, hipertansiyon, dislipidemi, ateroskleroz ve kardiyovasküler hastalar gibi bir çok hastalığın gelişmesinde ve ilerlemesinde İD'nin patofizyolojik bağlantısının olduğu bilinir (Ginsberg, 2000). Homeostatik değerlendirme modeli (HOMA-IR) İD'nin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan bir indekstir. Açlık glikoz ve insüline dayanan yöntem 1985 yılından günümüze insülin direncinin hesaplanmasında en iyi bilinen ve doğrulanmış indeks olarak kullanılmaya devam etmektedir. HOMA-IR; denklemde 8 saat açlık sonrası sabah alınan kan glikozu ve insülinin çarpımı ile 22,5 değerine bölüldüğünde pratik olarak hesaplanır.  $HOMA-IR \text{ skoru} = \frac{\text{Açlık insülin düzeyi (mIU/L)} \times \text{Açlık kan glikozu (mmol/L)}}{22,5}$  (Marjanovic Petkovic ve ark., 2023).

### 2.1.4. Diabetes mellitusun etyolojik sınıflaması

DM'nin etyolojik sınıflaması ADA tarafından 4 farklı klinik tipe göre yapılmaktadır (ADA, 2025) (Tablo 2.3.).

**Tablo 2.3. Diabetes mellitusun etyolojik sınıflandırılması (ADA, 2025).**

1. Tip I Diabetes Mellitus (T1DM): Genellikle mutlak insülin eksikliğine sebep olan pankreas beta hücrelerinde otoimmün bir yıkım vardır.
2. Tip II Diabetes Mellitus (T2DM): Genellikle insülin direnci zemininde ilerleyici insülin sekresyon defekti mevcuttur.
3. Gestasyonel Diabetes Mellitus: Gebelik sırasında ortaya çıkar ve genellikle doğumla birlikte düzelir.
4. Diğer Spesifik Diabetes Mellitus Tipleri: Ekzokrin pankreas hastalıkları, beta hücre fonksiyonlarının genetik defekti (monogenik diyabet sendromları), ilaç veya kimyasal kaynaklı meydana gelen diyabet bu gruba dahil edilir.

### ***Tip I diabetes mellitus***

Tip I Diabetes Mellitus (T1DM) vücudun insülin üretememesi sebebiyle oluştuğu için geçmişte insüline bağımlı diyabet veya çocuklarda tespit edildiği için çocukluk çağı diyabeti olarak adlandırılmıştır. Gerekli olan insülinin üretilmemesi ve mutlak bir insülin yetersizliği hastalığın temelini oluşturur. Tüm DM hastalarının yaklaşık %5-10 kısmını temsil etmektedir. T1DM olgularının %90'ı pankreas beta hücrelerinin otoimmün yıkımı sonrası gelişir. Geriye kalan %10'luk kısmı ise pankreas beta hücre yıkımının bilinen bir etyolojisi olmadan gerçekleştiği idiyopatik form oluşturur (ADA, 2013).

Otoimmüniteyi uyaran virüs, toksin veya bunun gibi çevresel faktörler genetik yatkınlığı bulunan bireylerde pankreas beta hücrelerinin yıkımını başlatabilir. Hiperglisemi ve klinik semptomlar beta hücre rezervlerinin %80-90 oranında kaybı ile kendini iyice belli eder. Kanda adacık otoantikorlar pozitif olarak görülmeye başladıktan bir yıl sonra kaybolabilir. T1DM görülme yaşı incelendiğinde 30 yaş altında başladığı ve genellikle üç pik yaptığı görülmektedir. Bunlar okul öncesi (yaklaşık 6 yaş), puberte (yaklaşık 13 yaş) ve geç adolesan dönem (yaklaşık 20 yaş) olarak ifade edilebilir. Genellikle bu bireyler zayıf kiloya sahiptir. Ağız kuruluğu, polidipsi, poliüri, açlık hissi ve yorgunluk belirtileri aniden ortaya çıkabilir. Hiperglisemiye ek olarak diyabetik ketoasidoza yatkınlık ve hipoglisemi bireylerin günlük hayatta yaşam kalitesini düşürür (TEMD, 2024).

### ***Tip II diabetes mellitus***

T2DM vücutta insülinin üretilbilmesine rağmen dokuların göstermiş olduğu İD ile karakterize olduğu için geçmişte insüline bağımlı olmayan diyabet olarak adlandırılmıştır. Hiperglisemi, insülin sekresyonunda göreceli bir azalma ve İD hastalığın temelini oluşturur. Tüm DM vakalarının %90-95'ini T2DM hastaları kapsar (ADA, 2025). Vücudun insülin kullanımını olumsuz etkileyen hücre düzeyindeki reseptör bozukluğu neticesinde mevcut glikoz hücre içerisine alınamadığı için hücre içerisinde hipoglisemi görülür. Bu durum glikozun enerji üretimi için kullanımını engeller. İnsülin işlevindeki bozukluk sonucu özellikle kas ve yağ dokusunda hücre içerisine glikoz alımı azalırken kan glikoz seviyesi normalin çok üstüne çıkar. Pankreas beta hücreleri ise mevcut yüksek glikoza cevap olarak yeterli insülin salgılayamaz (Ferrannini, 2021). Hastalığın seyrine bakıldığında insülin direnci birey tanı almadan önce oluşmuş olup hastalığın ilerleyen yıllarında ise insülin sekresyonunda azalma baskın olarak görülür. İnsülin işlev bozukluğu sonucunda karaciğerden glikoz salınımı artışıyla birlikte vücudun glikoz metabolizmasında dengesizlik baş gösterir (Schwartz ve ark., 2016). T2DM hücresel düzeyde insülin hassasiyetinde azalma, karaciğer glikoz üretiminde artış ve

pankreas beta hücrelerinde meydana gelen bozulmalar dikkate alındığında yıllar içerisinde gelişen karmaşık fizyopatolojiye sahip metabolik bir hastalıktır (ADA, 2013).

T2DM genellikle 30 yaş sonrasında görülmekle birlikte daha genç yaşlarda da obezite artışına bağlı olarak ortaya çıkabilmektedir. Yapılan çalışmalar ailede görülen genetik yatkınlığın gelecek nesillerde daha genç yaşlarda T2DM görülme riskini artırdığını gösteriyor. Hastalarda abdomen bölgesinde yağlanma artışı ile birlikte obez ve fazla kilolu bir fenotip hakimdir. Sinsi bir şekilde gelişen hastalık vücutta mikrovasküler (nefropati, nöropati, retinopati) ve makrovasküler (KVH, periferik arter hastalığı, serebrovasküler hastalıklar) komplikasyonlara sebep olabilmektedir. Makrovasküler komplikasyonlardan KVH'nın diyabet hastalarında en önemli morbidite ve mortalite nedeni olduğu belirtilmektedir. Koroner arter hastalığı riski T2DM hastalarında diyabet hastası olmayanlara göre 2-4 kat daha yüksek bulunmuştur. Bu hastaların %60-75'i bahsedilen makrovasküler komplikasyonlar nedeniyle hayatını kaybetmektedir (TEMD, 2024). Özellikle ateroskleroz diyabet hastalarında erken yaşlarda başlamakla birlikte vücutta yaygın bir tutulum seyredir. T2DM hastaları kardiyovasküler hastalıklara yakalanma ve önleme adına takip edilmeli gerekli tedavi programları uygulanmalıdır.

### **2.1.5. Prediyabet ve tanı kriteri**

Prediyabet; tanımlamadan da anlaşılacağı üzere diyabet hastalığının öncesinde görülen duruma verilen isimdir. Prediyabet gelecekte T2DM riski taşıyan kişileri tanımlamak için kullanılmasının yanında, yüksek kardiyak ve metabolik risk faktörlerini beraberinde taşımasıyla dikkat çeker. Sağlıklı kişilerin kan glikoz seviyeleri günlük hayatta normal sınırlar içinde seyrederken prediyabetli bireylerde ise bu durum farklıdır. Prediyabetli bireyler sağlıklı kişilere göre daha yüksek kan glikoz seviyesine sahiptir. Tam anlamıyla T2DM tanısı konulmamış fakat sağlıklı kişilerden daha yüksek kan glikoz seviyesine sahip bireyler prediyabetli olarak adlandırılır (Rooney ve ark., 2023). Bu bireyler T2DM kriterlerini taşımasına rağmen karbonhidrat metabolizmalarında normal olmayan disglisemi durumu mevcuttur. Disglisemi kardiyovasküler hastalar için risk faktörü olarak bilinir. Prediyabet, BAG ve/veya BGT ile karakterizedir. Prediyabetli bireylerde BAG ve BGT aynı anda görülebileceği gibi tek başına da görülebilmektedir Hem BAG hem de BGT değerlerine sahip prediyabetli bireylerin glikoz metabolizmasındaki bozulma ciddi seviyelere ulaşmış durumdadır. Kan glikoz seviyesinin yüksek olması neticesinde HbA1c değerleri de normalin üstünde seyretmektedir.

Prediyabetli bireyler ADA kriterlerine göre; BAG [açlık kan glikozu 100-125 mg/dL (5,6-6,9 mmol/L)] veya BGT [75 g OGTT sonrasında 2. saat glikoz 140-199 mg/dL (7,8-11 mmol/L)] veya normalden yüksek HbA1c [%5,7-6,4 (39-47 mmol/mol)] değerlerine sahip kişilerdir. Bu üç değişkene göre prediyabet tanısı konmaktadır (ADA, 2025) (Tablo 2.4.). Ülkemizde prediyabet tanısı TEMD tarafından ADA ölçütleri dikkate alınarak uygulanmaktadır (TEMD, 2024).

**Tablo 2.4. ADA prediyabet tanı kriterleri (ADA, 2025).**

Açlık kan şekeri ( $\geq 8$ saatlik açlık)	100-125 mg/dL (5,6-6,9 mmol/L)
OGTT 2. saat kan şekeri (75 g glikoz)	140-199 mg/dL (7,8-11 mmol/L)
HbA1c	%5,7-6,4 (39-47 mmol/mol)

OGTT: Oral glikoz tolerans testi, HbA1c: Glikozile hemoglobin A1c

WHO tanı kriterinden BAG alt değerlerini 110 mg/dL (6,1 mmol/L) olarak tanımlamakla birlikte prediyabet tanısı için HbA1c kullanımını benimsememektedir (Echouffo-Tcheugui ve Selvin, 2021). ADA 1997 yılında WHO ile aynı değerleri tanı kriteri olarak kabul etmekteydi. 2003 yılına gelindiğinde ise BAG tanımının daha iyi anlaşılması ve BGT ile diyabet oluşturma riski benzerliğinden dolayı ADA tanı kriterini güncellemiştir (ADA, 2003). IDF diyabet öncesinde görülen prediyabet durumunu ara hiperglisemi olarak adlandırmaktadır. IDEC üç aylık ortalama plazma glikoz konsantrasyonunu gösteren HbA1c değerinin %5,7-6,4 (39-47 mmol/mol) seviyelerine ulaşmış bireylerin yüksek risk grubunda olduğunu söyler. Bu prediyabetli bireyleri yüksek risk grubunda kabul ettiği için diyabet gelişimini engellemek ve farkındalığı artırmak adına koruma çalışmalarına katılmalarını belirtir. Diğer parametrelerin yanında HbA1c değerlerinin düzenli kontrol edilmesi, prediyabetli bireylerin kan glikoz seviyesindeki uzun süreli dalgalanmaları takip etmede kullanılan kıymetli bir veri sağlamaktadır.

### 2.1.6. Prediyabet epidemiyolojisi

IDF Atlası 2024 yılı verileri dünya çapında 20-79 yaş aralığındaki yetişkin nüfus BAG prevalansının %9,2 olduğunu ve 487,7 milyon bireyin etkilendiğini öngörüyor. 2050 yılına gelindiğinde bu oranın %9,8'e yükseleceğini ve sayının artarak 647,5 milyon bireye ulaşacağını tahmin ediyor. Yine IDF 11. Atlasına göre 2024 yılı verileri dünya çapında 20-79 yaş aralığındaki yetişkin nüfus BGT prevalansının %12 olduğunu ve 634,8 milyon bireyin etkilendiğini öngörüyor. 2050 yılına gelindiğinde bu oranın %12,9'a yükseleceğini ve sayının artarak 846,5 milyon bireye ulaşacağını tahmin ediyor (IDF, 2025). Bu veriler dünya nüfusu üzerinde prediyabet riskinin her geçen gün arttığını gösteriyor. Geçmiş yıllara göre prediyabet

prevalansının sürekli yükselmesi kardiyovasküler hastalık riskinin arttığını gözler önüne seriyor. Her prediyabetli bireyin potansiyel T2DM hastası olması dünyanın prediyabetle mücadeleyi daha fazla önemsemesini zorunlu kılıyor.

Ülkemizde 1997-1998 yıllarında yapılan TURDEP-I araştırma sonuçlarına göre BGT prevalansı %6,7 olarak tespit edilmiştir (Satman ve ark., 2002). 12 yıl aradan sonra 2010 yılında tamamlanan TURDEP-II araştırma sonuçları ise izole BAG, izole BGT ve kombine BAG+BGT prevalansının sırasıyla %14,7, %7,9, %8,2 olduğunu bildirmiştir. Bu şekilde prediyabet kaba prevalansı %30,8 seviyesinde tespit edilmiştir (Satman ve ark., 2013). TURDEP-II araştırmasına göre kadınlarda erkeklere göre izole BGT ve kombine BAG+BGT daha yaygın görülmektedir. 2010 yılında Türkiye’de 6,5 milyon DM hastası ve 14,5 milyon prediyabetli bireyin olduğu öngörülmüyor. Araştırma bu sonuçların ülkemiz adına üzücü olduğunu ve diyabetin önlenmesi için planlamaların hızlandırılması gerektiğini söylüyor (Satman ve ark., 2013). Ülkemizde prediyabetin kadınlarda daha fazla görülmesi toplum sağlığı adına alınacak koruyucu önlemlerin kadınlar üzerinde daha fazla yoğunlaştırılması gerektiğini düşündürüyor.

#### **2.1.7. Prediyabet ve T2DM riski**

T2DM ile prediyabet arasında güçlü bir bağ vardır (Albright ve Gregg, 2013). T2DM hasta sayısı dünya genelinde artış gösterdiği bilinmektedir. Modern dünyanın bir sorunu olan sedanter yaşam tarzı prediyabet risk faktörleri arasında önemli bir yer tutar. Yaşam koşullarının iyileşmesi neticesinde dünya genelinde artan ortalama yaş, obezite ve fiziksel aktivite eksikliği prediyabet hasta sayısındaki artışa davetiye çıkarmaktadır (ElSayed ve ark., 2022). Prediyabetli bireylerde BGT ve BAG aynı anda görülebileceği gibi tek başına da görülebilir. BGT olan kişilerin sadece %20-25’inde BAG görülür. BAG olan kişilerin ise %30-45’inde BGT mevcuttur (Abdul-Ghani ve ark., 2006). Prediyabetli bireylerin karbonhidrat metabolizmasında görülen bu bozulmalar vücudun glikoz düzenlemesini olumsuz yönde etkiler. BAG ve/veya BGT ilerleyen yıllarda diyabete dönüşebilir. Prediyabetli bireylerin yaklaşık %50’si önündeki 5 yıl içinde T2DM hastalığına yakalanır. (Richter ve ark., 2018). T2DM ve prediyabet arasındaki bu ilişki hastalığa eşlik eden komplikasyonlar üzerinde önemle durulması gerektiğini gösterir. Prediyabet kan glikoz seviyesindeki denge bozukluğu olarak öne çıksa da birden fazla hastalığı barındırır. Prediyabetli bireylerde kronik böbrek hastalığı, ateroskleroz, koroner arter problemleri ve KVH görülme riski artar (Pan ve ark., 2019). KVH riski mortaliteyi artıran halk sağlığını derinden etkileyen bir durumdur.

### **2.1.8. Prediyabet ve obezite**

Toplumda artan obezite DM prevalansını ve insidansını artırmıştır. Küresel planda hareketsiz yaşam ve obezite, prediyabetli kişi sayısının artışının yanında DM komplikasyonlarına davetiye çıkarır. Prediyabet görülme yaygınlığı obez bireylerde normal kilolu yetişkinlere göre önemli ölçüde daha yüksek seyrederek. Prediyabetli olduğunu bilen yetişkin bireylerin %80'inden fazlası aşırı kilolu veya obezdir (Echouffo-Tcheugui ve Selvin, 2021). T2DM tanısı almış bireylerin yarısından fazlası insülin direncine sahip olmanın yanında aynı zamanda obez bir vücuda sahiptir. VKİ 30'un üzerinde olan obez kişilerde DM gelişme oranı yüksektir. Özellikle çevresel faktörler göz önüne alındığında sedanter yaşam tarzı obeziteyle birlikte vücut yağ yüzdesini artırır. Artan kilo ve yağ yüzdesi kişileri günlük hayatta hareketsiz bir yaşam tarzına doğru sürükler. Geline nokta sedanter yaşam vücut kas kütlelerinin azalmasına ve glikoz metabolizmasında dengesizliğe sebep olur. Özellikle T2DM oluşmadan prediyabetli bireylerin vücut yağ yüzdesini azaltmaları ve kas kütlelerini artırmaları egzersiz reçetelerinde belirtilmektedir (Sudesna ve ark., 2017).

### **2.1.9. Prediyabet ve endotel disfonksiyonu**

Endotel mezoderm tabakasından köken alan tek katlı yassı epitel hücrelerden meydana gelmektedir. Kan damarlarının tüm iç yüzeylerini kaplamasının yanında dolaşımdaki kanı dokulardan ayırır. Bu şekilde seçici geçirgen bir duvar oluşturduğu için fiziksel koruma sağlar. Endotel aktif endokrin bir organ gibi kendisine ulaşan uyarılara karşı gerekli maddeler salgılayarak hem vazomotor dengeyi hem de vasküler doku homeostazisini korur (Esper ve ark., 2006). Otokrin, parakrin ve endokrin bir organ olarak vasküler düz kas hücreleri üzerinde vazodilatasyon ve vazokonstriksiyon yaparak kasılma gevşeme dengesini sağlar. Prostatiklin, nitrik oksit ve endotel kaynaklı gevşetici faktör endotelde vazodilatasyon oluştururken anjiyotensin II ve endotelin-1 vazokonstriksiyon yapar (García-Palmieri, 1997). Hemostaz sürecinde protrombotik ve antitrombotik madde dengesini sağlayarak pıhtılaşma mekanizmalarında görev alır. Lökosit aktivasyonu ve adezyonunda görev alarak immün yanıtın etkinliğine katkı verir. Hücre çoğalması ve göçünde aktif rol aldığı için anjiyogenez ve neovaskülarizasyon etkinliğinde artış sağlar (Born, 1997). Damar duvarında LDL birikmesini engelleyerek lipid oksidasyonunda düzenleyici ve koruyucu bir görev üstlenmiş olur. Endotel, fonksiyonları itibariyle hayati öneme sahip görevler üstlenmiştir (Rubanyi, 1993).

Endotel, nitrik oksit gibi damar düz kas tonusunu düzenleyen maddeler salgılayarak dolaşım homeostazisine katkı sağlar. Nitrik oksit; L-arginin aminoasitinden endotelial nitrik oksit sentaz (eNOS) enzimiyle vasküler endotel hücreleri tarafından üretilir (Loscalzo ve

Welch, 1995). Vasküler damar boyunca kan akımı ile meydana gelen kayma stresi endotelden nitrik oksit salınımını uyarır. Oluşan nitrik oksit vazodilatasyona sebep olarak damar genişlemesini sağlar (Miura ve ark., 2001). Nitrik oksit yapımının azalması ve yıkımının artması ile damar duvarında vazodilatasyon, anti-koagülasyon ve anti-inflamasyon fonksiyonlarında azalma görülmektedir. Damar duvarında vazokonstriksiyon, tromboz ve inflamasyon bulgularının artması endotel disfonksiyonu olarak tanımlanmaktadır (Gkaliagkousi ve ark., 2015). Endotel disfonksiyonu ateroskleroz gelişimini artırmakta ve KVH oluşum sürecini hızlandırmaktadır. Endotel fonksiyonları non-invaziv bir yöntem olan FMD ile değerlendirilebilmektedir (Hardie ve ark., 1997). Yüksek rezolüsyonlu ultrasonografi yöntemi ile kol üzerinde yüzeysel seyreden brakial arterden ölçülecek FMD, koroner arterlerle uyumlu şekilde endotel fonksiyonları yansıtır (Leeson ve ark., 1997).

Prediyabet ve devamında ortaya çıkan T2DM'de görülen hiperglisemi, İD endotel disfonksiyonuyla yakından ilişkilidir (Huang ve ark., 2017). İD'de görülen GLUT-4 yapı ve fonksiyonundaki bozulma, nitrik oksit aktivitesinin azalmasıyla birlikte endotel disfonksiyonunda rol alır (Milman ve Crandall, 2011). Prediyabette görülen küçük ve büyük ölçekteki endotel disfonksiyonu sonucunda ortaya çıkan sirkadiyen kan basıncı anormallikleri, bireylerin KVH açısından risk altında olduğunu ortaya koyar (Buyschaert ve ark., 2015). Prediyabetli bireylerde endotel disfonksiyonu üzerine yapılmış çalışma verileri çok az ve kısıtlıdır. Yapılan çalışmalar elde edilen biyokimyasal ve FMD verilerinin prediyabetli bireylerde endotel disfonksiyonu olduğunu göstermektedir. Dünyada her geçen gün sayısı artan prediyabet popülasyonunda KVH riskini azaltmak ve endotel disfonksiyonu gelişim süreci hakkında literatüre daha fazla bilgi aktarmak için yeni çalışmalara ihtiyaç vardır (Lamprou ve ark., 2023).

#### **2.1.10. Prediyabet ve nöropati**

T2DM birden fazla komplikasyona neden olabilen metabolik bir hastalıktır. KVH ve serebrovasküler hastalıklar kronik makrovasküler komplikasyonlar arasında yer alır. Nöropati, retinopati ve nefropati ise mikrovasküler komplikasyon olarak T2DM'li hastalarda yaşam kalitesini düşürür (Beckman ve Creager, 2016). Nöropatinin oluşumu ve başlama zamanı; obezite, cinsiyet, diyabetin başlama yaşı, süresi, HbA1c seviyesi gibi parametrelere bağlıdır. Bunların yanında sigara kullanımı, depresyon ve anksiyete gibi faktörlerinde etkili olabileceği bildirilmiştir (Gylfadottir ve ark., 2020).

Nöropati; duyu, motor ve otonom sinir liflerinin etkilenimiyle meydana gelmektedir. DM hastalarında periferik ve otonom nöropati en çok karşılaşılan komplikasyonlardandır.

Hipergliseminin süresi ve şiddetiyle ilişkili olan periferik nöropati simetrik ve distal olarak seyreder (Dyck ve ark., 2006). Otonomik nöropati ise daha çok iç organları etkileyen simetrik tutulum olmayan ve dalgalanmalar halinde etki gösteren bir yapıya sahiptir (Ang ve ark., 2022). Diyabetik nöropati sinir liflerinde hasara neden olduğu için ağrı ve kuvvet kaybına neden olur. Duyusal ve proprioseptif kayıp denge güçlüğüne sebep olmakla birlikte yürüme problemlerini meydana getirir. Tüm bunlar T2DM ve prediyabetli bireylerin günlük hayattaki bağımsızlığını azaltarak sakatlanmalarına davetiye çıkarır. Literatür incelendiğinde egzersiz ve yaşam tarzı değişiklikleri DM prevalansını ve komplikasyonlarını azaltır. (Kluding ve ark., 2012). Egzersiz ile birlikte kas kuvveti, duyuşal girdi, koordinasyon ve genel vücut sağlığında iyileşmeler sağlanabilir. Prediyabetli bireylerin ilerleyen yıllarda diyabet komplikasyonlarıyla karşı karşıya kalmaması ve gerekli önlemlerin alınması için tarama programlarına alınmalıdır. Tespit edilen proprioseptif ve duyuşal kayıp yaşam tarzı değişiklikleri ve gerekli egzersiz programlarıyla tedavi edilmelidir.

#### **2.1.11. C-peptit**

İnsülin pankreas beta hücrelerinde üretilir ve salgılanır. Kan şekerini düşürmek ve belirli bir aralıkta tutmak için insülin hormonu büyük öneme sahiptir. Glikoz metabolizma homeostazisinin sağlanabilmesi ve korunabilmesi beta hücre fonksiyonlarıyla yakından ilişkilidir (Ludvigsson, 2013). İnsülin molekülünün iki zincirini birbirine bağlayan c-peptit, insülin ile birlikte proinsülin molekülünü oluşturur. C-peptit, proinsülin molekülünden ayrılarak eşit miktardaki insülin ile birlikte beta hücrelerinden salgılanır (VanBuecken ve Greenbaum, 2014). İnsülin hormonun yarı ömrü birkaç dakika olmasının yanında büyük oranda karaciğerde yıkılır. C-peptit yaklaşık yarım saatlik yarı ömrü ile karaciğerde ihmal edilebilir seviye yıkılırken büyük oranda böbreklerde katabolize edilir. C-peptit yarı ömrü insüline göre daha uzun olduğu için dolaşımında yaklaşık beş kat daha yüksek yoğunlukta bulunur. C-peptit bu özelliklerinden dolayı hem pankreas beta hücre fonksiyonu hem de endojen insülin sekresyonu değerlendirmesinde yaygın olarak kullanılır (Jones ve Hattersley, 2013). Prediyabet oluşma ve T2DM gelişme basamakları incelendiğinde C-peptit seviyesi takibi hastalığın seyri için anlamlı veriler sağlar.

#### **2.1.12. C-reaktif protein**

CRP molekülünün koroner arter hücrelerinin yanındaki ateroskleroz gelişimi olan damar duvarında ve karaciğerde sentezlendiği bilinir (Yasojima ve ark., 2001). İnsan vücudunda inflamasyon varlığının bir belirteci olarak CRP düzeyleri klinik bilgi sağlar. İlk tanımlanan akut faz proteini olan CRP, doku hasarı ve enfeksiyona karşı bir cevap olarak

karaciğerden salgılanır (Yeh ve Palusinski, 2003). Yapılan çalışmalar KVH riski taşıyan T2DM hastalarında vücutlarındaki inflamasyon sebebiyle CRP seviyelerinin normalden yüksek seyrettiğini göstermiştir (Ridker ve ark., 2002). İnflamasyon varlığının belirteci olan yüksek CRP seviyelerinin aterosklerozun ilerlemesi ve endotel disfonksiyonuyla bağlantısı olduğu bilinir. Endotel fonksiyonları, ateroskleroz plaklar ve inflamasyon cevabı değerlendirmek için CRP seviyeleri KVH riski taşıyan hastalarda takip edilir (Venugopal ve ark., 2002). KVH riski altında olan prediyabetli bireylerde glikoz metabolizmasındaki bozulma neticesinde inflamasyon artışı görülebilir. Bu yüksek inflamasyon CRP düzeyleri takip edilerek hastalığın ilerleyişi hakkında bilgi sağlanır.

## **2.2. Egzersiz**

Fiziksel aktivite günlük enerji harcamasını artıran faaliyetler olarak tanımlanabilir. Yürüme, koşma, dans, kol ve bacak hareketlerini içeren etkinlikler kalp ve solunum hızını artıran fiziksel aktivitelere örnek olarak verilir (Caspersen ve ark., 1985). Egzersiz ise fiziksel aktivitelerin düzenli olarak belirli bir şiddet, süre ve frekansta yapılmasıyla gerçekleştirilir. Egzersiz eğitimi planlı ve düzenli olarak yapılan fiziksel aktivitenin bir alt kümesi olarak düşünülebilir (Howley ve Edward, 2001). Egzersizin insan sağlığına olan faydalarını her geçen gün daha iyi anlamaktayız. Birçok organ ve dokunun insan vücudunda homeostaziye yaptığı fayda incelendiğinde iskelet kaslarımızın fizyolojik mekanizmalara katkısının çok kıymetli olduğu aşikardır. Bireyin egzersiz ile iskelet kaslarının gelişimi diğer organ ve dokularda olumlu sonuçlar doğurur. İskelet kaslarının hacim ve kütesindeki artış başta glikoz metabolizması olmak üzere vücudun çeşitli yaşamsal homeostazisine fayda sağlar (Garber ve ark., 2011). Egzersiz; T2DM, hipertansiyon, obezite ve metabolik sendrom gibi hastalıkların engellenmesi ve tedavisinde kullanılır. Düzenli yapılan egzersiz bireyin maksimum oksijen kapasitesinde artış, kalp hızı ve kan basıncında iyileşme, iskelet kaslarının kılcal damarlarında yoğunluk artışı yaparak kardiyovasküler ve solunum sistemi üzerine olumlu kazanımlar sağlar. Vücut yağ oranı, iç organ yağlanması, serum trigliserit düzeyi ve insülin ihtiyacında azalma sağlarken HDL artışını destekleyerek KVH risk faktörlerinden bireyi korur (Pescatello ve ark., 2004). Günümüzde hareketsiz yaşam nedeniyle birçok halk sağlığı sorunu gün yüzüne çıkmaktadır. Egzersiz kas kuvvetini, vücut esnekliğini ve iyilik halini artırıp fazlası vücuda yük olan biçimsiz yağ kütesini azaltarak vücut kompozisyon mimarisini için vazgeçilmez bir reçetedir.

### 2.2.1. Aerobik egzersiz

Aerobik egzersizler vücudumuzda büyük kas gruplarının faaliyete geçtiği kalp hızı ve enerji harcamasının yüksek seviyelere çıktığı eğitimlerdir. Tempolu yürüme, bisiklet sürme, yüzme gibi aerobik egzersizler kişiye dayanıklılık kazandırır.  $Vo_{2max}$  (mL/kg/dk) olarak adlandırılan dakikada vücudun kullanabileceği zirve oksijen miktarı aerobik egzersizler sırasında artmaktadır (ACSM, 2000). Aerobik egzersiz kelime anlamı olarak oksijen kullanılarak yapılan düzenli aktiviteleri ifade ettiği için kardiyorespiratuar uygunluk, kardiyovasküler dayanıklılık ve aerobik kapasiteyi geliştirdiği bilinir. İskelet ve kas sisteminin aktif olarak çalıştığı aerobik egzersizlerin düzenli bir şekilde yapılması kardiyovasküler sistem başta olmak üzere vücut sağlığında ciddi iyileşmeler sağlar (Boulé ve ark., 2001). Aerobik egzersizlerin şiddeti istirahat metabolik hızın (MET) katları, oksijen tüketim rezervi ( $Vo_2R$ ), maksimum kalp hızı ( $HR_{max}$ ), kalp hızı rezervi yöntemi (HRR) ve kilogram başına dakikadaki maksimum oksijen tüketimi ( $VO_{2max}$  mL O<sub>2</sub>/kg/dk) yüzdesi kullanılarak yapılır. ACSM sağlıklı bireylerde genel sağlığın korunması ve geliştirilmesi için haftada 150 dakika orta şiddette veya haftada 75 dakika yüksek şiddette aerobik egzersizin yapılmasını tavsiye eder. Anaerobik egzersiz ise glikoz ve kreatin fosfat depolarının hızlı bir şekilde kullanıldığı aerobik kapasitenin üstünde performans açığa çıkaran egzersizlerdir. Kısa mesafe engelli koşu, zıplama, ani güç çıkışları gerektiren sporlar ve direnç egzersizleri anaerobik egzersizlere örnek olarak verilebilir. Düşük yoğunluklu uzun süreli egzersizler aerobik egzersizlerin özelliği iken kısa süreli ve yüksek yoğunluklu egzersizler anaerobik egzersizlere örnek oluşturur (Howley ve Edward, 2001).

Aerobik ve direnç egzersizi glikoz metabolizmasında önemli iyileşmeler sağlar. Yapılan çalışmalar düzenli yapılan egzersizin T2DM hastalarında glikoz toleransında iyileşme, insülin duyarlılığında artış ve HbA1c değerlerinde azalma sağladığını göstermektedir (Snowling ve Hopkins, 2006). Egzersiz aynı zamanda KVH risk faktörlerini azaltarak bireylerin yaşam kalitesini yükseltir. Düzenli yapılan egzersiz prediyabetli bireylerin ilerleyen zamanda T2DM hastası olmasını önleyebilir veya geciktirebilir (Knowler ve ark., 2002). Hem prediyabetli bireyler hem de T2DM hastaları glikoz metabolizması ve günlük hayattaki refah seviyesini iyileştirmek için egzersizi haftalık programlarına almalıdır. T2DM hastaları her iki egzersiz türünü tek başına yapılabileceği gibi kombine şeklinde hem aerobik hem de direnç egzersizini hafta içerisinde uygun periyotlarda yapabilir. ACSM ve ADA ortak bildirisinde T2DM hastalarının toplamda 150 dakika olacak şekilde haftada en az 3 gün orta şiddette ( $Vo_{2max}$ 'ın %40-60) aerobik egzersiz yapmalarını tavsiye eder. Bunun yanında tempolu yürüyüşün orta

şiddetli aerobik bir egzersiz olduğunu daha fazla fayda sağlanabilmesi için egzersizin şiddetinin artırılabilceğini belirtir (Colberg ve ark., 2010).

### **2.2.2. Direnç egzersizi**

Direnç egzersizleri vücudumuzdaki izole kas gruplarını kullanarak bir ağırlığı hareket ettirmek veya dirençli bir yüke karşı güç üreterek yapılan eğitimlerdir (Yang ve ark., 2014). En kolay ve basit olarak kum torbaları, elastik direnç bantları direnç egzersizleri için kullanılabilir. Belirli ağırlıkların kullanıldığı yaklaşık 8-10 farklı egzersiz ekipmanından oluşan istasyon eğitimi ise istenilen vücut kaslarını izole olarak çalışma imkanı sağlar (Kraemer ve Ratamess, 2004). Direnç egzersizi kas iskelet sistemi üzerinde motor performans ve kas hipertrofisini artırdığı için düzenli olarak yapılan direnç egzersizi kas kuvveti, güç ve kas dayanıklılığını geliştiren kıymetli bir egzersiz türüdür. Direnç egzersizinin şiddeti 1 maksimum tekrarın belirlenmesiyle ayarlanır. Bireyin normal eklem hareket açıklığı içerisinde sadece bir kere kaldırılabilirdiği en fazla ağırlığa 1 maksimum tekrar denir. Birey ilk hareketin ardından ikinci defa ağırlığı kaldıramaz çünkü tek seferde en fazla ağırlığı kaldıramıştır. Bu şekilde belirlenen 1 maksimum tekrarın yüzde ağırlıkları direnç egzersizinin şiddetinin belirlenmesinde kullanılır.

ACSM kas fonksiyonlarının korunması ve geliştirilmesi için sağlıklı bireylerde 1 maksimum tekrarın %60-70 şiddetinde, 2-4 set, 8-12 tekrar olacak şekilde büyük kas gruplarını içeren 8-10 farklı egzersizin haftada 2-3 gün yapılmasını önerir (Garber ve ark., 2011). Yeni başlayanlarda egzersiz şiddetinin orta şiddetin biraz altından başlatılabileceği ve kademeli olarak artırıldığında kas gelişiminin görüleceği belirtilir. Kas fonksiyonları geliştikçe direnç, set ve tekrar sayıları artırılabilir. Her set arasında 2-3 dakikalık dinlenmelerin yapılması önemlidir. Direnç egzersizinin başında ve sonunda yapılacak esneme ve germe hareketlerinin yaralanmalara ve toparlanmaya katkı sağlayacağı belirtilmektedir.

Direnç egzersizi iskelet kaslarında kuvvet ve dayanıklılık gibi fonksiyonları geliştirerek kas zindeliğini artırır. Kas kütesinin artması vücut homeostazisi üzerinde olumlu sonuçlar meydana getirir. Egzersizle birlikte kas kasılma mekanizması ve glikoz kullanımında önemli kazanımlar sağlanır. İskelet kasının içerisine glikoz molekülünün taşınması GLUT proteinleri aracılığıyla gerçekleştirilir. İnsülin ve iskelet kas kontraksiyonu hücre zarındaki GLUT-4 proteinlerini uyararak iskelet kasının içerisine glikoz girişini sağlar (Colberg ve ark., 2010). T2DM hastalarında meydana gelen glikoz metabolizmasındaki bozulmalar neticesinde GLUT-4 işlevselliği olumsuz yönde etkilenir. Hem aerobik hem de direnç egzersizleri T2DM hastalarında bozulmuş glikoz mekanizmasına rağmen GLUT-4 translokasyonunu artırarak

hücre içerisine glikoz girişini artırır (O'Gorman ve ark., 2006). Direnç egzersizinin iskelet kası üzerinde insülin duyarlılığını artırması T2DM hastalığına yakalanma riski olan prediyabetli bireyler için önemli bir reçete olarak görülmektedir. ACSM diyabet ve prediyabet hastaları için hem aerobik hem de direnç egzersizini haftalık düzenli bir program dahilinde yapmalarını tavsiye etmektedir. Direnç egzersizi hastanın durumuna göre haftada 2-3 gün orta şiddette (1 maksimum tekrarın %50-69) veya yüksek şiddette (1 maksimum tekrarın %70-85) büyük kas gruplarını içeren 8-10 farklı egzersiz olacak şekilde 1-3 set, 10-15 tekrar ile planlanabilir (ACSM, 2018). Esneme hareketleri eklem hareket açıklığını koruması, kas tonusunu düzenleyen germe egzersizlerini içermesinden dolayı egzersiz reçetesine eklenmelidir (Colberg ve ark., 2010; Garber ve ark., 2011).

### 2.2.3. Kas kasılma tipleri

Egzersiz temelde kas kasılması (kontraksiyon) tiplerine göre yapılan fiziksel aktivitelerdir. Kas kasılma tipleri incelendiğinde izometrik, izotonik (konsantrik-eksantrik) ve izokinetik kas kontraksiyonları karşımıza çıkmaktadır.

**İzometrik kasılma:** İzometrik kasılmada kas liflerinde kısılma veya uzama olmaz. Yani kas uzunluğunda herhangi bir değişiklik meydana gelmeksizin kas geriliminde (tonus) artışın yaşandığı kasılma tipidir. Kasa dışardan uygulanan direnç izometrik kasılmayı yendiği için eklemden herhangi bir hareket görülmez. Yürüyüşün duruş fazında vücut ağırlığımızı taşıyan ekstremitelere kasları izometrik olarak kasılır. Kasın boyunun kısılmadığı izometrik kasılmada kontraktıl elemanlar olan aktin ve miyozin proteinleri çapraz köprü oluşturarak sarkomer boyunu kısaltır (McArdle ve ark., 2000; Wilmore ve Costil, 1999). Fakat fasya, tendon ve kiriş gibi kasın elastik elemanları ile aktinin ve titin gibi elastik proteinlerde meydana gelen esneme sarkomer boyundaki kısılmayı kompanse etmektedir. Eklemden açısal bir değişiklik olmadığı için taşınmak istenen yük hareket etmez. Bundan dolayı izometrik kasılmada temel olarak iş ortaya çıkmaz (Brown ve Weir, 2001).

**İzotonik kasılma:** Boy uzunluğunun değiştiği fakat kasın geriliminin sabit kaldığı kasılma tipidir. Günlük hayatta kullandığımız kas aktivitelerinin büyük kısmını izotonik kasılmalar oluşturur. İzotonik kasılma konsantrik ve eksantrik kasılma olmak üzere iki tipte incelenir (Abernethy ve Jürimäe, 1996).

**a- Konsantrik kasılma:** Konsantrik kasılmada üretilen kuvvet dışarıdan uygulanan direnci yener. Eklem hareket açıklığında daralma ve kas boyunda kısılma gerçekleşir. Kas kontraksiyonu sırasında aktin ve miyozin yapısal proteinleri çapraz köprü döngüsünü oluşturur ve sarkomer boyunu kısaltır. Kas boyunun kısılması ile

yük, eklem hareket açıklığı içerisinde hareket ettirildiği için yer çekimine göre pozitif iş yapılmış olur (Andersen ve ark., 2005). Konsantrik kasılma sırasında eklem hareketi gerçekleşerek iş yapıldığı için dinamik kasılma olarak da isimlendirilir. Günlük hayatta gerçekleştirdiğimiz klavye tuşlarına basarak metin yazmak, buzdolabının kapağını açmak gibi aktiviteler kasın boyunu kısaltarak gerçekleştirilen konsantrik kasılmaya örnek verilebilir (McArdle ve ark., 2000; Wilmore ve Costil, 1999).

**b- Eksantrik kasılma:** Eksantrik kasılma ise kas kontraksiyonu eksenine zıt yönde daha kuvvetli bir direnç uygulanması neticesinde kasın boyunun uzayarak kasılmasına denir. Uygulanan direnç kas kontraksiyonunu yendiği için eklem hareket açısı genişler ve kas boyu uzayarak gerim artar. Aktin ve miyozin protein çapraz köprüleri birbirine bağlı kalmaya çalışırken elastik elemanlarda büyük bir gerilim oluşur. Eksantrik kasılma ile oluşan net gerilim kuvveti kasın kendi başına ürettiği kuvvetten daha fazladır (Bruce ve ark., 1997). Dinamik bir kasılma olan eksantrik kontraksiyon yerçekimi yönünde gerçekleştiği için negatif iş yapılmış olur. Günlük hayatta merdiven inme ve rampa aşağı yürüme sırasında ayak kaslarımızda eksantrik kontraksiyon görülür. Gün içerisinde iskelet kaslarımızda konsantrik ve eksantrik kasılmalar birbiri ardına gerçekleştiği için fiziksel aktiviteleri mükemmel bir şekilde gerçekleştirebilmekteyiz (McArdle ve ark., 2000; Wilmore ve Costil, 1999).

**c- İzokinetik kasılma:** İzokinetik kasılma sırasında meydana gelen kontraksiyonun hızı sabittir ve değişim göstermez. İzotonik kontraksiyondan farklı olarak izokinetik kontraksiyon sırasında istenilen eklem hareket açıklığı boyunca gerçekleşen hareket sabit bir açısal hızda tamamlanır. İzotonik kontraksiyonda eklem hareket açıklığı boyunca kas, farklı açısal hızlarda hareketi gerçekleştirir. Bundan dolayı izotonik kontraksiyonda açısal hızı sabitlemek söz konusu değildir (Brown, 2000; Findley ve ark., 2006). İzokinetik kontraksiyon fazları incelendiğinde üç temel dönemden meydana geldiği görülür (Tablo 2.5.).

**Tablo 2.5. İzokinetik kontraksiyon fazları (Findley ve ark., 2006).**

<b>İvmelenme Fazı:</b> İstenilen hareketin oluşabilmesi için gerekli olan hızlanma fazı
<b>Yüklenme Fazı:</b> Hareketin önceden belirlenen sabit açısal hızda uygun dirence karşı yapıldığı faz
<b>Yavaşlama Fazı:</b> İzokinetik hareketin sonlandırılmadan önceki, hızın azaltıldığı faz

#### 2.2.4. İzokinetik dinamometre test ve egzersiz sistemi

İzokinetik dinamometre test ve egzersiz sistemleriyle hem istenilen kasa kuvvet testi yapılabilir hem de istenilen açısal hızda kas kuvvetlendirmesi yapılabilir. İDE çeşitli açısal hızlarda kas kontraksiyonu içerdiği için istenilen kuvvet seviyesine ulaşmak daha fonksiyoneldir (Şekil 2.1.) (Yang ve ark., 2020). Egzersiz yaparken sakatlanma ve yaralanma olmadan iskelet kas sisteminin en verimli şekilde nasıl çalışacağını bilmek kıymetlidir. İzokinetik sistem kas ve eklem hareketlerinden objektif veriler sağladığı için elde edilecek bilgiler hem literatüre hem de egzersiz eğitim sürecine maksimum fayda sağlar (Davies ve Dalsky, 1997).



Şekil 2.1. İzokinetik dinamometre ve ekipmanları.

1960'lı yıllarda James Perrine; kas aktivitesi sonucunda meydana gelen hareketin gerçekleşmesine izin veren eklemin, kaslara hareket imkanı tanıdığı her noktada kas üzerine dinamik bir yüklenme sağlayan izokinetik egzersizleri tanımlamıştır (Brown, 2000; Brown ve Weir, 2001). İzokinetik egzersizler ile hareket açıklığı boyunca eklemden en üst düzeyde gerim

oluşur ve istenilen hareket sabit hızda gerçekleşir (Hislop ve Perrine, 1967). Bu sebeple izokinetik egzersizler kas kuvvetlendirme çalışmalarında en etkili egzersiz yöntemi olarak kabul edilir ve kullanılır (Davies, 1992). İzokinetik egzersizlerin uygulandığı izokinetik dinamometreler 1960 sonrasında ününü artırarak günümüze kadar gelmiştir. İnsan vücudunun biyomekanik özelliklerinin araştırılması ve öğrenilmesi insanoğlunun kas iskelet sistemini daha iyi anlayabilmesine imkan sağlamıştır (Perrine ve Edgerton, 1978). Canlı vücudunu mekaniksel olarak inceleyen biyomekanik bilim dalı kas iskelet sisteminin çalışma prensiplerini ortaya koyar. Bir hareketin ortaya çıkabilmesi için gerekli olan kas kuvveti, gücü ve dayanıklılığının yanında, eklem izin verdiği açısal genişlik biyomekaniksel olarak incelenebilir (Shepstone ve ark., 2005). İzokinetik dinamometre sistemleri kas testi ve egzersiz konusunda pek çok faydalı özellikleri kullanıcılara sunar (Tablo 2.6.).

**Tablo 2.6. İzokinetik test ve egzersiz sisteminin özellikleri (Brown, 2000; Brown ve Weir, 2001).**

• İstenilen eklem hareketinin hızını sabitleyerek kas belirlenmiş sabit hızda çalıştırılabilir.
• Kas istenilen açısal hızda test yapılarak değerlendirilebilir.
• Kas istenilen açısal hızda izokinetik direnç egzersizi ile kuvvetlendirilebilir.
• İstenilen ekleme istenilen kas izole olarak çalışılabilir.
• Objektif veriler sayesinde uygulanan tedavi veya kuvvetlendirme gelişimi takip edilebilir.
• İstenilen sabit açısal hızda kasın maksimum güç ve kuvveti tespit edilebilir.
• Bilgisayar sistemi sayesinde tüm veriler kayıt altına alınabilir.
• Hasta tedavisinde bireyin başlangıç ve son verileri karşılaştırılabilir.
• Dominant ve diğer ekstremitenin kas verileri karşılaştırılabilir.
• Bir ekstremitedeki agonist ve antagonist kas verileri karşılaştırılabilir.
• İzokinetik dinamometre sayesinde kas izometrik, konsantrik ve eksantrik kasılmaları yapılabilir.

1967 yılında kullanıma sunulan izokinetik dinamometreler sayesinde çeşitli açısal hızlardaki kas kasılmasıyla üretilen kuvvet ve gücün objektif olarak değerlendirilebilmesi mümkün olmuştur (Davies ve Dalsky, 1997). Yıllar içerisinde egzersiz fizyolojisi alanında kas performansı ve kas lifi tipleri üzerine yapılan çalışmalarda izokinetik dinamometrelerin nicel ve objektif veri sağlaması bilime büyük katkılar sağlamıştır (Thorstensson ve ark., 1976). İzokinetik egzersizler sayesinde sabit bir açısal hızda maksimum kas gerimi elde edilir. Eklem hareket açıklığı boyunda yapılan hareketin sabit bir açısal hızda gerçekleşmesi ortaya çıkan kas kuvveti ve bunun üzerinden meydana gelen gücün hesaplanabilmesini sağlar (Hislop ve Perrine, 1967). İzokinetik dinamometre sayesinde izotonik ve izometrik egzersizlerde gerçekleştirilemeyen hareketin sabit açısal hızda sürdürülebilmesi mümkündür (Roth ve ark., 2017). İzokinetik egzersiz sırasında birey çok fazla kuvvet açığa çıkararak hareketin hızını hızlandırmak istese bile önceden belirlenmiş olan sabit açısal hızın üzerinde hareket yapılamaz. İzokinetik dinamometre bireyin uyguladığı kuvvete zıt yönde direnç uygulayarak hareketin

hızının sabit kalmasını sağlar (Perrin, 1993). Bu belirlenen açısal hızın korunmasını sağlamak için izokinetik dinamometrenin daha fazla direnç uygulayacağı anlamına gelir. Hareketin her anında bireyin uyguladığı kuvveti dinamometre algılayarak ona uygun direnci karşılık olarak uygular. İzokinetik dinamometrelerin nesnel ve objektif veri sağlaması hem kas kuvvet testlerinin yapılmasını hem de uygun egzersiz eğitimlerinin uygulanmasına izin verir. Uygulama sırasında ve sonrasında elektronik ekran ile sisteme bağlı yazıcı bireyin kas performans verilerini sayısal ve grafiksel olarak alınmasına imkan sağlar (Tablo 2.7.) (Dvir, 1995). İzokinetik dinamometrelerin anlatılan pek çok avantajının yanında cihazların pahalı olması ve cihazı kullanacak eğitimli personele ihtiyaç duyulması izokinetik sistemlerin dezavantajı olarak görülür.

**Tablo 2.7. İzokinetik test ve egzersiz sistemi parametreleri (Brown, 2000; Dvir, 1995).**

<b>Açısal hız:</b> Belirlenen pivot noktasına göre birim zamanda alınan dairesel mesafedir. Birim zamandaki yer değiştirme miktarıdır. Derece/saniye ( $^{\circ}/sn$ ) birimiyle ifade edilir.
<b>Kuvvet (F):</b> Duran bir cismi hareket ettiren veya hareket halinde olan bir cismi durduran vektörel bir niceliktir. Newton (N) birimiyle ifade edilir.
<b>İş (W):</b> Bir cisme uygulanan kuvvetin belirli uzaklığa kadar sürdürülmesidir. Ortaya çıkan iş için geçen süre önemli değildir. Zamanı dikkate almadan katedilen mesafe önemlidir. Joule (J) veya Newton-metre (Nm) birimiyle ifade edilir. Yapılan iş uygulanan kuvvetin mesafeyle çarpımı ( $W=F.d$ ) sonucunda elde edilir.
<b>Tork:</b> Eksene veya bir noktaya dik olarak uygulanan kuvvetin kuvvet koluna çarpımı ile hesaplanır. Newton-metre (Nm) birimiyle ifade edilir.
<b>Güç (P):</b> Güç hesaplamada süreye bağlıdır. Yapılan işin ne kadar sürede yapıldığı gücü verir. Kısacası güç, birim zamanda yapılan iştir. Watt (W) birimiyle ifade edilmektedir. Güç yapılan işin geçen süreye bölünmesiyle ( $P=W/t$ ) hesaplanır. Güç aynı zamanda kuvvet ile hareketin hızının çarpımına da ( $P=F.V$ ) eşittir.
<b>Pik tork (PT):</b> Kasın hareket ettiği eklem açıklığı içerisinde oluşturduğu en yüksek tork değeridir. İzokinetik sistemde en çok kullanılan parametredir. Veri ekranında oluşan tork eğrisinin tepe değerini ifade eder. Newton-metre (Nm) birimleriyle ifade edilir.
<b>Ortalama pik tork:</b> Yapılan set içerisinde gerçekleşen pik tork değerlerinin ortalamasıdır.
<b>Pik tork/vücut ağırlığı:</b> Birim kilogramda elde edilen pik torku ifade eder. Kas kasılma kalitesini gösterdiği için araştırmalarda kıymetli bir veri sağlar. Newton-metre/kilogram (Nm/Kg) birimiyle ifade edilir.
<b>Toplam iş:</b> Yapılan işlerin set sonunda toplamını ifade eder. Kas endurans ve kuvvetindeki artış toplam işe yansır.

Literatür incelendiğinde izokinetik dinamometreler pek çok sporcu ve hasta grubunda kullanılmıştır fakat bakıldığında dünya nüfusunu derinden etkileyen diyabet hastaları ile yapılan araştırmalar yetersizdir. Diyabetin hastalık sürecinde bireyin kas kuvveti üzerinde yaptığı olumsuz değişimler bilinmektedir. Sedanter yaşam tarzının glikoz metabolizması üzerinde sinsi bir seyir izleyerek halk sağlığını tehlikeye attığı her geçen gün daha iyi görülmektedir. Literatür incelendiğinde prediyabetli bireyler üzerinde uygulanmış herhangi bir uzun dönem izokinetik egzersiz çalışmasına rastlanmamıştır. Özellikle gelecekte T2DM hastalığına yakalanma oranı yüksek olan prediyabetli bireyler gerekli taramalara alınmalı ve egzersiz yapma konusunda farkındalıkları oluşturulmalıdır.

### 2.2.5. Prediyabet ve egzersiz

Egzersiz; BAG ve/veya BGT oluşumunu engellemenin yanında, prediyabetin T2DM'ye ilerleyişini durdurmada çok önemli bir yer tutar (Yan ve ark., 2019). Toplumda yaygınlaşan sedanter yaşam tarzı sebebiyle egzersizin günlük hayata dahil edilmesi, dünya çapında kabul görmüş etkili bir strateji olarak görülür. ADA'nın her yıl yayımladığı bültende T2DM oluşumunu engelleme ve tedavi etmede izlenmesi gereken adımlar yer alır. T2DM'nin başlangıcını önlemek veya geciktirmek için prediyabet tanısı almış kişilerin haftada en az 150 dakika orta şiddette aerobik ve direnç egzersizi yapmaları tavsiye edilir. (ElSayed ve ark., 2022). Egzersiz ile prediyabetli bireyler hem sedanter yaşam tarzından uzaklaşmış olacak hem de bireylerin kilo kaybetmesiyle yaşam kalitesi üst seviyeye çıkarılabilecektir. Egzersiz üzerine inşa edilmiş yaşam tarzı değişikliğinin T2DM gelişme oranını %58 oranında azalttığı yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (ElSayed ve ark., 2022). Düzenli yapılan aerobik ve direnç temelli egzersizler vücut sağlığına farklı katkılar sağlar. Belirli bir süre ve şiddette yapılan egzersiz, insülin duyarlılığını ve iskelet kasına glikoz girişini artırır. Bunu iskelet kasına glikoz girişini sağlayan GLUT-4 protein sayısını ve duyarlılığını artırarak yapar. Bu sayede egzersiz, hücrelerin glikoz kullanabilme kabiliyetini ve verimini artırır (McGarrah ve ark., 2016). Bunların yanında aerobik ve/veya direnç temelli egzersizler vücutta kan basıncı, yağlı/yağsız doku kitlesi, oksidatif metabolizma, dislipidemi gibi T2DM gelişiminde rol alan risk faktörlerinin düzelmesinde rol alır (Piercy ve Troiano, 2018). Günlük fiziksel aktivite seviyesinin artırılması kardiyovasküler mortalitede ciddi azalmalar sağlar (Sundquist ve ark., 2004). Prediyabet ve T2DM hastalarında görülen endotel disfonksiyonu başta olmak üzere KVH oluşma riskini engellemek ve azaltmak için halk sağlığı adına prediyabetli bireyler düzenli egzersiz yapmalıdır. Bu mekanizmalardan yararlanmak ve prediyabetli bireylerde T2DM oluşmasını önlemek için uygun egzersiz reçetelerini oluşturmak önem taşır.

Yukarıda özetlenen bilgilere rağmen, prediyabetli bireylerde egzersiz eğitiminin akut ve kronik etkileri tam olarak anlaşılammıştır. Farklı egzersiz eğitim yöntemleri kullanılarak ortaya çıkan fizyolojik ve antropometrik uyumların daha fazla araştırılması önerilmektedir (Karstoft ve ark., 2018). Literatür incelendiğinde prediyabetli bireylerde aerobik egzersizin etkileri üzerine birçok çalışma yapılmasına karşın dirençli egzersizlerin etkileri açıklanmakta yetersiz kalmaktadır. Prediyabetli bireylerde çeşitli istasyon eğitimleriyle yapılan dirençli egzersiz çalışmaları mevcut olsa da İDE'nin prediyabetli bireyler üzerinde ne gibi etkiler oluşturduğu bilinmemektedir. İDE'nin prediyabetli bireylerin glikoz metabolizması üzerine hangi sürede nasıl etkiler oluşturacağı merak konusudur. Literatür ülkemizi ve dünyayı hem

ekonomik hem de halk sağlığı adına derinden etkileyen prediyabet ve izokinetik egzersiz konusunda zenginleştirilmelidir.



### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

#### 3.1. Gönüllü Bireylerin Seçilmesi

Gerçekleştirilen bu çalışma için Necmettin Erbakan Üniversitesi İlaç ve Tıbbi Cihaz Dışı Araştırmalar Etik Kurulundan 3/11/2023 tarih ve 2023/4626 karar sayısı ile etik onay alındı.

Projedeki egzersiz çalışmasına katılım sağlayan gönüllüler endokrinoloji ve metabolizma hastalıkları uzman hekimi tarafından prediyabet tanısı konulmuş kendilerine herhangi bir ilaç veya diyet tedavisi uygulanmayan bireylerden oluşmaktadır. İDE eğitiminin araştırma grubuna 18-45 yaş aralığındaki aktif olarak düzenli egzersiz yapmayan (sedanter) 15 prediyabetli kadın katıldı. Çalışma öncesinde prediyabetli gönüllülerin her birine çalışma ile ilgili ayrıntılı bilgi verildi. Projenin detayları anlatılmış ve sonrasında çalışmaya katılmayı kabul eden prediyabetli kadın bireylerden bilgilendirilmiş gönüllü onam formunu okuyup imzalamaları istendi. Sedanter 15 prediyabetli kadın birey bilgilendirilmiş gönüllü onam formunu imzalayıp çalışmaya katıldı. Çalışma planı kapsamında prediyabetli gönüllü grubun egzersiz öncesi ve sonrası verileri karşılaştırılacağından dolayı çalışmaya ayrıca bir kontrol grubu dahil edilmedi. Çalışmaya dahil olacak gönüllülerin antropometrik, denge ve anaerobik güç ölçümleri ile 12 hafta süresince uygulanacak İDE eğitim protokolü Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı Egzersiz Laboratuvarında uzman ekip tarafından gerçekleştirildi.

Gönüllü prediyabetli kadın bireyler için dışlama kriterleri aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- 1- Diyabet tanısı almış olmak,
  - 2- Kan glikozunu düşürmek veya herhangi bir kronik hastalık tedavisi için ilaç kullanmak,
  - 3- Kronik obstrüktif akciğer hastalığı, koroner arter hastalığı, kronik kalp, böbrek veya karaciğer hastalığı, anemi, hipertansiyon, serebrovasküler hastalık, lokomotor sistem hastalığı ve romatizma gibi kronik ek hastalık varlığı,
  - 4- Herhangi bir diyet tedavisi veya uygulaması yapıyor olmak,
  - 5- Ağır ruhsal bozukluk tanısı almak ve bu duruma ait tedavi alıyor olmak,
  - 6- Egzersize engel olacak herhangi kronik hastalık varlığına sahip olmak,
- İDE eğitimine katılımda dışlama kriterleri olarak belirlendi.

### 3.2. Antropometrik Ölçümler ve Vücut Kompozisyonu Değerlendirmeleri

Antropometrik ölçümler çalışma sürecinin başında (0. hafta), ortasında (6. hafta), ve sonunda (12. hafta) olmak üzere toplamda 3 defa gerçekleştirildi.

#### 3.2.1. Boy uzunluğu ölçümü değerlendirilmesi

Boy uzunluğu gönüllü anatomik duruşta iken inspirasyon aşamasında, baş frontal düzlemde ve baş üstü tablası verteks noktasına degecek şekilde yerleştirilerek ölçüm cm cinsinden, hassasiyeti  $\pm 1$  mm olan (SECA 213 mekanik boy ölçer, Almanya) stadiometre ile gerçekleştirildi (Theunissen ve ark., 2022).

#### 3.2.2. Çevre ölçümlerinin değerlendirilmesi

Ölçüm alınacak birey mezuranın kolayca uygulanabileceği bir giysiyle ayakta karnı normal gevşek pozisyonda, kollar yanda sarkıtılmış, bacaklar bitişik şekilde pozisyon aldı.

**Kol çevresi:** Ölçüm biceps kası bölgesinin en geniş kısmından alındı ve sonuçlar cm cinsinden kaydedildi (Otman ve Köse, 2008).

**Bel çevresi:** Bireyin karşısında durarak esnek olmayan mezura ile belin en dar seviyesinden yere paralel olarak ölçüm alındı. Ölçüm sırasında mezuranın her iki tarafta da yere paralel olmasına ve dokunun sıkıştırılmamış olmasına dikkat edildi. Ölçüm yatay doğrultuda normal soluk vermenin sonunda yapıldı (Otman ve Köse, 2008).

**Abdomen çevresi:** Bel çevre ölçümüyle aynı pozisyonda göbek deliği seviyesinden ölçüm yapıldı (Otman ve Köse, 2008).

**Kalça çevresi:** Kalçanın en geniş bölgesinden, dokunun sıkıştırılmamasına dikkat ederek mezura yere paralel olacak şekilde ölçüm yapıldı (Otman ve Köse, 2008).

**Uyluk Çevresi:** Birey ayakta durma pozisyonunda ayakları yaklaşık 10 cm açık ve vücut ağırlığı iki ayağa eşit dağılmışken ölçüm yapıldı. Ölçüm uyluğun anterior yüzünden cm cinsinden kaydedildi. Kasıkta inguinal kıvrım ile patella proksimal kenarı arasında kalan mesafenin orta noktası olan kasın en şişkin yerinden ölçüm alındı (Otman ve Köse, 2008).

#### 3.2.3. Vücut kompozisyonunun değerlendirilmesi

Vücut kompozisyon analizörü (TANİTA MC-580) kullanılarak biyoelektrik empedans analiz yöntemi ile bireylerin vücut kitle indeksi, vücut yağ kütlesi, vücut yağ yüzdesi (%), yağsız vücut kütlesi, kas kütlesi ve diğer ölçümleri yapıldı. Ölçümler alınırken kıyafet ağırlığı

düşüldü. Ölçüm yapmadan önce ayakların temas ettiği çelik skala nemli bir bezle silinerek iletkenlik artırıldı (Ozgul ve ark., 2023) (Şekil 3.1.).

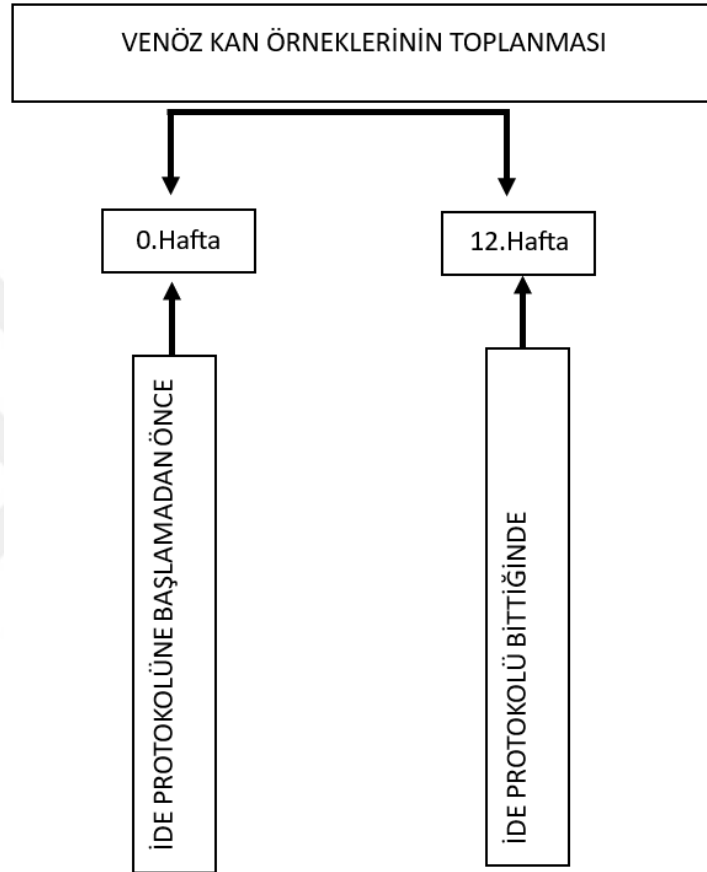


Şekil 3.1. Tanita (MC-580) ile vücut kompozisyonu değerlendirmesi.

### 3.3. Kan Tahlil Verilerinin Değerlendirilmesi

Çalışmaya dahil edilen prediyabetli kadın bireyler İDE eğitime başlamadan önce (0.hafta) ve üç ay sonra egzersiz eğitimi bitiminde (12.hafta) olmak üzere toplamda 2 defa Karaman Eğitim ve Araştırma Hastanesi kan alma biriminde venöz kan verdiler (Şekil 3.2.). Gönüllü bireylerden hiçbir şekilde tahlil ve muayene ücreti talep edilmemiş olup sosyal

güvenlik sistemlerine herhangi bir ücret yansıtılmamıştır. Tüm hastane masrafları proje kapsamında yürütücüler tarafından karşılanmıştır. Kan tahlil verileri hastane veri kayıt sisteminden elde edilmiştir. Proje kapsamında alınan venöz kan örneklerinde; AKG, açlık insülini, HbA1c, C-peptit, CRP, eritrosit sedimentasyon hızı, HCT, HBG, hemogram, kreatinin, üre, ürik asit, HDL, LDL, trigliserit, total kolesterol ile ALT, Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> gibi bazı rutin biyokimyasal test verileri değerlendirilmiştir.



Şekil 3.2. Venöz kan örneklerinin toplanması.

### 3.3.1. İnsülin direnci düzeylerinin değerlendirilmesi

İD'nin varlığını tespit etmek için sıklıkla tercih edilen, açlık glikoz ve insülin değerleri kullanılarak hesaplanan HOMA-IR skoru kullanıldı. HOMA-IR skoru= $\text{açlık insülin düzeyi (mIU/L)} \times \text{açlık kan glikozu (mmol/L)} / 22,5$  formülü kullanılarak hesap edildi (Marjanovic Petkovic ve ark., 2023).

### 3.4. Denge ve Proprioseptif Ölçümlerin Değerlendirilmesi

Prediyabetli kadın bireylere çalışma sürecinin başında (0. hafta), ortasında (6. hafta), sonunda (12. hafta) olmak üzere toplamda 3 defa Tecnobody (PK-252-İtalya) izokinetik denge ölçüm sistemi ile gözler açık ve kapalı romberg testi yapıldı (Şekil 3.3.).



Şekil 3.3. Tecnobody (PK-252-İtalya) izokinetik denge ölçüm sistemi.

Romberg testi Tecnobody Prokin (PK-252-İtalya) izokinetik denge ölçüm sistemi ile gerçekleştirildi (Isaia ve ark., 2019). Test; bireyler çıplak çift ayak (bipedal) anatomik duruş

pozisyonunda kollar yanda iken hareketsiz (stabil) platform üzerinde gözler açık ve kapalı pozisyonunda monitöre 30 saniye bakarken yapıldı. Hem gözler açık hem de kapalı iken yapılan romberg testi vücudun uzaydaki konumunu değerlendiren stabilometrik bir testtir. Elde edilen sayısal değerler kütle merkezinin her iki durumda da yer değiştirmesini veri olarak sunmaktadır. Uygulanan test sonucunda; Basınç merkezi (center of pressure-COP) salınım uzunluğu (mm) ve X-Y ekseninde oluşan ortalama COP değerleri tespit edildi. Test sırasında bireyin sergilediği salınımda ortaya çıkan elips alan (mm<sup>2</sup>) ve çevre (mm) kaydedildi. Gözler açık ve kapalı durumda ortaya çıkan elips alan ve çevre değerlerinin oranı cihaz yazılımıyla otomatik olarak hesaplandı.

### **3.5. Anareobik Güç ve Anaerobik Performans Değerlendirmesi**

Prediyabetli bireylere çalışma sürecinin başında (0.hafta), ortasında (6.hafta), sonunda (12.hafta) olmak üzere toplamda 3 kere (Monark-894E-İsveç) Wingate ergometre test sistemi ile anaerobik güç ölçümü yapıldı (Şekil 3.4.).



**Şekil 3.4. Wingate ergometre (Monark-894E-İsveç) anaerobik güç ölçümü test sistemi.**

Anaerobik performansın tespiti için geçerli ve güvenilir bir yöntem olan anaerobik wingate güç testi (WAnT) kullanıldı. WAnT girişimsel bir işleme gerek kalmadan kasın maksimal gücü, yorgunluğu ve dayanıklılığı hakkında bilgi sağlar. WAnT; ısınma, toparlanma, hızlanma, wingate ve soğuma periyotlarından oluşur. Bireyler testten 24 saat önce günlük hayatta rutin yaptıkları fiziksel aktivitenin üzerinde yorucu bir egzersiz yapmamaları konusunda uyarıldı.

Tüm testler günün aynı saatinde aynı laboratuvarında ve aynı ekip tarafından ortam koşulları sabitlenerek yapıldı. WAnT öncesi bireylere testin nasıl yapılacağı gösterildi ve tüm ayrıntılar anlatıldı. Test ile uyum sağlanması adına yüksüz olarak 50-60 devir/dakika pedal hızında 5 dakika ısınma protokolü bisiklet ergometresinde gerçekleştirildi. Her birey kendine özel olarak kaydedilen sele yüksekliğinde ve ayakları pedala sabit şekilde testi gerçekleştirdi. Isınma sonrası oluşacak yorgunluğu önlemek için 2 dakika dinlenen bireyler kendisini hazır hissettiğinde hızını yükselterek pedal çevirmeye başladı. Test başladığında pedal hızının artırılması istendi ve birey cesaretlendirildi. Maksimum hıza ulaşıldığında önceden belirlenmiş olan yük seleye düşerek 30 saniye boyunca bu yüke karşı pedal çevirmeleri istendi. Sonrasında 50-60 devir/dakika pedal hızında 3 dakika soğuma periyodu yapıldı. Seleye düşecek yük bireye özel şekilde kilogram başına 75 gram belirlendi. (Ayalon ve ark., 1974; Erail ve ark., 2022). WAnT sonucunda; pik güç (W), kilogram başına pik güç (W/kg), ortalama güç (W), kilogram başına ortalama güç (W/kg), minimum güç (W), kilogram başına minimum güç (W/kg), yapılan pik iş (J) monark anaerobik test software 3.0 programı aracılığıyla otomatik olarak hesaplandı. Yorgunluk İndeksi (Yİ) hesaplaması ise  $Yİ = [(Pik\ Güç - Minimum\ Güç) / Pik\ Güç] \times 100$  formülüyle yapıldı.

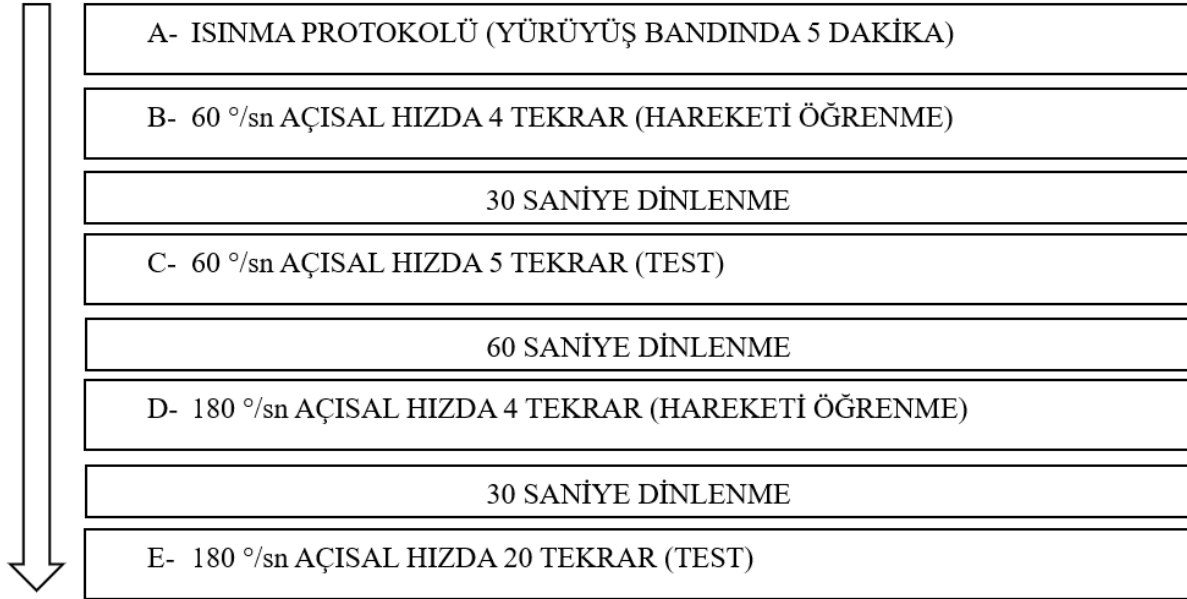
### 3.6. İzokinetik Kas Kuvveti Değerlendirmesi

Prediyabetli bireylere çalışma sürecinin başında (0. hafta), ortasında (6. hafta), sonunda (12. hafta) olmak üzere toplamda 3 kere Isomed 2000 İzokinetik Sistem ile kas kuvvet ölçümü yapıldı (Şekil 3.5.).



Şekil 3.5. Isomed 2000 (D&R Ferstl GmbH, Hemau, Almanya) izokinetik dinamometre sistemi.

Alt ekstremite kas kuvveti Isomed 2000 (D&R Ferstl GmbH, Hemau, Almanya) izokinetik dinamometre sistemi kullanılarak değerlendirildi. Diz fleksiyon (M. Hamstring) ve ekstansiyon (M. Quadriceps Femoris) konsantrik/konsantrik kas kuvveti her iki ekstremitede sırasıyla 60 ve 180 derece/saniye ( $^{\circ}/sn$ ) açısal hızda değerlendirildi. Test 60  $^{\circ}/sn$  ve 180  $^{\circ}/sn$  açısal hızlarda sırasıyla 5 ve 20 tekrar olacak şekilde gerçekleştirildi. Her iki açısal hızda hareketi öğrenme amacıyla 4 tekrar ile ısınma protokolü yapıldı (Tan ve ark., 2022). Isınma ile test arasında 30 sn, bir sonraki açısal hız ısınması ile 60 sn olacak şekilde dinlenme süresi ayarlandı (Şekil 3.6.).



**Şekil 3.6. İzokinetik kas kuvveti ölçümü test protokolü.**

Dominant alt ekstremite bireylere topa vururken ve tek ayak üzerinde dururken tercih ettikleri taraf sorularak belirlendi (Ferreira ve ark., 2017). Test öncesinde bireylere uygulama hakkında bilgi verilmiş olup monitörden görsel geri bildirim almaları sağlanarak maksimum çaba sarf etmeleri için sözlü olarak cesaretlendirildi. Koltuğun sırtlığı ile oturma pozisyonu bireyin boy ve kilosuna göre otomatik olarak cihaz yazılımı tarafından ayarlanarak kalçanın dik pozisyonu sağlandı. Diz hareket açıklığı 0-90 dereceler arasında olacak şekilde sınırlandırıldı. Diz dönme eksenini femurun lateral kondili pivot kabul ederek ayarlandı. Bireyin güvenliği ve test sonucunun doğruluğu için bel kemeri, omuz askıları ve uyluk bandı düzgün şekilde yerleştirildi. Test öncesinde her birey yürüyüş bandında (HP CosmosTreadmill-Mercury Koşu Bandı) orta tempolu bir yürüyüşle 5 dk ısınma periyodunu gerçekleştirdi. Pik tork (Nm), Pik tork/vücut ağırlığı (Nm/Kg), toplam iş (J), pik iş (J) cihaz yazılımı tarafından otomatik olarak hesaplandı.

### 3.7. İzokinetik Direnç Egzersizi (İDE) Protokolü

İDE protokolü Isomed 2000 (D&R Ferstl GmbH, Hemau, Almanya) izokinetik dinamometre sistemi kullanılarak gerçekleştirildi. Çalışmaya dahil olan tüm bireyler planlanan izokinetik egzersiz protokolünü aynı uzman fizyoterapist eşliğinde uyguladılar. İDE protokolüne başlamadan önce bireylere izokinetik dinamometre hakkında detaylı bilgi verildi. Egzersiz seansı içerisinde istenilen vücut pozisyonunu korumaları ve gerçekleştirilen hareketin verimli olması için nelere dikkat edilmesi gerektiği açık bir şekilde anlatılıp gösterildi. Ekstremitte hareketi sırasında istenmeyen herhangi bir durumda sistemi nasıl durduracakları ve seansı takip eden uzman fizyoterapistten nasıl yardım isteyebilecekleri detaylı olarak anlatıldı. İDE protokolüne başlamadan önce bireylere 1 hafta alıştırmaya eğitimi uygulandı. Alıştırma eğitimi egzersiz gibi haftada 3 gün gerçekleştirildi. Her egzersiz seansı yürüyüş bandında kalp atım rezervinin %50-60'na denk gelen orta şiddette 5 dakikalık yürüyüş ve alt ekstremitte kas gruplarını (M. Quadriceps Femoris/M. Hamstring) germe esneme egzersizleriyle başlatıldı. Alıştırma eğitimi 60°/sn ve 180°/sn açısal hızlarda 1. gün sırasıyla 3 ve 5 tekrar, 2. ve 3. gün 5 ve 10 tekrar olacak şekilde gerçekleştirildi. Alıştırma eğitimi bireylerin hem izokinetik dinamometre ile uyumunu hem de egzersiz laboratuvarındaki farkındalığını artırdı (Cadore ve ark., 2014).

İDE protokolü 12 hafta boyunca haftada 3 gün olarak tasarlandı ve gerçekleştirildi. Toplam 3 ay sonunda 36 seanslık giderek artan konsantrik/konsantrik kasılmayı içeren bir egzersiz protokolü uygulandı (Santos ve ark., 2020) (Şekil 3.7.). Her açısal hız arası setlerde 30 sn dinleme süresi eklendi. Her seans 60°/sn açısal hızla başlatılıp sonrasında 180°/sn açısal hız setlerine geçiş yapıldı. Her iki farklı açısal hız setleri arasında 60 sn dinlenme süresi eklendi. Bireylerden her bir seansta yapmaları istenilen hareketi istekli bir şekilde en güçlü kas kasılmasını oluşturarak gerçekleştirmeleri istendi.

1.Hafta	60 °/sn 2 set 5 tekrar, 180 °/sn 2 set 5 tekrar
2.Hafta	60 °/sn 2 set 5 tekrar, 180 °/sn 2 set 10 tekrar
3-6.Hafta	60 °/sn 3 set 10 tekrar,180 °/sn 3 set 15 tekrar
7-12.Hafta	60 °/sn 4 set 10 tekrar 180 °/sn 4 set 15 tekrar

Şekil 3.7. İzokinetik direnç egzersiz (İDE) protokolü.

### 3.8. Endotel Fonksiyonu Değerlendirmesi

Prediyabetli kadın bireylerden çalışma sürecinin başında (0. hafta) ve sonunda (12.hafta) olmak üzere toplamda 2 defa akım aracılı dilatasyon (FMD) ölçümü yapıldı. Endotel disfonksiyonu yüksek çözünürlüklü ultrasonografi yöntemi kullanılarak uluslararası brakiyel arter raporuna göre belirlendi (Corretti ve ark., 2002). Ölçümün 12 saat öncesinden itibaren bireylerin alkol ve kafein kullanmamaları, işlem öncesinde dinlemiş olmaları, kendisini yorabilecek egzersiz yapmamaları istendi. Ölçüm için gelen bireyler 30 dakika dinlendikten sonra ölçüm işlemine başlandı. Sabit sıcaklık ve sessiz ortamda supin pozisyonda 10 dakika dinlenen bireylerin antekübital çukurunda brakiyel arter tespit edilerek işaretlenip aynı yerden ölçüm yapıldı. Brakiyel arterin başlangıç çapı (BABÇ); dirsek ekleminin yaklaşık 3-5 cm yukarısından, en iyi ölçüm alınabilen yerden ardışık 3 kalp döngüsünden alınan 3 ölçümün ortalamasıyla hesaplandı. Temel çap belirlendikten sonra ölçüm yapılan yerin 5 cm proksimaline tansiyon aletinin manşonu yerleştirildi. Manşon basıncı bireyin sistolik kan basıncından 250 mmHg (veya sistolik kan basıncından 50 mmHg daha yüksek) üzerine çıkarılıp bu pozisyonda 4,5 dakika beklenerek ön kol hiperemisi oluşturuldu. Sonrasında manşon içindeki hava hızlı bir şekilde indirildi. Manşon indirildikten 60 saniye sonra brakiyel arterden alınan lümen çapı endotel bağımlı vazodilatör cevap (EBVC) olarak kaydedildi. FMD (%) değeri; hiperemi sonrasında tespit edilen çap ile başlangıçtaki çapın farkının, başlangıç çapına bölünmesiyle hesaplandı  $FMD = [(EBVC - BABÇ) / BABÇ \times 100]$  (Ciftçi ve ark., 2013).

### 3.8. Karotis İntima-Media Kalınlığı (KİMK) Ölçümü Değerlendirmesi

Prediyabetli kadın bireylerden çalışma sürecinin başında (0. hafta) ve sonunda (12.hafta) olmak üzere toplamda 2 defa karotis intima-media kalınlığı (KİMK) ölçümü yapıldı. KİMK yüksek çözünürlüklü ultrasonografi yöntemi kullanılarak değerlendirildi. Ortak karotid arterler uzunlamasına tarandı. Ölçümler ortak karotid arterin distal kısmından, karotid ampülün (carotid bulb) 1-2 cm proksimalinden yapıldı. Arter duvarındaki iki parlak ekojenik çizgi intima ve media çizgileri olarak tanımlandı. İntima-media kalınlığı birinci ve ikinci ekojenik çizginin ana kenarları arasındaki mesafe olarak kaydedildi (Erdogan ve ark., 2006).

### 3.9. Güç ve Örneklem Sayısı İstatistiksel Analiz

Referans olarak incelenen çalışmada elde edilen etki büyüklüğünün kuvvetli düzeyde ( $d=0,943$ ) ve güç  $(1-\beta)=0,99$  olduğu görülmüştür (Luo ve ark., 2023). Bizde, çalışmamızda bu çalışmaya benzer sonuçlar elde edebileceğimizi düşünerek yapmış olduğumuz örneklem genişliği hesaplamasında, daha düşük düzeyde bir etki büyüklüğü elde edebileceğimizi de varsayarak ( $d=0,943$ ) çalışmaya en az 11 kişi alınacak olursa %95 güven düzeyinde %80 güç elde edilebileceğini hesapladık. Hasta kaybı olabileceği de göz önüne alınarak 4 bireyin daha eklenmesiyle toplamda 15 kişi çalışmaya dahil edildi. Veriler SPSS 24.0 (IBM SPPS CORP; ARMONK, NY, USE) paket programıyla analiz edildi. Sürekli değişkenler ortalama  $\pm$  standart hata (SH) ve kategorik değişkenler sayı ve yüzde olarak verildi. Bağımlı değişkenlerde ölçüm noktaları [1. ölçüm (0. hafta-bazal), 2.ölçüm (6. hafta), 3. ölçüm (12. hafta)] arasındaki değişimin incelenmesinde parametrik test varsayımları sağlandığında Tek Yönlü Repeated Measurement (tekrarlı ölçüm) Varyans Analizi; parametrik test varsayımları sağlanmadığında ise bağımlı değişkenlerde Friedman testi kullanıldı. Sonuçlar  $p<0,05$  seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

## 4. BULGULAR

### 4.1. Antropometrik Ölçümler ve Vücut Kompozisyonu Değerlendirmeleri

#### 4.1.1. Çevre ölçümlerinin değerlendirilmesi

Prediyabetli bireylerin antropometrik çevre ölçüm değerleri Tablo 4.1.'de sunulmuştur.

Egzersiz 6. haftasında yapılan ölçümler neticesinde “Bel çevresi, Abdomen çevresi, Kalça çevresi” (sırasıyla; 98,42±2,80, 103,89±2,93, 118,42±3,48) değerlerinde 0. haftaya göre (sırasıyla; 102,96±3,11, 112,03±3,43, 124,50±3,67) istatistiksel olarak anlamlı bir azalma tespit edildi (sırasıyla; p<0,001, p<0,001, p<0,001).

Egzersiz 12. haftasının tamamlanmasıyla yapılan ölçümler “Bel çevresi, Abdomen çevresi, Kalça çevresi” (sırasıyla; 94,00±2,70, 99,35±2,76, 114,00±3,58) değerlerinde 6. haftaya göre (sırasıyla; 98,42±2,80, 103,89±2,93, 118,42±3,48) istatistiksel olarak anlamlı bir azalma olduğunu gösterdi (sırasıyla; p<0,001, p<0,001, p<0,001).

12 haftalık İDE prediyabetli bireylerin “Bel çevresi, Abdomen çevresi, Kalça çevresi, Sağ uyluk çevresi, Sol uyluk çevresi” (sırasıyla; 94,00±2,70, 99,35±2,76, 114,00±3,58, 51,78±1,92, 51,57±1,91) değerleri üzerinde 0. haftaya göre (sırasıyla; 102,96±3,11, 112,03±3,43, 124,50±3,67, 59,46±1,97, 59,25±2,03) istatistiksel olarak anlamlı bir azalma sağladı (sırasıyla; p<0,001, p<0,001, p<0,001, p=0,036, p=0,040).

**Tablo 4.1. Prediyabetli bireylerin çevre ölçüm değerleri.**

Çevre ölçümleri	0.Hafta Ort±SH	6.Hafta Ort±SH	12.Hafta Ort±SH	P değeri 0.-6. Hafta	P değeri 6.-12. Hafta	P değeri 0.-12. Hafta
Sağ kol çevresi (cm)	34,17±1,22	33,35±2,21	33,03±2,24	1,000	0,285	1,000
Sol kol çevresi (cm)	34,03±1,23	33,21±2,19	33,03±2,21	1,000	0,875	1,000
Bel çevresi (cm)	102,96±3,11	<b>98,42±2,80*</b>	<b>94,00±2,70*,#</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
Abdomen çevresi (cm)	112,03±3,43	<b>103,89±2,93*</b>	<b>99,35±2,76*,#</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
Kalça çevresi (cm)	124,50±3,67	<b>118,42±3,48*</b>	<b>114,00±3,58*,#</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
Sağ uyluk çevresi (cm)	59,46±1,97	52,89±1,99	<b>51,78±1,92*</b>	0,073	0,115	<b>0,036</b>
Sol uyluk çevresi (cm)	59,25±2,03	52,53±1,96	<b>51,57±1,91*</b>	0,065	0,150	<b>0,040</b>

(Ort±SH: Ortalama±Standart Hata, \*:0. Haftadan fark, #:6. Haftadan fark, p<0,05)

#### 4.1.2. Vücut kompozisyonunun değerlendirilmesi

Prediyabetli bireylerin vücut kompozisyon değerleri Tablo 4.2.'de sunulmuştur.

Egzersizin 6. haftasında yapılan ölçümler neticesinde “Kilo, VKİ, Yağ kütlesi, Yağ kütle oranı, Sağ bacak yağ, Sağ bacak yağ oranı, Sol bacak yağ, Gövde yağ” (sırasıyla; 90,77±4,30, 36,80±1,51, 36,23±2,75, 39,16±1,34, 7,09±0,51, 45,28±1,06, 7,05±0,49, 16,91±1,26) değerlerinde 0. haftaya göre (sırasıyla; 92,42±4,50, 37,48±1,61, 38,06±3,00, 40,37±1,52, 7,74±0,60, 46,04±1,20, 7,72±0,59, 17,60±1,40) istatistiksel olarak anlamlı bir azalma tespit edilmiş olup (sırasıyla; p=0,003, p=0,005, p=0,002, p=0,006, p<0,001, p=0,036, p=0,001, p=0,021); “Kas kütle oranı, Yumuşak yağsız kütle (YYK) oranı, İskelet kasları, iskelet kasları oranı, Sağ bacak kas, Sol bacak kas” (sırasıyla; 57,65±1,31, 56,44±1,27, 31,39±1,07, 34,78±0,81, 8,74±0,34, 8,69±0,33) değerlerinde ise 0. haftaya göre (sırasıyla; 56,61±1,44, 55,47±1,41, 30,76±1,02, 33,74±0,86, 8,37±0,34, 8,34±0,31) istatistiksel olarak anlamlı bir artış tespit edildi (sırasıyla; p=0,024, p=0,043, p=0,001, p<0,001, p<0,001, p<0,001).

Egzersizin 12. haftasının tamamlanmasıyla yapılan ölçümler “Kilo, VKİ, Yağ kütlesi, Yağ kütle oranı, İç yağlanma oranı, Sağ bacak yağ, Sağ bacak yağ oranı, Sol bacak yağ, Sol bacak yağ oranı, Gövde yağ, Gövde yağ oranı” (sırasıyla; 88,86±3,94, 36,04±1,36, 33,52±2,44, 37,07±1,31, 9,60±0,55, 6,73±0,46, 44,68±1,02, 6,71±0,46, 44,62±1,03, 15,05±1,18, 33,16±1,67) değerlerinde 6. haftaya göre (sırasıyla; 90,77±4,30, 36,80±1,51, 36,23±2,75, 39,16±1,34, 10,53±0,70, 7,09±0,51, 45,28±1,06, 7,05±0,49, 45,39±1,03, 16,91±1,26, 34,84±1,43) istatistiksel olarak anlamlı bir azalmayı gösterirken (sırasıyla; p=0,006, p=0,006, p<0,001, p<0,001, p=0,016, p=0,002, p=0,012, p=0,001, p=0,006, p<0,001, p=0,010); “Yağsız kütle, Yağsız kütle oranı, Kas kütlesi, Kas kütle oranı, YYK, YYK oranı, İskelet kasları, İskelet kasları oranı, Sağ bacak kas, Sol bacak kas” (sırasıyla; 55,90±1,70, 62,56±1,40, 53,10±1,76, 60,25±1,20, 52,02±1,63, 58,97±1,25, 32,67±1,11, 37,04±0,71, 9,44±0,35, 9,40±0,35) değerlerinde ise 6. haftaya göre (sırasıyla; 54,66±1,78, 60,50±1,34, 51,93±1,75, 57,65±1,31, 50,87±1,64, 56,44±1,27, 31,39±1,07, 34,78±0,81, 8,74±0,34, 8,69±0,33) istatistiksel olarak anlamlı bir artış olduğunu gösterdi (sırasıyla; p=0,026, p<0,001, p<0,001, p<0,001, p=0,003, p<0,001, p<0,001, p<0,001, p<0,001, p<0,001).

12 haftalık İDE prediyabetli bireylerin “Kilo, VKİ, Yağ kütlesi, Yağ kütle oranı, İç yağlanma oranı, Sağ bacak yağ, Sağ bacak yağ oranı, Sol bacak yağ, Sol bacak yağ oranı, Gövde yağ, Gövde yağ oranı” (sırasıyla; 88,86±3,94, 36,04±1,36, 33,52±2,44, 37,07±1,31, 9,60±0,55, 6,73±0,46, 44,68±1,02, 6,71±0,46, 44,62±1,03, 15,05±1,18, 33,16±1,67) değerleri üzerinde 0.

haftaya göre (sırasıyla;  $92,42 \pm 4,50$ ,  $37,48 \pm 1,61$ ,  $38,06 \pm 3,00$ ,  $40,37 \pm 1,52$ ,  $10,86 \pm 0,89$ ,  $7,74 \pm 0,60$ ,  $46,04 \pm 1,20$ ,  $7,72 \pm 0,59$ ,  $45,94 \pm 1,17$ ,  $17,60 \pm 1,40$ ,  $35,30 \pm 1,67$ ) istatistiksel olarak anlamlı bir azalma sağlamış olup (sırasıyla;  $p=0,001$ ,  $p=0,001$ ,  $p<0,001$ ,  $p<0,001$ ,  $p=0,048$ ,  $p<0,001$ ,  $p=0,001$ ,  $p<0,001$ ,  $p=0,002$ ,  $p<0,001$ ,  $p=0,001$ ); “Yağsız kütle, Yağsız kütle oranı, Kas kütlesi, Kas kütle oranı, YYK, YYK oranı, İskelet kasları, İskelet kasları oranı, Sağ bacak kas, Sol bacak kas” (sırasıyla;  $55,90 \pm 1,70$ ,  $62,56 \pm 1,40$ ,  $53,10 \pm 1,76$ ,  $60,25 \pm 1,20$ ,  $52,02 \pm 1,63$ ,  $58,97 \pm 1,25$ ,  $32,67 \pm 1,11$ ,  $37,04 \pm 0,71$ ,  $9,44 \pm 0,35$ ,  $9,40 \pm 0,35$ ) değerleri üzerinde ise 0. haftaya göre (sırasıyla;  $54,34 \pm 1,80$ ,  $59,61 \pm 1,52$ ,  $51,61 \pm 1,71$ ,  $56,61 \pm 1,44$ ,  $50,57 \pm 1,67$ ,  $55,47 \pm 1,41$ ,  $30,76 \pm 1,02$ ,  $33,74 \pm 0,86$ ,  $8,37 \pm 0,34$ ,  $8,34 \pm 0,31$ ) istatistiksel olarak anlamlı bir artış sağladı (sırasıyla;  $p=0,001$ ,  $p<0,001$ ,  $p<0,001$ ,  $p<0,001$ ,  $p<0,001$ ,  $p<0,001$ ,  $p<0,001$ ,  $p<0,001$ ,  $p<0,001$ ,  $p<0,001$ ,  $p<0,001$ ).



**Tablo 4.2. Prediyabetli bireylerin vücut kompozisyon değerleri.**

<b>Vücut kompozisyon ölçümleri</b>	<b>0.Hafta Ort±SH</b>	<b>6.Hafta Ort±SH</b>	<b>12.Hafta Ort±SH</b>	<b>P değeri 0.-6. Hafta</b>	<b>P değeri 6.-12. Hafta</b>	<b>P değeri 0.-12. Hafta</b>
Kilo (Kg)	92,42±4,50	<b>90,77±4,30*</b>	<b>88,86±3,94*,#</b>	<b>0,003</b>	<b>0,006</b>	<b>0,001</b>
VKİ (Kg/m <sup>2</sup> )	37,48±1,61	<b>36,80±1,51*</b>	<b>36,04±1,36*,#</b>	<b>0,005</b>	<b>0,006</b>	<b>0,001</b>
Yağsız kütle (Kg)	54,34±1,80	54,66±1,78	<b>55,90±1,70*,#</b>	0,828	<b>0,026</b>	<b>0,001</b>
Yağsız kütle oranı (%)	59,61±1,52	60,50±1,34	<b>62,56±1,40*,#</b>	0,086	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
Kas kütlesi (Kg)	51,61±1,71	51,93±1,75	<b>53,10±1,76*,#</b>	0,344	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
Kas kütle oranı (%)	56,61±1,44	<b>57,65±1,31*</b>	<b>60,25±1,20*,#</b>	<b>0,024</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
Yağ kütlesi (Kg)	38,06±3,00	<b>36,23±2,75*</b>	<b>33,52±2,44*,#</b>	<b>0,002</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
Yağ kütle oranı (%)	40,37±1,52	<b>39,16±1,34*</b>	<b>37,07±1,31*,#</b>	<b>0,006</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
YYK (Kg)	50,57±1,67	50,87±1,64	<b>52,02±1,63*,#</b>	0,702	<b>0,003</b>	<b>&lt;0,001</b>
YYK oranı (%)	55,47±1,41	<b>56,44±1,27*</b>	<b>58,97±1,25*,#</b>	<b>0,043</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
İskelet kasları (Kg)	30,76±1,02	<b>31,39±1,07*</b>	<b>32,67±1,11*,#</b>	<b>0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
İskelet kasları oranı (%)	33,74±0,86	<b>34,78±0,81*</b>	<b>37,04±0,71*,#</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
İç yağlanma oranı (%)	10,86±0,89	10,53±0,70	<b>9,60±0,55*,#</b>	0,520	<b>0,016</b>	<b>0,048</b>
Sağ bacak yağ (Kg)	7,74±0,60	<b>7,09±0,51*</b>	<b>6,73±0,46*,#</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,002</b>	<b>&lt;0,001</b>
Sağ bacak yağ oranı (%)	46,04±1,20	<b>45,28±1,06*</b>	<b>44,68±1,02*,#</b>	<b>0,036</b>	<b>0,012</b>	<b>0,001</b>
Sağ bacak kas (Kg)	8,37±0,34	<b>8,74±0,34*</b>	<b>9,44±0,35*,#</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
Sol bacak yağ (Kg)	7,72±0,59	<b>7,05±0,49*</b>	<b>6,71±0,46*,#</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
Sol bacak yağ oranı (%)	45,94±1,17	45,39±1,03	<b>44,62±1,03*,#</b>	0,294	<b>0,006</b>	<b>0,002</b>
Sol bacak kas (Kg)	8,34±0,31	<b>8,69±0,33*</b>	<b>9,40±0,35*,#</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
Sağ kol yağ (Kg)	2,42±0,24	2,47±0,23	2,46±0,24	1,000	1,000	1,000
Sağ kol yağ oranı (%)	45,38±2,41	46,50±1,69	46,44±1,71	1,000	1,000	1,000
Sağ kol kas (Kg)	2,61±0,11	2,56±0,10	2,56±0,11	0,786	1,000	1,000
Sol kol yağ (Kg)	2,54±0,24	2,48±0,24	2,46±0,25	0,480	1,000	0,497
Sol kol yağ oranı (%)	46,83±2,09	46,06±1,95	46,05±1,85	0,727	1,000	0,480
Sol kol kas (Kg)	2,58±0,09	2,60±0,09	2,59±0,11	1,000	1,000	1,000
Gövde yağ (Kg)	17,60±1,40	<b>16,91±1,26*</b>	<b>15,05±1,18*,#</b>	<b>0,021</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
Gövde yağ oranı (%)	35,30±1,67	34,84±1,43	<b>33,16±1,67*,#</b>	0,796	<b>0,010</b>	<b>0,001</b>

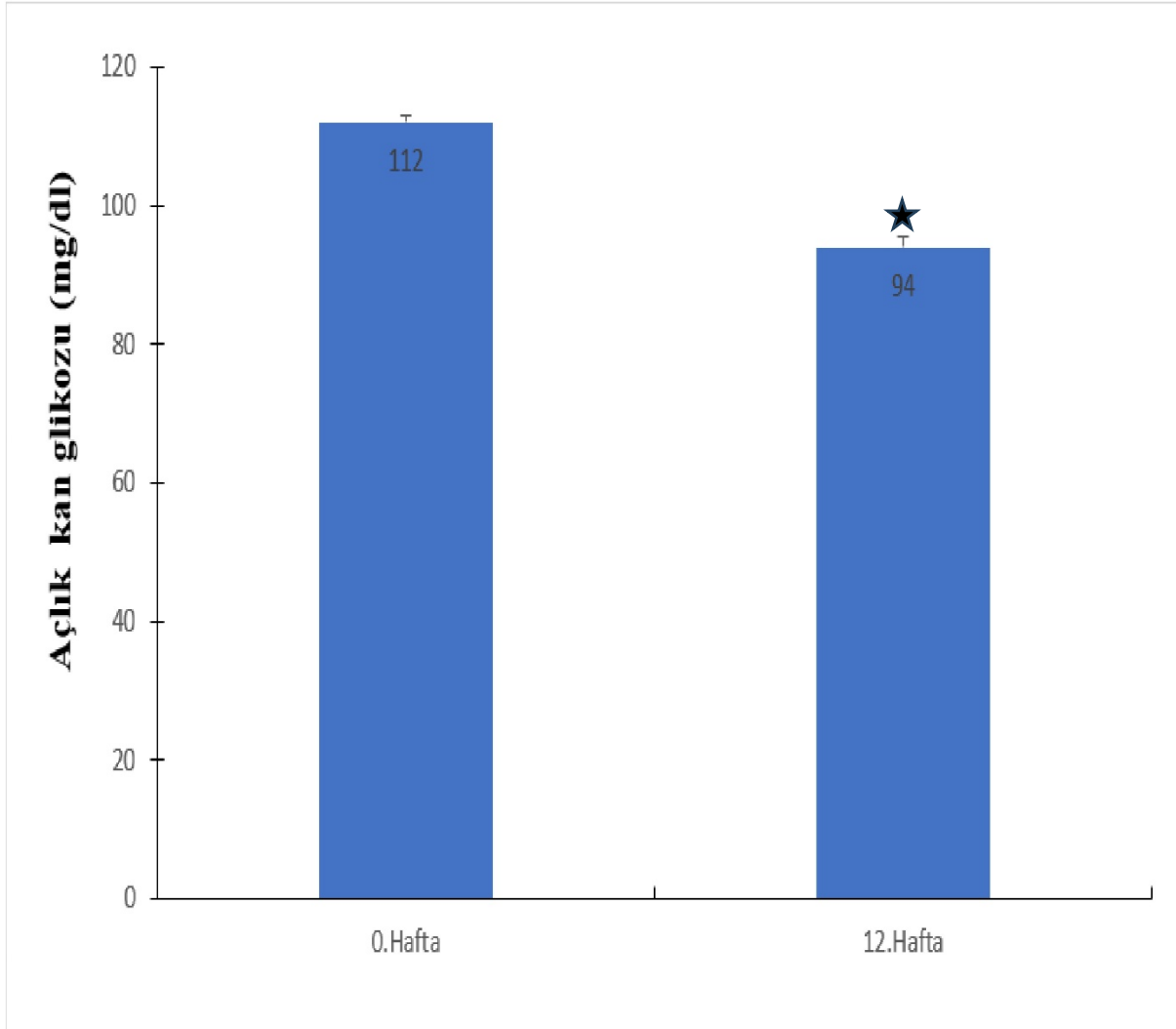
(VKİ: Vücut kitle indeksi, YYK: Yumuşak yağsız kütle, Ort±SH: Ortalama±Standart Hata, \*:0. Haftadan fark, #:6. Haftadan fark, p&lt;0,05)

## 4.2. Kan Tahlil Verilerinin Değerlendirilmesi

### 4.2.1. Açlık kan glikozu düzeylerinin değerlendirilmesi

Prediyabetli bireylerin açlık kan glikozu değerleri Şekil 4.1.'de sunulmuştur.

İDE prediyabetli bireylerin 12. hafta açlık kan glikozu değerlerini ( $94 \pm 1,58$ ) 0. haftaya göre ( $112 \pm 0,99$ ) istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalttı ( $p=0,0001$ ).

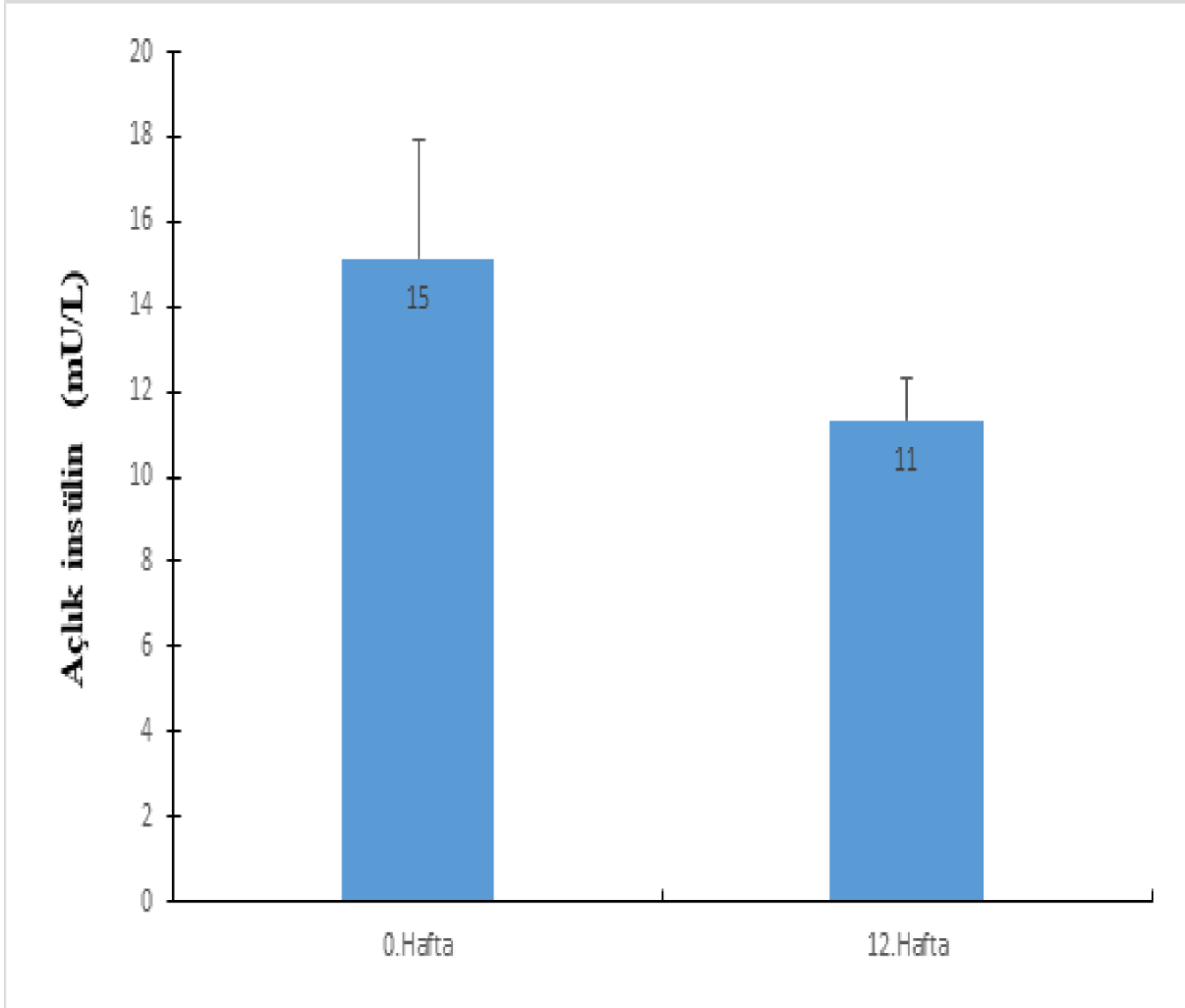


Şekil 4.1. Prediyabetli bireylerin açlık kan glikozu değerleri (Ortalama $\pm$ Standart Hata, \*:0. Haftadan fark,  $p<0,05$ ).

#### 4.2.2. Açlık insülin düzeylerinin değerlendirilmesi

Prediyabetli bireylerin açlık insülin değerleri Şekil 4.2.'de sunulmuştur.

Prediyabetli bireylerin 12. hafta açlık insülin değerleri ( $11 \pm 1,01$ ) 0. haftaya göre ( $15 \pm 2,81$ ) istatistiksel olarak anlamlı olmasa da azaldı ( $p=0,09$ ).

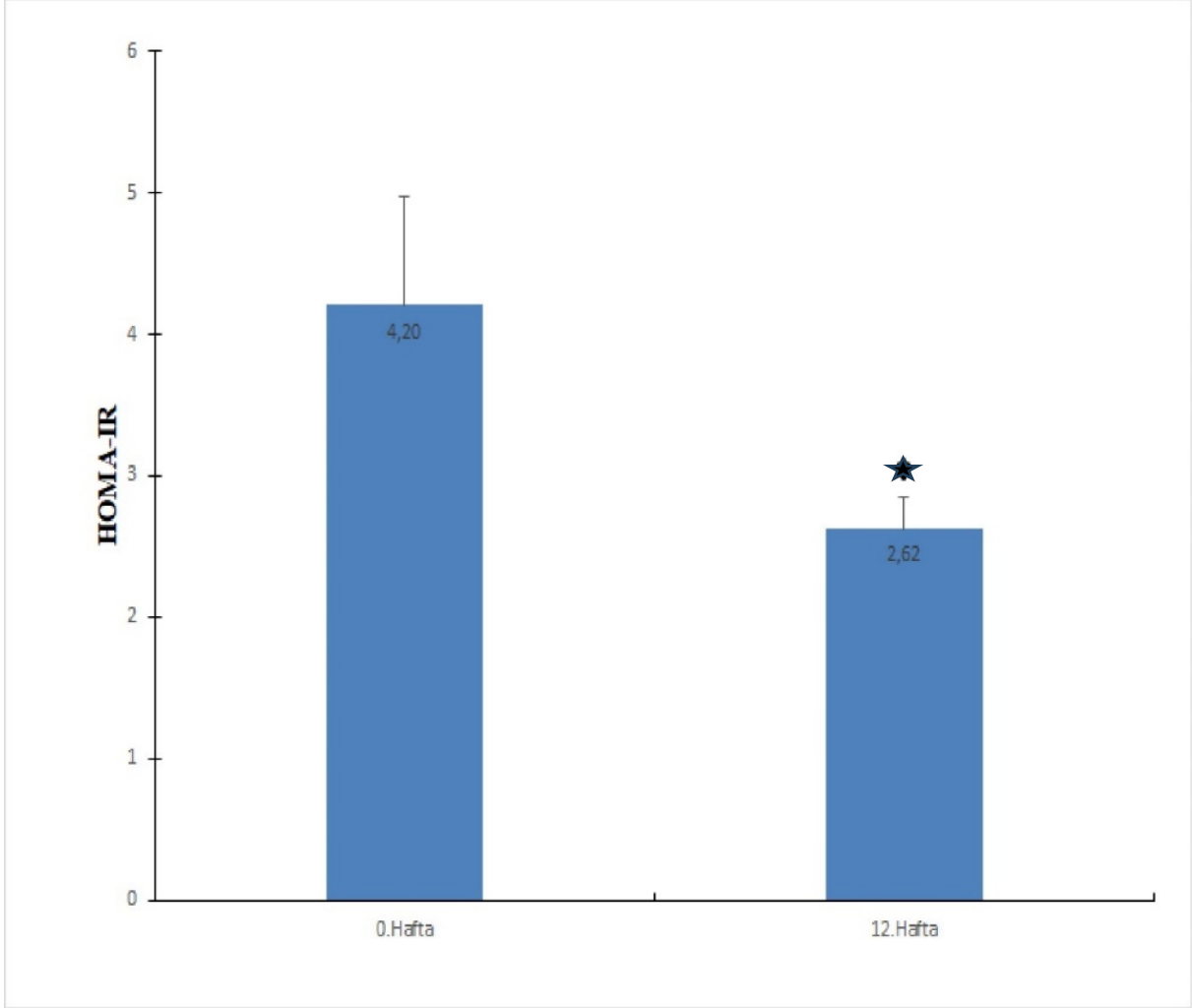


Şekil 4.2. Prediyabetli bireylerin açlık insülin değerleri (Ortalama±Standart Hata).

#### 4.2.3. İnsülin direnci düzeylerinin değerlendirilmesi

Prediyabetli bireylerin HOMA-IR değerleri Şekil 4.3.'de sunulmuştur.

İDE prediyabetli bireylerin 12. hafta HOMA-IR değerlerini ( $2,62 \pm 0,23$ ) 0. haftaya göre ( $4,20 \pm 0,77$ ) istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalttı ( $p=0,02$ ).

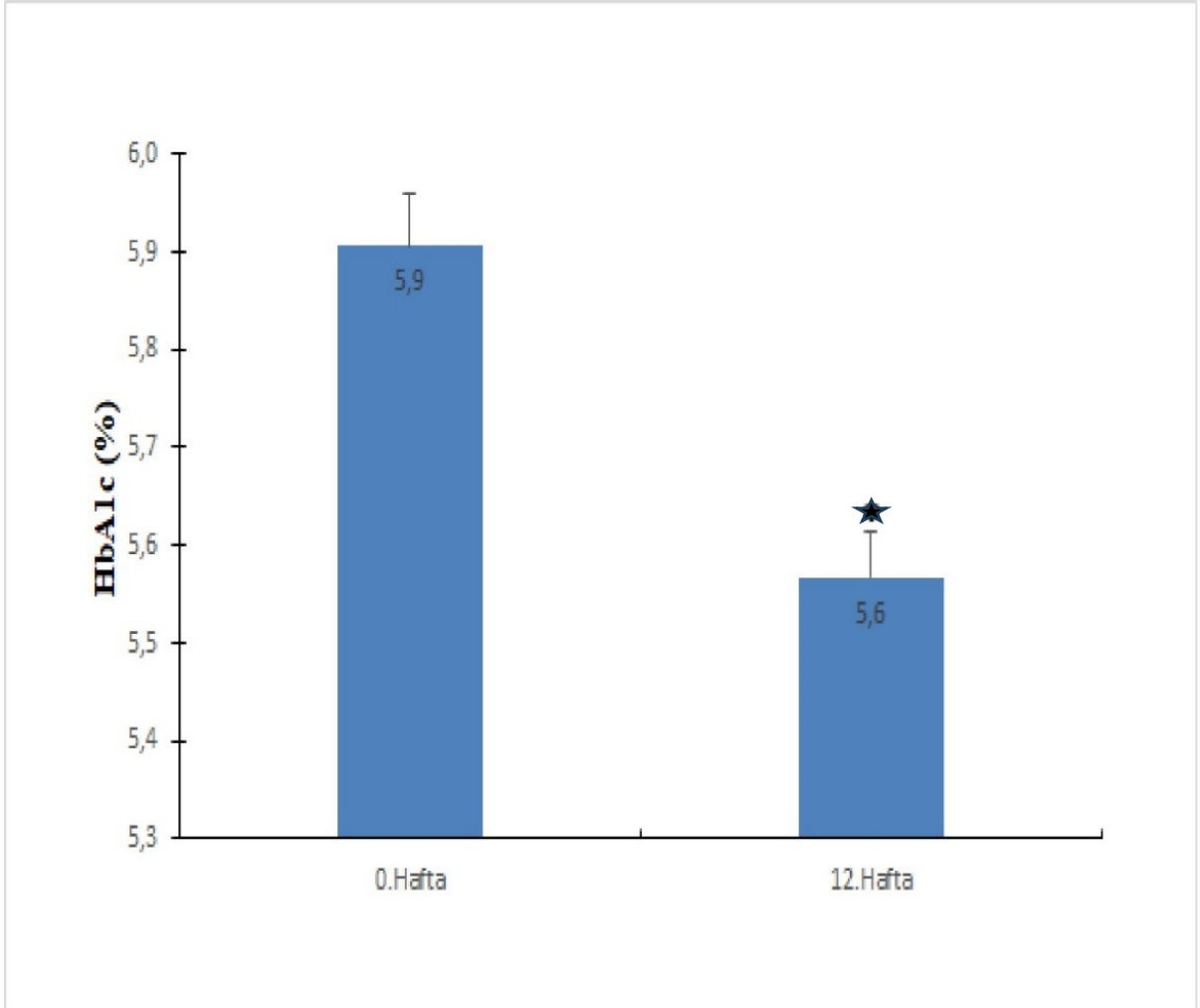


Şekil 4.3. Prediyabetli bireylerin HOMA-IR değerleri (Ortalama±Standart Hata, \*:0. Haftadan fark,  $p<0,05$ ).

#### 4.2.4. Hemogloblin A1c düzeylerinin değerlendirilmesi

Prediyabetli bireylerin HbA1c değerleri Şekil 4.4.'de sunulmuştur.

İDE prediyabetli bireylerin 12. hafta HbA1c değerlerini ( $5,6\pm 0,04$ ) 0. haftaya göre ( $5,9\pm 0,05$ ) istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalttı ( $p=0,0001$ ).

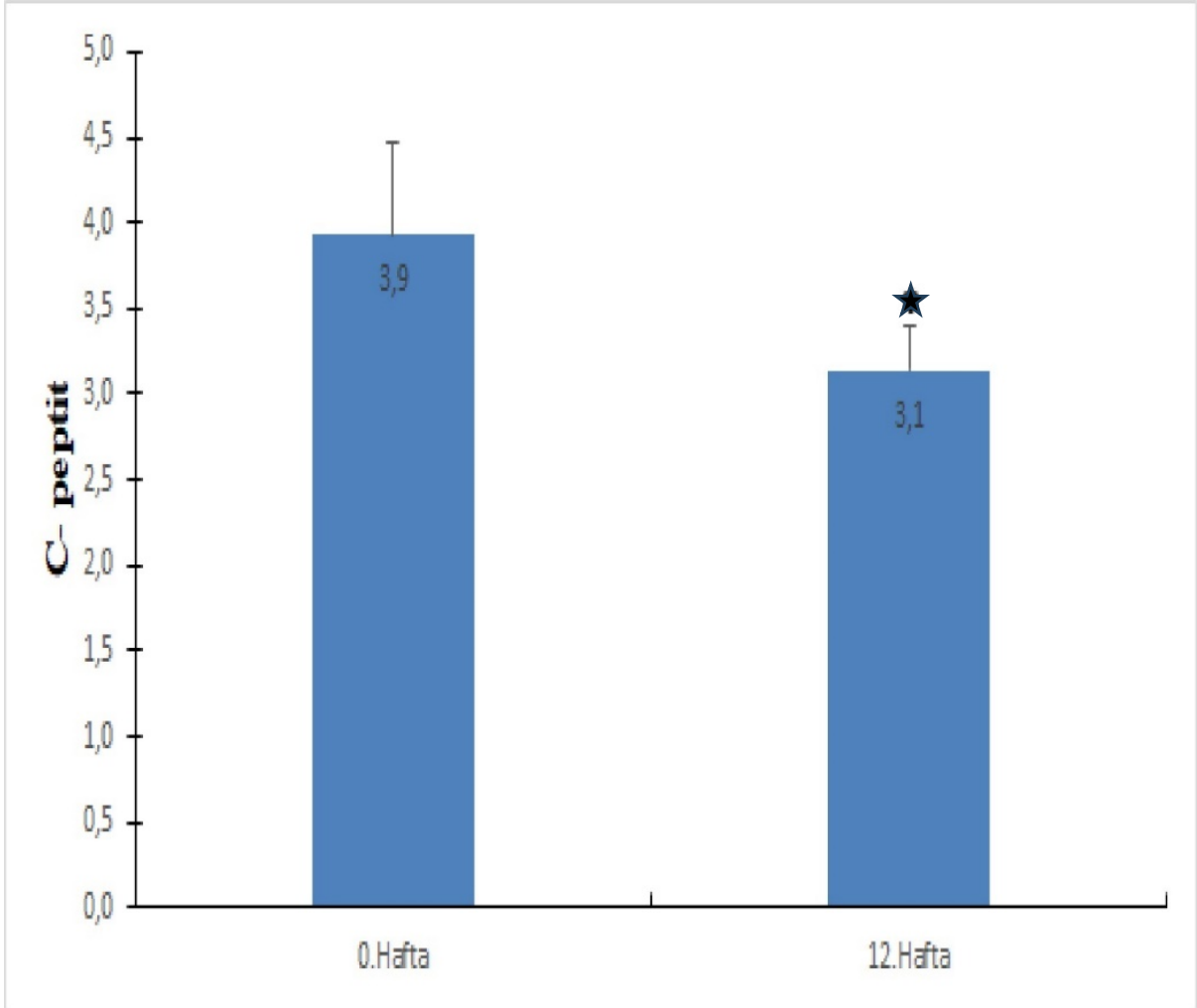


Şekil 4.4. Prediyabetli bireylerin HbA1c değerleri (Ortalama $\pm$ Standart Hata, \*:0. Haftadan fark,  $p<0,05$ ).

#### 4.2.5. C-peptit düzeylerinin değerlendirilmesi

Prediyabetli bireylerin C-peptit değerleri Şekil 4.5.'de sunulmuştur.

İDE prediyabetli bireylerin 12. hafta C-peptit değerlerini ( $3,1\pm 0,25$ ) 0. haftaya göre ( $3,9\pm 0,53$ ) istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalttı ( $p=0,04$ ).



Şekil 4.5. Bireylerin C-peptit değerleri (Ortalama±Standart Hata, \*:0. Haftadan fark,  $p<0,05$ ).

#### 4.2.6. Venöz kan tahlillerinin değerlendirilmesi

Prediyabetli bireylerin kan tahlil değerleri Tablo 4.3.'de sunulmuştur.

İDE prediyabetli bireylerin 12. hafta “HGB ve K” değerlerini (sırasıyla; 13,46±0,30, 4,63±0,08) 0. haftaya göre (sırasıyla; 12,94±0,26, 4,36±0,05) istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artırdı (sırasıyla; p=0,004, p=0,001). Bunun yanında 12 hafta yapılan egzersiz “HTC” değerini artırdı ve “LDL, Triglisericid, Kolesterol ve ALT” düzeylerini azalttı.

Tablo 4.3. Kan tahlil değerleri.

Kan tahlil parametreleri	0.Hafta Ort±SH	12.Hafta Ort±SH	P değeri
CRP (mg/L)	4,28±0,86	4,64±0,97	0,440
ESH (mm/H)	11,86±2,38	10,26±1,73	0,495
HCT (%)	40,12±0,65	41,15±0,74	0,054
HGB (g/dL)	12,94±0,26	<b>13,46±0,30*</b>	<b>0,004</b>
Kreatinin (mg/dL)	0,80±0,02	0,81±0,02	0,631
Üre (mg/dL)	23,26±1,7	22,87±1,28	0,781
Ürik asit (mg/dL)	4,90±0,24	4,83±0,26	0,657
HDL (mg/dL)	56,4±3,56	56,53±3,45	0,898
LDL (mg/dL)	123,36±7,74	113,02±5,91	0,118
Triglisericid (mg/dL)	118,73±14,81	108,53±16,86	0,312
Kolesterol (mg/dL)	201,93±9,07	187,93±7,58	0,097
ALT (U/L)	20,33±1,53	18,86±1,50	0,322
Ca (mg/dL)	9,55±0,12	9,67±0,12	0,250
Mg (mg/dL)	1,98±0,04	2±0,04	0,595
Na (mmol/L)	139,80±0,39	140,13±0,55	0,511
K (mmol/L)	4,36±0,05	<b>4,63±0,08*</b>	<b>0,001</b>

(CRP: c reaktif protein, ESH: Eritrosit sedimentasyon hızı, HCT: Hematokrit, HGB: Hemogloblin, HDL: Yüksek yoğunluklu lipoprotein, LDL: Düşük yoğunluklu lipoprotein, ALT: Alanin aminotransferaz, Ca: Kalsiyum, Mg: Magnezyum, Na: Sodyum, K: Potasyum, Ort±SH: Ortalama±Standart Hata, \*:0. Haftadan fark, p<0,05)

### 4.3. Denge ve Proprioseptif Ölçümlerin Değerlendirilmesi

Prediyabetli bireylerin romberg testi değerleri Tablo 4.4.'de sunulmuştur.

İDE prediyabetli bireylerin 12. hafta “GA-COP X” değerini (-5.13±3.87) 0. haftaya göre (3.46±3.13) istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalttı (p=0.024). Bunun yanında 12 hafta yapılan egzersiz “GA-Alan, GK-Alan, GK/GA Alan Oran, GK/GA Çevre Oran” değerlerini azalttı.

Tablo 4.4. Romberg testi değerleri.

Romberg test parametreleri	0.Hafta Ort±SH	6.Hafta Ort±SH	12.Hafta Ort±SH	P değeri 0.-6.Hafta	P değeri 6.-12.Hafta	P değeri 0.-12.Hafta
GA-COP X (mm)	3.46±3.13	-0.60±3.10	<b>-5.13±3.87*</b>	0.465	0.323	<b>0.024</b>
GA-COP Y (mm)	-37.00±6.67	-41.20±6.33	-44.33±7.27	1.000	1.000	1.000
GA-Alan (mm <sup>2</sup> )	138.40±21.90	164.93±26.98	127.26±15.44	1.000	0.540	1.000
GA-Çevre (mm)	202.46±20.97	220.73±10.97	203.66±11.68	0.737	0.114	1.000
GK-COP X (mm)	1.60±3.43	-3.13±2.62	-2.86±3.19	0.221	1.000	0.625
GK-COP Y (mm)	-35.13±7.22	-41.46±6.36	-42.26±7.31	1.000	1.000	1.000
GK-Alan (mm <sup>2</sup> )	269.26±36.61	240.60±44.50	266.00±50.93	1.000	1.000	1.000
GA-Çevre (mm)	369.13±30.63	358.40±34.25	373.33±39.17	1.000	1.000	1.000
GK/GA Alan Oran	269.66±50.12	157.40±19.46	219.60±31.98	0.243	0.297	1.000
GK/GA Çevre Oran	189.33±13.28	160.66±11.18	184.00±18.83	0.247	0.763	1.000

(COP: Center of pressure-basınç merkezi, GA: Gözler açık, GK: Gözler kapalı, Ort±SH: Ortalama±Standart Hata, \*:0. Haftadan fark, #:6. Haftadan fark, p<0,05)

### 4.4. Anareobik Güç ve Anaerobik Performans Değerlendirmesi

Prediyabetli bireylerin Wingate bisiklet ergometresi test değerleri Tablo 4.5.'de sunulmuştur.

Egzersizin 6. haftasında yapılan ölçümler neticesinde “Pik güç, Pik güç/Vücut ağırlığı, Ortalama güç, Ortalama güç/Vücut ağırlığı, Minimum güç, Minimum güç/Vücut ağırlığı, Pik iş” (sırasıyla; 393,21±35,01, 4,26±0,29, 324,05±32,06, 3,48±0,27, 232,48±31,25, 2,46±0,28, 9.712,26±949,53) değerlerinde 0. haftaya göre (sırasıyla; 326,24±29,26, 3,46±0,23, 249,03±25,60, 2,65±0,23, 159,73±20,84, 1,69±0,20, 7.414,13±761,47) istatistiksel olarak anlamlı bir artış tespit edildi (sırasıyla; p<0,001, p<0,001, p=0,001, p<0,001, p=0,005, p=0,004, p=0,001).

Egzersizin 12. haftasının tamamlanmasıyla yapılan ölçümler “Pik güç, Pik güç/vücut ağırlığı, Ortalama güç, Ortalama güç/vücut ağırlığı, Minimum güç, Minimum güç/vücut ağırlığı, Pik iş” (sırasıyla; 534,37±38,54, 5,94±0,28, 428,52±32,94, 4,76±0,25, 324,79±32,29, 3,57±0,27, 12.723,86±980,68) değerlerinde 6. haftaya göre (sırasıyla; 393,21±35,01, 4,26±0,29, 324,05±32,06, 3,48±0,27, 232,48±31,25, 2,46±0,28, 9.712,26±949,53) istatistiksel

olarak anlamlı bir artışı göstermektedir (sırasıyla;  $p<0,001$ ,  $p<0,001$ ,  $p<0,001$ ,  $p<0,001$ ,  $p=0,002$ ,  $p=0,001$ ,  $p<0,001$ ).

12 haftalık İDE prediyabetli bireylerin “Pik güç, Pik güç/vücut ağırlığı, Ortalama güç, Ortalama güç/vücut ağırlığı, Minimum güç, Minimum güç/vücut ağırlığı, Pik iş” (sırasıyla; 534,37±38,54, 5,94±0,28, 428,52±32,94, 4,76±0,25, 324,79±32,29, 3,57±0,27, 12.723,86±980,68) değerleri üzerinde 0. haftaya göre (sırasıyla; 326,24±29,26, 3,46±0,23, 249,03±25,60, 2,65±0,23, 159,73±20,84, 1,69±0,20, 7.414,13±761,47) istatistiksel olarak anlamlı bir artış sağladı (sırasıyla;  $p<0,001$ ,  $p<0,001$ ,  $p<0,001$ ,  $p<0,001$ ,  $p<0,001$ ,  $p<0,001$ ,  $p<0,001$ ).

Ek olarak bireylerin “Yorgunluk indeksi” değerleri 6. ve 12. haftalarda azaldı.

**Tablo 4.5. Wingate bisiklet ergometresi test değerleri.**

WAnT parametreleri	0.Hafta Ort±SH	6.Hafta Ort±SH	12.Hafta Ort±SH	P değeri 0.-6. Hafta	P değeri 6.-12. Hafta	P değeri 0.-12. Hafta
Pik güç (W)	326,24±29,26	393,21±35,01*	534,37±38,54*,#	<0,001	<0,001	<0,001
Pik güç/Vücut ağırlığı(W/Kg)	3,46±0,23	4,26±0,29*	5,94±0,28*,#	<0,001	<0,001	<0,001
Ortalama güç (W)	249,03±25,60	324,05±32,06*	428,52±32,94*,#	0,001	<0,001	<0,001
Ortalama güç/Vücut ağırlığı (W/Kg)	2,65±0,23	3,48±0,27*	4,76±0,25*,#	<0,001	<0,001	<0,001
Minimum güç (W)	159,73±20,84	232,48±31,25*	324,79±32,29*,#	0,005	0,002	<0,001
Minimum güç/Vücut ağırlığı (W/Kg)	1,69±0,20	2,46±0,28*	3,57±0,27*,#	0,004	0,001	<0,001
Pik iş (J)	7.414,13±761,47	9.712,26±949,53*	12.723,86±980,68*,#	0,001	<0,001	<0,001
Yorgunluk indeksi (%)	51,90±3,75	43,00±4,53	40,29±3,40	0,325	1,000	0,164

(Ort±SH: Ortalama±Standart Hata, \*:0. Haftadan fark, #:6. Haftadan fark,  $p<0,05$ )

## 4.5. İzokinetik Kas Kuvveti Değerlendirmesi

### 4.5.1. İzokinetik 60°/s açısız hızda kas kuvveti değerlendirilmesi

Prediyabetli bireylerin izokinetik 60°/s açısız hızda M. Quadriceps Femoris ve M. Hamstring kaslarının konsantrik kas kuvvet testi değerleri Tablo 4.6.’da sunulmuştur.

Egzersizin 6. haftasında yapılan ölçümler neticesinde “Pik Tork, Pik Tork/Vücut ağırlığı, Pik İş: sağ ve sol diz fleksiyon, sağ diz ekstansiyon; Toplam İş: sağ diz fleksiyon ve ekstansiyon” (sırasıyla; 55,67±3,66, 57,16±3,38, 107,46±6,57, 0,62±0,04, 0,63±0,04,

1,20±0,07, 54,46±3,74, 58,60±3,01, 101,53±6,40, 240,33±18,59, 459,13±30,43) değerlerinde 0. haftaya göre (sırasıyla; 39,34±3,23, 42,30±3,15, 86,26±7,62, 0,43±0,04, 0,46±0,04, 0,94±0,07, 40,20±3,30, 45,40±3,34, 81,13±6,70, 169,26±15,98, 374,06±33,77) istatistiksel olarak anlamlı bir artış tespit edildi (sırasıyla; p=0,001, p=0,010, p=0,010, p=0,001, p=0,009, p=0,008, p=0,010, p=0,047, p=0,007, p=0,022, p=0,037).

Egzersiz 12. haftasının tamamlanmasıyla yapılan ölçümler “Pik Tork, Pik Tork/Vücut ağırlığı, Toplam İş: sağ ve sol diz fleksiyon, sağ ve sol diz ekstansiyon; Pik İş: sağ diz fleksiyon, sağ ve sol diz ekstansiyon” (sırasıyla; 64,70±3,84, 63,41±4,03, 119,04±6,92, 105,50±7,83, 0,73±0,04, 0,72±0,04, 1,35±0,07, 1,20±0,08, 284,13±20,41, 286,73±17,09, 527,46±32,28, 445,53±26,68, 64,46±4,16, 113,60±6,70, 96,00±5,95) değerlerinde 6. haftaya göre (sırasıyla; 55,67±3,66, 57,16±3,38, 107,46±6,57, 91,22±5,88, 0,62±0,04, 0,63±0,04, 1,20±0,07, 1,01±0,07, 240,33±18,59, 253,66±14,23, 459,13±30,43, 378,80±24,52, 54,46±3,74, 101,53±6,40, 83,53±5,12) istatistiksel olarak anlamlı bir artışı göstermektedir (sırasıyla; p=0,003, p=0,026, p=0,017, p=0,012, p<0,001, p=0,005, p=0,007, p=0,005, p=0,004, p=0,018, p=0,008, p<0,001, p=0,010, p=0,014, p<0,001).

12 haftalık İDE prediyabetli bireylerin “Pik Tork, Pik Tork/Vücut ağırlığı, Pik İş, Toplam İş: sağ ve sol diz fleksiyon, sağ ve sol diz ekstansiyon” (sırasıyla; 64,70±3,84, 63,41±4,03, 119,04±6,92, 105,50±7,83, 0,73±0,04, 0,72±0,04, 1,35±0,07, 1,20±0,08, 64,46±4,16, 66,26±3,97, 113,60±6,70, 96,00±5,95, 284,13±20,41, 286,73±17,09, 527,46±32,28, 445,53±26,68) değerleri üzerinde 0. haftaya göre (sırasıyla; 39,34±3,23, 42,30±3,15, 86,26±7,62, 78,83±7,67, 0,43±0,04, 0,46±0,04, 0,94±0,07, 0,86±0,07, 40,20±3,30, 45,40±3,34, 81,13±6,70, 74,53±6,62, 169,26±15,98, 203,93±14,35, 374,06±33,77, 347,20±32,05) istatistiksel olarak anlamlı bir artış sağladı (sırasıyla; p<0,001, p=0,002, p<0,001, p=0,003, p<0,001, p=0,001, p<0,001, p=0,002, p=0,001, p=0,007, p<0,001, p=0,003, p=0,002, p=0,009, p<0,001, p=0,006).

**Tablo 4.6. İzokinetik 60°/s açısız hızda M. Quatricsps Femoris ve M. Hamstring kaslarının konsantrik kas kuvvet testi değeri.**

İzokinetik test parametreleri	0.Hafta Ort±SH	6.Hafta Ort±SH	12.Hafta Ort±SH	P değeri 0.-6. Hafta	P değeri 6.-12. Hafta	P değeri 0.-12. Hafta
<b>Pik Tork (Nm)</b>						
Sağ diz fleksiyon	39,34±3,23	55,67±3,66*	64,70±3,84*,#	0,001	0,003	<0,001
Sol diz fleksiyon	42,30±3,15	57,16±3,38*	63,41±4,03*,#	0,010	0,026	0,002
Sağ diz ekstansiyon	86,26±7,62	107,46±6,57*	119,04±6,92*,#	0,010	0,017	<0,001
Sol diz ekstansiyon	78,83±7,67	91,22±5,88	105,50±7,83*,#	0,195	0,012	0,003
<b>Pik Tork/Vücut ağırlığı (Nm/Kg)</b>						
Sağ diz fleksiyon	0,43±0,04	0,62±0,04*	0,73±0,04*,#	0,001	<0,001	<0,001
Sol diz fleksiyon	0,46±0,04	0,63±0,04*	0,72±0,04*,#	0,009	0,005	0,001
Sağ diz ekstansiyon	0,94±0,07	1,20±0,07*	1,35±0,07*,#	0,008	0,007	<0,001
Sol diz ekstansiyon	0,86±0,07	1,01±0,07	1,20±0,08*,#	0,134	0,005	0,002
<b>Pik İş (J)</b>						
Sağ diz fleksiyon	40,20±3,30	54,46±3,74*	64,46±4,16*,#	0,010	0,010	0,001
Sol diz fleksiyon	45,40±3,34	58,60±3,01*	66,26±3,97*	0,047	0,051	0,007
Sağ diz ekstansiyon	81,13±6,70	101,53±6,40*	113,60±6,70*,#	0,007	0,014	<0,001
Sol diz ekstansiyon	74,53±6,62	83,53±5,12	96,00±5,95*,#	0,350	<0,001	0,003
<b>Toplam İş (J)</b>						
Sağ diz fleksiyon	169,26±15,98	240,33±18,59*	284,13±20,41*,#	0,022	0,004	0,002
Sol diz fleksiyon	203,93±14,35	253,66±14,23	286,73±17,09*,#	0,104	0,018	0,009
Sağ diz ekstansiyon	374,06±33,77	459,13±30,43*	527,46±32,28*,#	0,037	0,008	<0,001
Sol diz ekstansiyon	347,20±32,05	378,80±24,52	445,53±26,68*,#	0,724	<0,001	0,006

(Ort±SH: Ortalama±Standart Hata, \*:0. Haftadan fark, #:6. Haftadan fark, p<0,05)

#### 4.5.2. İzokinetik 180°/s açısız hızda kas kuvveti değeri

Prediyabetli bireylerin izokinetik 180°/s açısız hızda M. Quatricsps Femoris ve M. Hamstring kaslarının konsantrik kas kuvvet testi değeri Tablo 4.7.'de sunulmuştur.

Egzersizin 6. haftasında yapılan ölçümler neticesinde ‘‘Pik Tork, Pik Tork/Vücut ağırlığı, Pik İş, Toplam İş: sağ ve sol diz fleksiyon, sağ ve sol diz ekstansiyon’’ (sırasıyla; 45,55±2,73, 47,30±2,58, 77,94±4,65, 72,98±5,38, 0,50±0,03, 0,52±0,03, 0,86±0,04, 0,80±0,04, 38,66±2,18, 44,60±2,16, 72,86±4,85, 66,60±5,56, 522,53±40,16, 632,33±40,54, 1149,13±87,46, 959,66±88,40) değeriinde 0. haftaya göre (sırasıyla; 32,68±2,59, 33,28±2,71, 59,52±4,06, 51,33±4,57, 0,36±0,03, 0,36±0,03, 0,66±0,05, 0,56±0,04, 24,46±2,25, 28,46±2,80, 56,26±4,40, 45,93±4,88, 360,00±38,71, 438,60±51,93, 916,60±74,63, 754,93±71,72) istatistiksel olarak anlamlı bir artış tespit edildi (sırasıyla; p=0,004, p=0,003, p=0,001, p<0,001, p=0,002, p=0,003, p<0,001, p<0,001, p=0,002, p=0,001, p=0,002, p<0,001, p=0,031, p=0,013, p=0,003, p=0,009).

Egzersizin 12. haftasının tamamlanmasıyla yapılan ölçümler ‘‘Pik Tork, Pik Tork/Vücut ağırlığı, Pik İş: sağ ve sol diz fleksiyon, sağ ve sol diz ekstansiyon; Toplam İş: sağ diz fleksiyon, sağ ve sol diz ekstansiyon’’ (sırasıyla; 52,54±2,99, 53,79±2,68, 87,48±5,76, 80,71±6,15,

0,59±0,03, 0,61±0,03, 0,98±0,04, 0,90±0,05, 45,53±2,99, 49,26±2,15, 84,20±5,51, 74,66±5,69, 657,00±49,41, 1279,20±93,32, 1096,93±81,08) değerlerinde 6. haftaya göre (sırasıyla; 45,55±2,73, 47,30±2,58, 77,94±4,65, 72,98±5,38, 0,50±0,03, 0,52±0,03, 0,86±0,04, 0,80±0,04, 38,66±2,18, 44,60±2,16, 72,86±4,85, 66,60±5,56, 522,53±40,16, 1149,13±87,46, 959,66±88,40) istatistiksel olarak anlamlı bir artışı göstermektedir (sırasıyla; p<0,001, p<0,001, p=0,019, p=0,038, p<0,001, p<0,001, p=0,008, p=0,017, p=0,001, p=0,021, p=0,003, p=0,005, p<0,001, p=0,013, p=0,003).

12 haftalık İDE prediyabetli bireylerin “Pik Tork, Pik Tork/Vücut ağırlığı, Pik İş, Toplam İş: sağ ve sol diz fleksiyon, sağ ve sol diz ekstansiyon” (sırasıyla; 52,54±2,99, 53,79±2,68, 87,48±5,76, 80,71±6,15, 0,59±0,03, 0,61±0,03, 0,98±0,04, 0,90±0,05, 45,53±2,99, 49,26±2,15, 84,20±5,51, 74,66±5,69, 657,00±49,41, 697,66±37,74, 1279,20±93,32, 1096,93±81,08) değerleri üzerinde 0. haftaya göre (sırasıyla; 32,68±2,59, 33,28±2,71, 59,52±4,06, 51,33±4,57, 0,36±0,03, 0,36±0,03, 0,66±0,05, 0,56±0,04, 24,46±2,25, 28,46±2,80, 56,26±4,40, 45,93±4,88, 360,00±38,71, 438,60±51,93, 916,60±74,63, 754,93±71,72) istatistiksel olarak anlamlı bir artış sağladı (sırasıyla; p<0,001, p<0,001, p<0,001, p<0,001, p<0,001, p<0,001, p<0,001, p<0,001, p=0,001, p=0,001, p<0,001, p<0,001, p=0,002, p=0,005, p<0,001, p<0,001).

**Tablo 4.7. İzokinetik 180°/s açısal hızda M. Quaticeps Femoris ve M. Hamstring kaslarının konsantrik kas kuvvet testi değerleri**

İzokinetik test parametreleri	0.Hafta Ort±SH	6.Hafta Ort±SH	12.Hafta Ort±SH	P değeri 0.-6. Hafta	P değeri 6.-12. Hafta	P değeri 0.-12. Hafta
<b>Pik Tork (Nm)</b>						
Sağ diz fleksiyon	32,68±2,59	45,55±2,73*	52,54±2,99*,#	0,004	<0,001	<0,001
Sol diz fleksiyon	33,28±2,71	47,30±2,58*	53,79±2,68*,#	0,003	<0,001	<0,001
Sağ diz ekstansiyon	59,52±4,06	77,94±4,65*	87,48±5,76*,#	0,001	0,019	<0,001
Sol diz ekstansiyon	51,33±4,57	72,98±5,38*	80,71±6,15*,#	<0,001	0,038	<0,001
<b>Pik Tork/Vücut ağırlığı (Nm/Kg)</b>						
Sağ diz fleksiyon	0,36±0,03	0,50±0,03*	0,59±0,03*,#	0,002	<0,001	<0,001
Sol diz fleksiyon	0,36±0,03	0,52±0,03*	0,61±0,03*,#	0,003	<0,001	<0,001
Sağ diz ekstansiyon	0,66±0,05	0,86±0,04*	0,98±0,04*,#	<0,001	0,008	<0,001
Sol diz ekstansiyon	0,56±0,04	0,80±0,04*	0,90±0,05*,#	<0,001	0,017	<0,001
<b>Pik İş (J)</b>						
Sağ diz fleksiyon	24,46±2,25	38,66±2,18*	45,53±2,99*,#	0,002	0,001	0,001
Sol diz fleksiyon	28,46±2,80	44,60±2,16*	49,26±2,15*,#	0,001	0,021	0,001
Sağ diz ekstansiyon	56,26±4,40	72,86±4,85*	84,20±5,51*,#	0,002	0,003	<0,001
Sol diz ekstansiyon	45,93±4,88	66,60±5,56*	74,66±5,69*,#	<0,001	0,005	<0,001
<b>Toplam İş (J)</b>						
Sağ diz fleksiyon	360,00±38,71	522,53±40,16*	657,00±49,41*,#	0,031	<0,001	0,002
Sol diz fleksiyon	438,60±51,93	632,33±40,54*	697,66±37,74*	0,013	0,051	0,005
Sağ diz ekstansiyon	916,60±74,63	1149,13±87,46*	1279,20±93,32*,#	0,003	0,013	<0,001
Sol diz ekstansiyon	754,93±71,72	959,66±88,40*	1096,93±81,08*,#	0,009	0,003	<0,001

(Ort±SH: Ortalama±Standart Hata, \*:0. Haftadan fark, #:6. Haftadan fark, p<0,05)

#### 4.6. Endotel Fonksiyonu Değerlendirmesi

Prediyabetli bireylerin akım aracılı dilatasyon (FMD) değerleri Tablo 4.8.'de sunulmuştur.

İDE prediyabetli bireylerin 12. hafta “Akım aracılı dilatasyon (FMD)” değerini (16,04±0,94) 0. haftaya göre (11,82±0,76) istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artırdı (p<0,001). Bunun yanında 12 hafta yapılan egzersiz EBVC olarak kaydedilen brakıyel arter çapında artışa neden oldu.

**Tablo 4.8. Akım aracılı dilatasyon (FMD) değerleri.**

Ölçüm parametreleri	0.Hafta Ort±SH	12.Hafta Ort±SH	P değeri
BABÇ (mm)	3,82±0,12	3,80±0,15	0,842
EBVC (mm)	4,28±0,14	4,42±0,18	0,290
Akım aracılı dilatasyon (FMD)(%)	11,82±0,76	16,04±0,94*	<0,001

(BABÇ: Brakıyel arterin başlangıç çapı, EBVC: Endotel bağımlı vazodilatör cevap, Ort±SH: Ortalama±Standart Hata, \*:0. Haftadan fark, p<0,05)

#### 4.7. Karotis İntima-Media Kalınlığı Ölçümü Değerlendirmesi

Prediyabetli bireylerin karotis intima-media kalınlığı değerleri Tablo 4.9.'da sunulmuştur.

İDE prediyabetli bireylerin 12. hafta “Sağ KİMK ve Sol KİMK” değerlerini (sırasıyla; 0,52±0,02, 0,51±0,02) 0. haftaya göre (sırasıyla; 0,62±0,03, 0,65±0,04) istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalttı (sırasıyla; p=0,008, p=0,001).

**Tablo 4.9. Karotis intima-media kalınlığı değerleri.**

<b>Ölçüm parametreleri</b>	<b>0.Hafta Ort±SH</b>	<b>12.Hafta Ort±SH</b>	<b>P değeri</b>
Sağ KİMK (mm)	0,62±0,03	<b>0,52±0,02*</b>	<b>0,008</b>
Sol KİMK (mm)	0,65±0,04	<b>0,51±0,02*</b>	<b>0,001</b>

(KİMK: Karotis İntima-Media Kalınlığı, Ort±SH: Ortalama±Standart Hata, \*:0. Haftadan fark, p<0,05)



## 5. TARTIŞMA

Yaşam tarzı değişikliği diyabet tedavisinin temelini oluşturur. Egzersiz ve diyet bu süreçte yapılması gereken vazgeçilmez uygulamalardır (ElSayed ve ark., 2022). Düzenli olarak yapılan egzersiz prediyabetin T2DM'ye dönüşmesini geciktirip engelleyebilir. Kilo kontrolü ve kas kuvvetinin artışı prediyabetin ilerlemesine ve oluşabilecek komplikasyonların önlenmesini sağlar (ADAPPC, 2021). ADA ve ACSM ortak bildirisinde glikoz metabolizmasında oluşturduğu olumlu etkilerden dolayı aerobik ve direnç egzersizinin diyabetli bireylerde uygulanması gerektiğini bildirmektedir (Colberg ve ark., 2010). Direnç egzersizleri arasında güvenli bir şekilde kullanılabilen izokinetik egzersizler 1960 yılında tanımlanmıştır (Brown, 2000). İzokinetik egzersizler sayesinde eklem açıklığı boyunca hareketin hızı sabitlenerek kas üzerine dinamik bir yükleme yapılır. Hareket içerisindeki her bir noktada kasın maksimum kapasitede konsantrik veya eksantrik olarak çalışması sağlanır. İDE eğitimi kasın maksimum kuvvetini ortaya çıkarabileceği için diğer direnç egzersizlerine göre avantajlıdır (Davies, 1992). Hasta egzersiz boyunca sabit açısal hızda uyguladığı kuvvete eş bir dirençle karşılaşarak hareketi kolaylıkla tamamlar. Hastanın kas kompozisyonu değerlendirilerek İDE eğitimi istenilen açısal hızlarda gerçekleştirilebilir. İDE eğitimi birçok hastalıkta özellikle alt ekstremitte geniş kas grupları kuvvetini artırmak için diğer direnç egzersizlerine göre güvenle kullanılan etkili bir yöntemdir (Y. Jiang ve ark., 2024). Sedanter yaşam tarzı ve obezitenin artmasından kaynaklı glikoz metabolizma bozukluğu olan T2DM ile ilgili yapılmış çalışmalar incelendiğinde ulaşılabildiği kadarıyla izokinetik egzersiz eğitimi içeren bir çalışmaya rastlanmamıştır. Fakat izokinetik dinamometre kullanılarak kas kuvvet testi yapılmış olup çeşitli uygulamalar neticesinde meydana gelen kas kuvvet değişimleri aktarılmıştır. Literatürde T2DM hastaları ile ilgili obezite derecesinin (Bassi-Dibai ve ark., 2020), hipergliseminin (Kalyani ve ark., 2014; Yoon ve ark., 2016), günlük fiziksel aktivite düzeylerinin (Tuttle ve ark., 2011), nöropatinin (Andreassen ve ark., 2009; Ferreira ve ark., 2017) ve aerobik ile farklı direnç egzersizi sonrasında (Bazzucchi ve ark., 2015) kas gücündeki değişimlerin izokinetik kas kuvvet testi yapılarak araştırma neticesinde meydana gelen kas gücü değişimleri bildirilmiştir. Bu şekilde T2DM hastalarında objektif olarak kas gücü değişimleri izokinetik kas kuvvet testi ile belirlenmiştir. Doğrudan izokinetik egzersizin T2DM ve prediyabet hastaları üzerinde ne gibi etkiler açığa çıkaracağı bilinmemektedir.

Prediyabetli bireylerde ise sarkopeni (Racha ve ark., 2022), vücut kompozisyonu (Bell ve ark., 2022) ve kas gücündeki değişimleri (Sambashivaiah ve ark., 2019) tespit etmek için izokinetik kas kuvvet testi kullanılmıştır. Prediyabetli bireylerde İDE eğitiminin etkisini

gösteren herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Düzenli egzersiz ile glikoz metabolizmasında iyileşmeler görülen prediyabetli bireyler için yaralanma riskinin düşük olduğu ve kas kuvvet gelişimini verimli bir şekilde arttıran izokinetik egzersiz eğitimi hakkında yeterli bilgi yoktur. İzokinetik egzersizlerin prediyabetli bireyler üzerinde nasıl etkiler oluşturacağı bilinmemektedir. Her geçen gün prevalansı artan prediyabetin tespit edilmesi ve T2DM'ye dönüşümünün engellenmesi veya geciktirilmesi için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

Çalışmamızda 12 hafta düzenli olarak uygulanan İDE eğitiminin; prediyabetli kadın bireyler üzerinde vücut kompozisyonu, glikoz metabolizma değerleri, hemogram, denge fonksiyonları, anaerobik performans değerleri, diz fleksiyon-ekstansiyon kas kuvveti değişimi, FMD ve KİMK gibi endotel fonksiyon belirteçleri üzerinde yapacağı etkileri araştırdık.

Çalışmamız neticesinde elde ettiğimiz sonuçları özetleyecek olursak; 12 hafta süresince giderek artan yüklemle uygulanan İDE eğitimi yaş ortalaması 40 olan 15 prediyabetli bireylerin bel, abdomen, kalça, sağ ve sol uyluk çevresinde azalmaya sebep olurken bireylerin bu bölgelerinde çevresel olarak incelmeler oluşmuştur. Vücut kompozisyonu değerlerinden ilk 6 haftada; kilo, VKİ, yağ kütlesi, yağ kütle oranı, sağ bacak yağ ve oranı, sol bacak yağ, gövde yağ değerlerinde azalma gerçekleşti. Son 6 haftada hem egzersizin set sayılarının hem de süresinin artmasıyla bu parametrelere ilave olarak iç yağlanma oranı, sol bacak yağ oranı, gövde yağ oranı değerlerinde azalma görüldü. Yine ilk 6 haftada kas kütle oranı, YYK oranı, iskelet kasları ve oranı, sağ ve sol bacak kas değerlerinde artış gerçekleşti. Son 6 haftada izokinetik egzersizin etkisiyle bu parametrelere ilave olarak yağsız kütle ve oranı, kas kütlesi, YYK değerlerinde artış görüldü. İzokinetik egzersiz vücut kompozisyonunda genel yağ değerlerini azaltırken kas değerlerinde artışa sebep oldu. Prediyabetli bireylerin 12 hafta ilerleyici izokinetik egzersiz yapmaları glikoz metabolizması değerlerinden AKG, HbA1c, C-peptit ve HOMA-IR skorları üzerinde başlangıç değerlerine göre düşüşe sebep oldu. Kronik egzersiz istatistiksel olarak anlamlı düzeyde olmasa da açlık insülin değerlerini düşürdü. Kan parametrelerinden HGB ve K değerleri 12 hafta egzersizle birlikte arttı. LDL, trigliserid ve kolesterol ise anlamlı olmasa da başlangıç değerlerine göre azaldı. Diğer kan parametrelerinde uygulanan egzersiz birlikte herhangi anlamlı bir değişim görülmedi. İzokinetik egzersiz 12 hafta sonunda denge ve proprioseptif sistem üzerinde GA-COP X değerini azalttı. Bunun yanında anlamlı olmasa da GA-Alan, GK-Alan, GK/GA alan oran, GK/GA çevre oran değerlerini azaltarak denge ve postür sistemi üzerinde iyileşmelere sebep oldu. Prediyabetli bireylerin anaerobik performans göstergelerinden pik güç, pik güç/vücut ağırlığı, ortalama güç, ortalama güç/vücut ağırlığı, minimum güç, minimum güç/vücut ağırlığı ve pik iş değerleri hem

6. hem de 12. haftada düzenli olarak yapılan izokinetik egzersizin etkisiyle arttı. Bunların yanında kronik egzersiz anlamlı olmasa da yorgunluk indeksinde azalmaya sebep oldu. 12 hafta boyunca 60 °/s ve 180 °/s açısız hızlarda uygulanan izokinetik egzersiz prediyabetli bireylerin her iki açısız hızda pik tork, pik tork/vücut ağırlığı, pik İş, toplam İş: sağ ve sol diz fleksiyon, sağ ve sol diz ekstansiyon değerlerinde artış sağladı. Kronik egzersiz bireylerin alt ekstremite kaslarında kuvvet artışına sebep olarak günlük yaşamda bağımsızlıklarını artırdı. Düzenli olarak yapılan İDE 12 hafta sonunda prediyabetli bireylerin endotel fonksiyon belirteçlerinden akım aracılı dilatasyon (FMD) değerlerini artırdı. Kronik egzersiz anlamlı olmasa da EBVC olarak kaydedilen brakiyel arter çapında artışa sebep oldu. Sağ ve sol KİMK değerleri başlangıç değerlerine göre azaldı.

BAG ve BGT glikoz metabolizmasındaki bozulmalarla birlikte bireylerin vücut kompozisyonunu olumsuz yönde etkiler. Fiziksel aktivite artışı ve egzersiz üzerine kurulmuş yaşam tarzı değişikliği T2DM tanısı almış hastalarda vücut homeostazisine pek çok fayda sağlar (Amanat ve ark., 2020). Düzenli olarak yapılan hem aerobik hem de direnç egzersizi vücut yağ yüzdesini azaltıp yağsız kütleyi artırarak vücut ağırlığını azalttığı ve bu şekilde vücut kompozisyonunda iyileşmelerin olduğu birçok çalışmada gösterilmiştir (Pan ve ark., 2018). Ibanez ve ark. (2005) T2DM tanısı olan 9 bireye 16 hafta boyunca haftada 2 gün ana kas grupları üzerinde uygulanan ilerleyici direnç egzersizinin vücut yağ oranı, visseral ve subkutan karın yağ dokusunu azalttığını göstermişlerdir (Ibañez ve ark., 2005). Castaneda ve ark. (2002) T2DM tanısı olan 31 bireye ana kas grupları içeren ilerleyici direnç egzersizini 16 hafta boyunca haftada 3 gün uygulamışlardır. Sonuçta egzersizin bireylerin vücut yağsız doku kütlesini arttırdığını ve gövde yağ kütlesini ise azalttığını bildirmişlerdir. Ek olarak kol ve bacak yağsız doku kütlesinin ise anlamlı olmasa da arttığı vurgulanmıştır (Castaneda ve ark., 2002).

Literatürde BAG ve BGT ile karakterize prediyabetli bireylerin dirençli egzersiz ile birlikte T2DM hastalarında olduğu gibi vücut kompozisyonunda iyileşmelerin olduğunu gösteren bazı çalışmalar mevcuttur. Eikenberg ve ark. (2016) yaş ortalaması 60 olan prediyabetli bireyler üzerinde 12 hafta boyunca haftada 2 gün olacak şekilde 12 farklı direnç egzersiz uygulamışlardır. Sonuçta egzersizin prediyabetli bireylerin bel çevresi ve vücut yağ yüzdesinde azalma ile yağsız vücut kütlesinde artış sağladığını göstermişlerdir (Eikenberg ve ark., 2016). Literatürde direnç egzersizlerinin prediyabetli bireyler üzerinde vücut yağ yüzdesini azaltarak (Kim ve Lim, 2022) vücut ağırlığını düzenlediğine (Halliday ve ark., 2014) dair bilgiler olmasına rağmen izokinetik egzersiz olarak bilinen İDE'nin prediyabetli bireylerde etkisi incelenmemiştir. Tez kapsamında gerçekleştirdiğimiz İDE prediyabetli bireyler üzerinde

izokinetik egzersiz yöntemini kullanarak vücut kompozisyonundaki değişimleri gösteren tek çalışmayı temsil etmektedir. 12 hafta boyunca haftada 3 gün uyguladığımız İDE literatürle uyumlu olarak prediyabetli bireylerin vücut ağırlığı, VKİ, yağ kütlesi ve yağ oranlarında azalma sağladı. Yağ kompozisyonundaki bu değişim neticesine bireylerin bel, abdomen, kalça, her iki uyluk çevresinde incelmeler tespit edildi. Etkili bir şekilde uygulanan İDE kas kütle oranı, YYK oranı ve her iki bacak kas miktarını artırdı. Toplam 36 seans uygulanan egzersizin özellikle 6. haftasından sonra prediyabetli bireyler günlük yaşamda daha rahat hareket ettiklerini ve rutin işlerini yapmada kolaylık sağladıklarını belirttiler. Bireylerin günlük hayattaki hareketlerindeki bağımsızlık artışı İDE ile birlikte vücut yağ miktarının azalması ve özellikle alt ekstremitte kas miktarındaki artış olabilir. Tüm çalışma boyunca izokinetik dinamometre sayesinde bireyin ağrısız bir şekilde maksimum şiddette hareketi tamamlayabilmesi İDE eğitiminin yüksek verimle gerçekleşmesini sağlamıştır. Alvarez ve ark. (2012) 12 hafta aşırı kilolu ve prediyabetli 8 kadın üzerinde 5 farklı direnç egzersizini haftada 2 gün olacak şekilde uygulamışlardır. Egzersiz sonucunda bireylerde VKİ ve kilo değişimi olmazken bel çevresi ve yağ yüzdesinde anlamlı olmasa da bir miktar azalma tespit etmişlerdir (Alvarez ve ark., 2012). Uyguladıkları direnç egzersizinin haftada 2 gün olması ve toplam set ile tekrar sayısı vücut kompozisyonunu değişimi için yetersiz kalmış olabilir. Bizim çalışmamızda İDE'nin haftada 3 gün olarak tüm katılımcılar tarafından 36 seansın eksiksiz tamamlanması ve izokinetik dinamometre ile uygulanması egzersizin sürdürülebilirliğini artırmıştır.

T2DM ve prediyabet tanısı almış bireylerin sağlıklarını korumaları ve vücut fonksiyonlarında iyileşme sağlanabilmesi için yaşam tarzı değişikliği içerisinde aerobik ve direnç temelli egzersiz eğitimleri yapmaları tavsiye edilir (ACSM, 2018; ElSayed ve ark., 2022). Egzersiz özellikle prediyabetli bireylerin ilerleyen zamanda T2DM tanısı almamaları için diyabeti hem önleme hem de geciktirmede etkili bir şekilde kullanılır (Hordern ve ark., 2012). Yaşam tarzı değişikliğinde yürüyüşü içeren aerobik egzersizlerin AKG, HbA1c değerlerini düşürdüğü (T. Jiang ve ark., 2024) ve insülin duyarlılığını artırdığı (DiMenna ve Arad, 2021) bilinmektedir. Aerobik egzersizlerin prediyabetli bireyler üzerine etkileri literatürde genişçe yer bulmaktadır (Colberg, 2012). Direnç egzersizlerinin de prediyabetli bireyler üzerinde etkilerini gösteren çalışmalar mevcuttur fakat direnç temelli izokinetik egzersizlerin prediyabetli bireyler üzerinde glikoz metabolizmasına etkisi incelenmemiştir. Çalışmamız literatürdeki boşluğu dolduracak şekilde 12 hafta boyunca haftada 3 gün uygulanan İDE'nin prediyabetli bireyler üzerindeki etkilerini açıklamak üzere düzenlenmiş ve uygulanmıştır. Prediyabet normalden yüksek AKG'ye sahip fakat T2DM tanısı almayan

bireyler için kullanılmaktadır (Rooney ve ark., 2023). Prediyabetli bireylerde BAG, BGT veya HbA1c düzeylerindeki artış ile prediyabet tanısı konulabilmektedir. ADA kriterlerine göre; BAG [açlık kan glikozu 100-125 mg/dL (5,6-6,9 mmol/L)] veya BGT [75 g OGTT sonrasında 2. saat glikoz 140-199 mg/dL (7,8-11 mmol/L)] veya normalden yüksek HbA1c [%5,7-6,4 (39-47 mmol/mol)] değerlerine sahip kişiler prediyabetli olarak tanı almaktadır (ADA, 2025). Çalışmamızdaki prediyabetli bireyler endokrinoloji ve metabolizma uzman hekimi tarafından prediyabet tanısı aldı ve gönüllü olarak egzersize katılım sağladı. Herhangi bir farmakolojik tedavi almayan kadın bireyler 12 hafta boyunca haftada 3 gün ilerleyici olarak İDE programını uyguladı. Kargarfard ve ark. (2022) yaş ortalaması 44 olan 22 prediyabetli bireye orta şiddette aerobik egzersizi 12 hafta boyunca haftada 3 gün olacak şekilde uygulamışlardır. Sonuçta prediyabetli bireylerin AKG ve HbA1c değerlerinde azalma olduğunu tespit etmişlerdir (Kargarfard ve ark., 2022). Luo ve ark. (2023) ise yaş ortalaması 52 olan kadın ve erkek prediyabetli 23 birey üzerinde 12 hafta elastik bantla kademeli direnç ve ana kas gruplarını içeren 5-10 farklı hareketten oluşan direnç egzersizinin AKG ve HOMA-IR değerlerinde azalmaya sebep olduğunu bildirmişlerdir (Luo ve ark., 2023). Bizim çalışmamız literatürle uyumlu olarak 12 hafta boyunca toplamda 36 seans uygulanan izokinetik egzersizin, prediyabetli bireylerin AKG ve HbA1c değerlerini sağlıklı bireylerin seviyesine düşürdüğünü gösterdi. Çalışmamız direnç temelli olan izokinetik egzersizin hem aerobik hem de direnç egzersiziyle aynı etkiyi göstererek prediyabetli bireylerin glikoz metabolizmasında iyileşmeler sağladığını tespit etmektedir. Hansen ve ark. (2012) BGT olan prediyabetli 9 birey üzerinde büyük kas gruplarını içeren maksimal direnç egzersiziyle 16 hafta boyunca haftada 3 gün olacak şekilde 8 farklı egzersizi uygulamışlardır (Hansen ve ark., 2012). Sonuçta prediyabetli bireylerin İD ve C-peptit seviyelerinde azalma olduğunu bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda uyumlu olarak 12 hafta gibi daha kısa bir sürede izokinetik egzersizin glikoz metabolizmasının önemli göstergelerinden olan C-peptit ve HOMA-IR skorlarını anlamlı bir şekilde başlangıç seviyesinin altına düşürdüğünü gösterdi. İzokinetik egzersizin bireyin maksimum performansını ortaya çıkarabilecek şekilde uygulanabilmesi iskelet kasları üzerinde daha kısa sürede gelişim sağlayarak kasların glikoz kullanabilme verimini artırmış olabilir. Direnç egzersizleri farklı yöntemlerle uygulanabildiği için prediyabetli bireyler üzerindeki etkileri değişebilmektedir. Yuan ve ark. (2019) yaş ortalaması 59 olan prediyabetli 82 birey üzerinde 6 ay boyunca haftada 3 gün olacak şekilde 13 farklı direnç egzersizini uygulamışlardır (Yuan ve ark., 2020). Sonuçta prediyabetli bireylerin HbA1c değerlerinde bir değişim olmadığını fakat AKG, insülin ve HOMA-IR skorlarında azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Gidlund ve ark. (2016) bozulmuş glikoz metabolizmasına sahip 20 prediyabetli birey üzerinde 12 hafta boyunca haftada 3 gün

ana kas gruplarını içeren ilerleyici direnç egzersizi uygulamış ve insülin, HOMA-IR ve HbA1c düzeylerinde anlamlı bir azalma olmadığını belirtmişlerdir (Gidlund ve ark., 2016). Çalışmamız uyumlu olarak prediyabetli bireylerin insülin değerlerinde anlamlı olmasa da azalma tespit etmiştir. Fakat genel olarak AKG, HbA1c, C-peptit, HOMA-IR skorundaki anlamlı azalma İDE'nin glikoz metabolizmasında etkili bir iyileşme sağladığını göstermektedir. Egzersizin iskelet kasları üzerinde GLUT-4 protein translokasyonunu artırdığı ve hücre içerisine glikozun daha verimli bir şekilde alınmasını sağladığı bilinmektedir (Colberg ve ark., 2010). Prediyabetli bireylerin İDE sayesinde egzersiz süresi boyunca uyumlu olarak istenilen hareketi kusursuzca tamamlayabilmesi ve maksimum kas performansını ortaya çıkarabilmesi iskelet kaslarındaki GLUT-4 işlevselliğini etkili bir şekilde artırmış olabilir. Egzersiz seanslarına olan devamlılığın ve sürdürülebilirliğinde açığa çıkacak etkiyi artırdığını gözlemledik. Çalışmamızdaki prediyabetli kadın bireyler tüm egzersiz süresi boyunca istekli bir şekilde seanslara katılmış olup izokinetik dinamometre veri ekranından sağlanan geri bildirim sayesinde izokinetik egzersizin hareketleri daha etkili yapmalarına imkân verdiğini bildirmişlerdir. İDE egzersizin verimini ve sürdürülebilirliğini olumlu anlamda artıran etkili bir egzersiz yöntemi olarak karşımızda durmaktadır.

Çalışmamızda 12 hafta boyunca uygulanan İDE prediyabetli bireylerin HBG değerlerinde anlamlı bir artış sağladı. Kronik olarak gerçekleştirilen izokinetik egzersiz kas ve dokuların ihtiyacı olan oksijeni sağlayabilmek için fizyolojik olarak HGB miktarını normal sınırlar içerisinde yükselmesine sebep olmuş olabilir. Egzersiz sonunda yapılan kan tahlilinde HTC değerinin anlamlı olmasa da artması insan vücudunun kronik egzersize göstermiş olduğu homeostaziye güzel bir örnektir. Bireyler özellikle ilk altı hafta sonrasında egzersizi gerçekleştirirken ve günlük hayattaki aktiviteleri sırasında kendilerini daha iyi hissettiklerini bildirdi. Düzenli olarak gerçekleştirilen İDE prediyabetli bireylerin K<sup>+</sup> değerini fizyolojik sınırlar içerisinde yükseltti. Düzenli olarak gerçekleştirilen izokinetik egzersiz kan serum elektrolit dengesinde düzenlemeye sebep olmuştur. Yan ve ark. (2019) prediyabetli 35 birey üzerinde 12 ay boyunca haftada 3 gün 13 farklı direnç egzersizi uygulamışlardır. Sonuçta lipit profilinin göstergelerinden olan trigliserid, kolesterol ve LDL düzeylerinde anlamlı bir değişim tespit edememişlerdir (Yan ve ark., 2019). Bizim çalışmamızda ise trigliserid, kolesterol ve LDL düzeylerinde bir miktar azalma tespit etmiş olsak da lipit profilindeki azalma istatistiksel olarak anlamlı değildi. Bunun sebebinin İDE'nin haftada 3 gün gerçekleştirilmesi veya toplam egzersiz seansının yetersiz kalması olabileceğini değerlendirmekteyiz. Prediyabetli bireylerde İDE ile lipit profilinde anlamlı azalma için daha fazla egzersiz seansına sahip program

uygulanabilir. T2DM ve prediyabet hastalarında glikoz metabolizmasında oluşan bozulmalar karaciğer ile yakından ilgilidir. Diyabetle birlikte oluşan hiperglisemik durum vücuttaki inflamasyonu artırıp karaciğer fonksiyon belirteçlerinin olumsuz etkilenmesine sebep olmaktadır (Defronzo, 2009). Zhang ve ark. (2023) randomize kontrollü çalışma kapsamında yaş ortalaması 61 olan 25 prediyabetli birey üzerinde 6 ay boyunca haftada 5 kez zamanla artan setlerden oluşan direnç egzersiz temelli (Yijingjing ve direnç eğitimi) eğitim sonucunda serum ALT ve CRP seviyelerinde azalma olduğunu tespit etmiştir (Zhang ve ark., 2023). Çalışma sonucunda direnç temelli egzersizin karaciğer fonksiyonları üzerinde iyileşmeye sebep olduğu belirtilmektedir. Prediyabetli bireylerde izokinetik egzersizin belirtilen parametreler üzerine etkisi incelenmemiştir. Bizim çalışmamızda 12 haftalık İDE eğitimi ALT değerinde istatistiksel olarak anlamlı olmasa da bir miktar azalma görülmüş olup CRP seviyelerinde ise azalma olmamıştır. İDE eğitiminin karaciğer fonksiyonlarında anlamlı bir değişim gerçekleştirememesinin sebebi egzersiz süresinin kısa olması olabilir. 12 haftadan daha fazla süren izokinetik egzersizler karaciğer fonksiyonlarında olumlu değişimler gerçekleştirebilir.

T2DM ve prediyabetli hastalarda glikoz metabolizmasında gerçekleşen bozulmalar neticesinde iskelet kaslarında zayıflama ve güç kaybı görülebilir (Mesinovic ve ark., 2019). Direnç egzersizleri kas kütle ve gücünün korunması, geliştirilmesi için etkili bir şekilde kullanılan egzersiz müdahalesi olarak tanımlanır (Westcott, 2012). T2DM hastalarında uygulanan direnç egzersizleri kas fonksiyonlarının geliştirilmesinde kullanılmaktadır (Hovanec ve ark., 2012). Bunun yanında literatür incelendiğinde prediyabetli bireyler üzerinde direnç temelli olan izokinetik egzersizlerin etkisini gösteren bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bizim çalışmamız 12 haftalık İDE eğitiminin prediyabetli bireylerin alt ekstremite kas kuvvetini ve fonksiyonunda yaptığı değişiklikleri inceleyen ilk ve tek çalışmadır. Çalışmamızda 12 hafta boyunca uygulanan İDE, prediyabetli bireylerin izokinetik dinamometre kas kuvvet testi ölçümü ile hem 60 °/s hem de 180 °/s açsal hızlarda her iki alt ekstremite pik torklarında artış sağladığını gösterdi. İzokinetik dinamometre ile 6. ve 12. haftada yapılan kas kuvvet ölçümleri M. Quadriceps Femoris ve M. Hamstring kas gruplarının kas gücünü etkili bir şekilde artırdı. Kas kuvvetindeki artış 6. haftadan itibaren bireylerin hareketleri daha etkili yapabilmelerini sağlarken 12. haftada en üst seviyeye çıktı. Toplamda 36 seansta tamamlanan izokinetik egzersizler prediyabetli bireylerin alt ekstremite büyük kas gruplarında birim vücut ağırlığındaki pik tork değerlerini etkili bir şekilde artırarak kas kalitesini yükseltti. Pik tork/vücut ağırlığındaki bu artış bireylerin egzersize olan uyumu ve İDE'nin sürdürülebilirliği adına olumlu bir göstergedir. İzokinetik egzersiz 12 hafta sonunda prediyabetli bireylerin

izokinetik kas testinde toplam iş kapasitelerinde artış sağlayarak alt ekstremite kas performansı ve dayanıklılığını yüksek seviyelere çıkardı. Bireyler İDE sayesinde günlük kapasitelerinin arttığını ve bunun egzersizleri uygulamada kendileri için pozitif bir etki sağladığını belirttiler. Tüm egzersiz seanslarında her iki açısal hızda İDE eğitiminin yapılması uygulanan kas kuvvet testindeki sonuçlarla uyumlu sonuçların alınmasını sağladı. Kas kontraksiyonunun gerçekleştiği belli açısal hızlarda yapılan egzersizler doğrudan bu açısal hızlarda yapılan kas kuvvet testiyle anlamlı bir şekilde tespit edilebildi. Direnç egzersizinin kronik olarak devam edilmesi kas kuvvetindeki artışın yanında vücudun anaerobik kapasitesinde olumlu sonuçlar açığa çıkardı. Wingate anaerobik güç testi ile bireylerin 6. haftadan itibaren pik, ortalama ve minimum güç değerlerinde artış tespit edildi. Bunların yanında birim vücut ağırlığındaki açığa çıkarabildikleri güç değerleri de arttı. Bireylerin pik iş değerleri 12. haftada en üst seviyeye çıkarken uygulanan izokinetik egzersizin etkisi olumlu anlamda tespit edilmiş oldu. Tüm bireylerin toplamda 36 seans İDE eğitimini tamamlaması anaerobik güç ve kapasitelerinde artış sağlayarak iskelet kaslarında iyileşmeler sağladı. Test sırasında güç azalmasını yüzde şeklinde ifade eden yorgunluk indeksi anlamlı olarak azalmasa da hem 6 hem de 12. hafta ölçümlerinde azaldı. Bireyler özellikle 6. haftadan sonra İDE ile günlük hayatta aktivitelerini daha az yorularak yaptıklarını belirtse de yorgunluk indeksi anlamlı şekilde azalmamıştır. Bunun sebebi egzersizin 12 hafta ile sınırlı kalması olabilir. Çözüm olarak egzersizin süre ve frekansı artırılabilir. Tüm bunlara ek olarak prediyabetli bireylerin GA-COP X değerindeki anlamlı azalma denge fonksiyonlarında posteriora doğru bir düzelme sağladı. Romberg denge testi sonucunda gözler kapalı ve açık alan ile test sırasında salınımları ifade eden alan ve çevre oranlarının anlamlı olmasa da azalması 12 hafta sonunda egzersiz ile bireylerin dengelerinde olumlu gelişme sağladı. Bireyler öncesinde aktivite sırasında karşılaştıkları denge problemlerinin hissedilir oranda azaldığını fark ettiklerini belirttiler. Bunun sebebi 12 hafta boyunca uygulanan İDE'nin prediyabetli bireylerin vücut yağlarını azaltması, alt ekstremite kas kütle ve kuvvetini artırması olabilir. Egzersiz ile vücut kompozisyonunun düzelmesi bireylerin denge fonksiyonlarına olumlu katkılar sağlamıştır.

Endotel kan damarlarının iç yüzeyini kaplayan seçici geçirgen özelliği sayesinde fiziksel bir bariyer olarak görev alır. Damar lümeninde uyarılara karşılık olarak nitrik oksit gibi vazodilatör ve diğer vazokonstriktör maddeler salgılayarak aktif endokrin bir organ gibi vasküler homeostaziyi düzenler (Widlansky ve ark., 2003). Glikoz metabolizmasının bozulduğu T2DM ve prediyabet hastalıklarında endotel fonksiyonları olumsuz etkilendiği bilinir. Ateroskleroz gelişimi ile birlikte oluşan eden endotel disfonksiyonu diyabet hastalarında

görülen komplikasyonların gelişiyle ilişkilendirilmiştir (Shi ve Vanhoutte, 2017). Egzersizin endotel fonksiyonlarını iyileştirdiğine dair bilgiler mevcuttur (Di Francescomarino ve ark., 2009). Literatürde aerobik ve direnç egzersizinin T2DM hastaları üzerinde etkilerini gösteren araştırmalar (Chen ve ark., 2023; Lee ve ark., 2018) olmasına rağmen izokinetik egzersizin etkilerini açıklayan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışmamız 12 hafta uygulanan izokinetik egzersizin prediyabetli bireylerin endotel fonksiyonlarındaki etkisini gösteren tek araştırmadır. Mitranun ve ark. (2013) T2DM hastalarının 12 hafta boyunca haftada 3 gün yürüyüş bandında  $Vo_{2max}$ 'ın %60-65'inde 20-30 dakikadan oluşan aerobik egzersiz yaptıklarını ve sonuçta FMD değerlerinde iyileşme olduğunu bildirmişlerdir (Mitranun ve ark., 2014). Bizim çalışmamızda uyumlu olarak prediyabetli bireylerin 12 haftalık izokinetik egzersiz sonrasında FMD değerlerinde artış sağladı. Bunun yanında Kwon ve ark. (2011) yaş ortalaması 57 olan T2DM hastası 12 birey üzerinde 12 hafta boyunca haftada 3 gün olacak şekilde direnç bantlarını kullanarak 10-15 farklı ilerleyici direnç egzersizini uygulamışlardır (Kwon ve ark., 2011). Sonuçta FMD değerinin bir miktar arttığını fakat anlamlı olmadığını bildirmişlerdir. Araştırmamızda direnç temelli olan 12 haftalık İDE eğitimi sonrasında prediyabetli bireylerin endotel fonksiyon göstergelerinden olan FMD değerlerinde anlamlı bir şekilde artış gerçekleşti. Uygulanan izokinetik egzersiz bireylerin EBVC değerlerini başlangıç ölçümüne göre anlamlı olmasa da yükselme sağladı. Endotel cevabın iyileşmesi prediyabetli bireylerde oluşan bozulmuş glikoz metabolizmasının vasküler dokuya verdiği zararı durdurabilir. İzokinetik egzersizler prediyabetli bireylerin endotel fonksiyonları üzerinde iyileşme sağlayabilir. Bunların yanında KİMK ölçümü diyabetlilerde karotis arterlerinin intima-media arasındaki kalınlığı tespit ederek damar sağlığı hakkında bilgi sağlamaktadır. Magalhaes ve ark. T2DM hastası 28 bireyi 12 ay boyunca haftada 3 gün direnç ve aerobik egzersizden oluşan bir program uygulamışlardır (Magalhães ve ark., 2019). Sonuçta KİMK ölçümünün anlamlı bir şekilde azaldığını tespit etmişlerdir. Liu ve ark. (2013) ise yaş ortalaması 49 olan prediyabetli 20 bireyi 6 ay boyunca haftada 4 gün  $HR_{max}$ 'ın %50-60 egzersiz şiddetinde başlatıp sonrasında artarak %60-70 seviyelerine çıkan aerobik egzersiz uygulamışlardır (Liu ve ark., 2013). Egzersiz sonunda KİMK ölçümlerinde herhangi bir anlamlı değişim tespit edemediklerini bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda 12 hafta boyunca haftada 3 gün uygulanan direnç temelli izokinetik egzersizi prediyabetli bireylerin sağ ve sol KİMK değerlerinde anlamlı bir azalma sağladı. İDE aerobik ve direnç egzersizi gibi karotis arter duvarlarında iyileşme sağlamıştır. Çalışmamızın direnç temelli ve etkili bir egzersiz yöntemi olan İDE'nin prediyabetli bireylerin damar sağlığına olan etkilerini gösteren tek araştırma olarak literatüre önemi katkı sağlayacağını düşünüyoruz. Düzenli bir şekilde uygulanan izokinetik egzersizler aterosklerotik

ve inflamasyon süreçlerini yavaşlatıp geciktirebilir. Prediyabetli bireylerin T2DM hastalığına olan yatkınlığı düşünüldüğünde damar sağlığı adına İDE eğitimleri etkili bir şekilde kullanılabilir.

12 hafta boyunca giderek artan yüklemle gerçekleştirilen İDE prediyabet tanısı almış bireylerin glikoz metabolizmasında iyileşme sağladı. İzometrik egzersizin prediyabetli bireylerin T2DM hastalığına yakalanma ihtimalini azalttığını ve önlediğini gözlemledik. Kronik olarak haftada 3 gün uygulanan İDE bireylerin yağ yüzdelerini azaltıp kas kütlelerini artırarak vücut kompozisyonunda iyileşme gerçekleştirdi. Neticede bireylerin postürlerinde iyileşme gerçekleşti ve denge fonksiyonları gelişti. Egzersiz dokuların oksijenlenmesini artırıp serum yağ parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı olmasa da azalma eğilimini başlattı. Toplamda 36 seans alt ekstremitte büyük kas gruplarına uygulanan izometrik egzersiz kas kuvveti ve performansını artırarak bireylerin günlük hayattaki bağımsızlığını yükseltti. Prediyabet tanısı almış bireyler etkili bir şekilde uygulanan İDE sonrası FMD ve KİMK ölçümlerinde iyileşme kazanarak damar sağlığında koruma sağladılar. Çalışmamız belirli bir sürede sadece kadın bireyler üzerinde uygulandığı için genel prediyabet popülasyonunu yansıtmayabilir. Bunundan dolayı İDE eğitiminin farklı cinsiyet ve toplum kesimlerinde prediyabetli bireyler üzerine etkilerini gösteren daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

### 6.1. Sonuçlar

- 1) 12 hafta uygulanan İDE prediyabetli bireyler üzerinde bel, abdomen, kalça, sağ ve sol uyluk çevresinde azalmaya sebep oldu.
- 2) Düzenli olarak yapılan egzersiz VKİ, yağ kütlesi, yağ kütle oranı ve yağ metabolizmasıyla ilgili diğer değerlerin azalmasına sebep olurken; kas kütlesi, kas kütle oranı, YYK gibi değerlerin artışını sağlayarak bireylerin vücut kompozisyonunda iyileşmeler sağladı.
- 3) İDE prediyabetli bireylerin AKG, HbA1c, C-peptit ve HOMA-IR skorları üzerinde ciddi azalmalara sebep olurken açlık insülin değerlerini anlamlı olmasa düşürdü.
- 4) Egzersizle birlikte HGB ve K değerlerinde artış olurken ALT, LDL, trigliserid ve kolesterol düzeylerinde anlamlı olmasa da azalma gerçekleşti.
- 5) Vücut farkındalığının artması bireylerin postürlerinde iyileşmeye sebep oldu.
- 6) 12 hafta uygulanan egzersiz anaerobik performans göstergelerinden olan pik güç, pik güç/vücut ağırlığı, pik iş değerlerinde artış sağladı. Yorgunluk indeksinde ise anlamlı olmasa da azalma görüldü.
- 7) Düzenli olarak hem 60 °/s hem de 180 °/s açısal hızda uygulanan İDE, her iki dizde fleksiyon/ekstansiyon kas kuvvetini artırdı. Alt ekstremitte kaslarında pik tork, pik tork/vücut ağırlığı, pik iş, toplam iş değerlerinde artış sağlayarak bireylerin günlük hayattaki yaşam kalitesini yükseltti.
- 8) Düzenli olarak yapılan egzersiz akım aracılı dilatasyon (FMD) değerinde ciddi artış sağlamanın yanında KİMK verilerini azaltarak endotel fonksiyonlarında iyileşme sağladı.

### 6.2. Öneriler

İzokinetik egzersizler prediyabetli bireyler üzerinde sağlıklarını korumak ve geliştirmek için olumlu sonuçlar oluşturmaktadır. Uzman bir ekip tarafından uygulanan İDE prediyabetli bireylerin glikoz metabolizmasında bozulmaları durdurabilir ve eski sağlıklarına kavuşmalarını sağlayabilir. Yağ yüzdesini azaltmak ve kas kütlesini artırmak için izokinetik egzersizler etkili bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Alt ekstremitte kas kuvvetini ve performansını altı hafta gibi kısa bir sürede geliştiren İDE damar sağlığını korumak için kullanılabilen bir yöntemdir. Prediyabet nüfusunun tüm dünyada hızla artması sonuçları itibariyle uygun egzersiz

yöntemlerinin ve programlarının geliştirilmesini önemli kılmaktadır. Farklı demografik yapıdaki bölgelerde farklı cinsiyet ve toplum kesimlerinde izokinetik egzersizin etkilerini göstermek için yeni ve kapsamlı araştırmalara ihtiyaç vardır.



## 7. KAYNAKLAR

- Abdul-Ghani, M. A., Tripathy, D., & DeFronzo, R. A. (2006). Contributions of  $\beta$ -cell dysfunction and insulin resistance to the pathogenesis of impaired glucose tolerance and impaired fasting glucose. *Diabetes Care*, 29(5), 1130-1139.
- Abernethy, P. J., & Jürimäe, J. (1996). Cross-sectional and longitudinal uses of isoinertial, isometric, and isokinetic dynamometry. *Med Sci Sports Exerc*, 28(9), 1180-1187. <https://doi.org/10.1097/00005768-199609000-00015>
- Accili, D., Deng, Z., & Liu, Q. (2025). Insulin resistance in type 2 diabetes mellitus. *Nat Rev Endocrinol*. <https://doi.org/10.1038/s41574-025-01114-y>
- ACSM. (2000). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. In (pp. 79, 146, 150). Lippincott Williams & Wilkins.
- ACSM, A. C. o. S. M. (2018). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription* (D. Riebe, J. K. Ehrman, G. Liguori, & M. Magal, Eds. TENTH EDITION ed.). Wolters Kluwer. [https://books.google.com.tr/books?id=m\\_L-jwEACAAJ](https://books.google.com.tr/books?id=m_L-jwEACAAJ)
- ADA. (2003). Report of the expert committee on the diagnosis and classification of diabetes mellitus. *Diabetes Care*, 26 Suppl 1, S5-20. <https://doi.org/10.2337/diacare.26.2007.s5>
- ADA. (2025). 2. Diagnosis and Classification of Diabetes: Standards of Care in Diabetes-2025. *Diabetes Care*, 48(Supplement 1), S27-s49. <https://doi.org/10.2337/dc25-S002>
- ADA, A. D. A. (2013). Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. *Diabetes Care*, 37(Supplement 1), S81-S90. <https://doi.org/10.2337/dc14-S081>
- ADAPPC, A. D. A. P. P. C. (2021). 5. Facilitating Behavior Change and Well-being to Improve Health Outcomes: Standards of Medical Care in Diabetes—2022. *Diabetes Care*, 45(Supplement 1), S60-S82. <https://doi.org/10.2337/dc22-S005>
- Albright, A. L., & Gregg, E. W. (2013). Preventing type 2 diabetes in communities across the U.S.: the National Diabetes Prevention Program. *Am J Prev Med*, 44(4 Suppl 4), S346-351. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2012.12.009>
- Alvarez, C., Ramírez, R., Flores, M., Zúñiga, C., & Celis-Morales, C. A. (2012). [Effect of sprint interval training and resistance exercise on metabolic markers in overweight women]. *Rev Med Chil*, 140(10), 1289-1296. <https://doi.org/10.4067/s0034-98872012001000008> (Efectos del ejercicio físico de alta intensidad y sobrecarga en parámetros de salud metabólica en mujeres sedentarias, pre-diabéticas con sobrepeso u obesidad.)
- Amanat, S., Ghahri, S., Dianatinasab, A., Fararouei, M., & Dianatinasab, M. (2020). Exercise and Type 2 Diabetes. *Adv Exp Med Biol*, 1228, 91-105. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-1792-1\\_6](https://doi.org/10.1007/978-981-15-1792-1_6)
- Andersen, L. L., Andersen, J. L., Magnusson, S. P., Suetta, C., Madsen, J. L., et al. (2005). Changes in the human muscle force-velocity relationship in response to resistance training and subsequent detraining. *J Appl Physiol* (1985), 99(1), 87-94. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00091.2005>
- Andreassen, C. S., Jakobsen, J., Flyvbjerg, A., & Andersen, H. (2009). Expression of neurotrophic factors in diabetic muscle--relation to neuropathy and muscle strength. *Brain*, 132(Pt 10), 2724-2733. <https://doi.org/10.1093/brain/awp208>
- Ang, L., Mizokami-Stout, K., Eid, S. A., Elafros, M., Callaghan, B., et al. (2022). The conundrum of diabetic neuropathies—Past, present, and future. *Journal of Diabetes and its Complications*, 36(11), 108334. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jdiacomp.2022.108334>
- Ayalon, A., Inbar, O., & Bar-Or, O. (1974). Relationships among measurements of explosive strength and anaerobic power. In *Biomechanics IV* (pp. 572-577). Springer.
- Bassi-Dibai, D., Dibai-Filho, A. V., Carvalho, L. P., de Melo, B. C., Pedrosa, L. B., et al. (2020). Obesity, but not metabolic control, is associated with muscle strength and endurance in diabetic older adults. *Physiother Res Int*, 25(1), e1808. <https://doi.org/10.1002/pri.1808>
- Bazzucchi, I., De Vito, G., Felici, F., Dewhurst, S., Sgadari, A., et al. (2015). Effect of exercise training on neuromuscular function of elbow flexors and knee extensors of type 2 diabetic patients. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 25(5), 815-823. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2015.06.008>
- Beckman, J. A., & Creager, M. A. (2016). Vascular Complications of Diabetes. *Circ Res*, 118(11), 1771-1785. <https://doi.org/10.1161/circresaha.115.306884>
- Bell, K. E., Paris, M. T., Avrutin, E., & Mourtzakis, M. (2022). Altered features of body composition in older adults with type 2 diabetes and prediabetes compared with matched controls. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 13(2), 1087-1099. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12957>
- Born, G. V. (1997). *Vascular endothelium: physiology, pathology and therapeutic opportunities*. Schattauer.
- Boulé, N. G., Haddad, E., Kenny, G. P., Wells, G. A., & Sigal, R. J. (2001). Effects of exercise on glycemic control and body mass in type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis of controlled clinical trials. *Jama*, 286(10), 1218-1227. <https://doi.org/10.1001/jama.286.10.1218>
- Brown, L. E. (2000). *Isokinetics in human performance*. Human Kinetics.

- Brown, L. E., & Weir, J. P. (2001). ASEP procedures recommendation I: accurate assessment of muscular strength and power. *Journal of Exercise Physiology Online*, 4(3).
- Bruce, S. A., Phillips, S. K., & Woledge, R. C. (1997). Interpreting the relation between force and cross-sectional area in human muscle. *Med Sci Sports Exerc*, 29(5), 677-683. <https://doi.org/10.1097/00005768-199705000-00014>
- Buyschaert, M., Medina, J. L., Bergman, M., Shah, A., & Lonier, J. (2015). Prediabetes and associated disorders. *Endocrine*, 48(2), 371-393. <https://doi.org/10.1007/s12020-014-0436-2>
- Cadore, E. L., González-Izal, M., Pallarés, J. G., Rodríguez-Falces, J., Häkkinen, K., et al. (2014). Muscle conduction velocity, strength, neural activity, and morphological changes after eccentric and concentric training. *Scand J Med Sci Sports*, 24(5), e343-352. <https://doi.org/10.1111/sms.12186>
- Caspersen, C. J., Powell, K. E., & Christenson, G. M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep*, 100(2), 126-131.
- Castaneda, C., Layne, J. E., Munoz-Orians, L., Gordon, P. L., Walsmith, J., et al. (2002). A randomized controlled trial of resistance exercise training to improve glycemic control in older adults with type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 25(12), 2335-2341. <https://doi.org/10.2337/diacare.25.12.2335>
- Chen, S., Zhou, K., Shang, H., Du, M., Wu, L., et al. (2023). Effects of concurrent aerobic and resistance training on vascular health in type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 14, 1216962. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1216962>
- Ciftçi, O., Günday, M., Calişkan, M., Güllü, H., Güven, A., et al. (2013). Light cigarette smoking and vascular function. *Acta Cardiol*, 68(3), 255-261. <https://doi.org/10.1080/ac.68.3.2983419>
- Colberg, S. R. (2012). Physical activity: the forgotten tool for type 2 diabetes management [Mini Review]. *Frontiers in Endocrinology, Volume 3 - 2012*. <https://doi.org/10.3389/fendo.2012.00070>
- Colberg, S. R., Sigal, R. J., Fernhall, B., Regensteiner, J. G., Blissmer, B. J., et al. (2010). Exercise and type 2 diabetes: the American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: joint position statement. *Diabetes Care*, 33(12), e147-167. <https://doi.org/10.2337/dc10-9990>
- Corretti, M. C., Anderson, T. J., Benjamin, E. J., Celermajer, D., Charbonneau, F., et al. (2002). Guidelines for the ultrasound assessment of endothelial-dependent flow-mediated vasodilation of the brachial artery: a report of the International Brachial Artery Reactivity Task Force. *J Am Coll Cardiol*, 39(2), 257-265. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(01\)01746-6](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(01)01746-6)
- Davies, G. J. (1992). *A compendium of isokinetics in clinical usage and rehabilitation techniques*. S & S Publishers.
- Davies, M. J., & Dalsky, G. P. (1997). Normalizing strength for body size differences in older adults. *Med Sci Sports Exerc*, 29(5), 713-717. <https://doi.org/10.1097/00005768-199705000-00020>
- DeFronzo, R. A. (2009). Banting Lecture. From the triumvirate to the ominous octet: a new paradigm for the treatment of type 2 diabetes mellitus. *Diabetes*, 58(4), 773-795. <https://doi.org/10.2337/db09-9028>
- Di Francescomarino, S., Sciartilli, A., Di Valerio, V., Di Baldassarre, A., & Gallina, S. (2009). The effect of physical exercise on endothelial function. *Sports Med*, 39(10), 797-812. <https://doi.org/10.2165/11317750-000000000-00000>
- DiMenna, F. J., & Arad, A. D. (2021). The acute vs. chronic effect of exercise on insulin sensitivity: nothing lasts forever. *Cardiovasc Endocrinol Metab*, 10(3), 149-161. <https://doi.org/10.1097/xce.0000000000000239>
- Drouin, J. M., Valovich-mcLeod, T. C., Shultz, S. J., Gansneder, B. M., & Perrin, D. H. (2004). Reliability and validity of the Biodex system 3 pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements. *Eur J Appl Physiol*, 91(1), 22-29. <https://doi.org/10.1007/s00421-003-0933-0>
- Dvir, Z. (1995). *Isokinetics: Muscle Testing, Interpretation, and Clinical Applications*. Churchill Livingstone. <https://books.google.com.tr/books?id=k-tsAAAAAAAJ>
- Dyck, P. J., Davies, J. L., Clark, V. M., Litchy, W. J., Dyck, P. J., et al. (2006). Modeling chronic glycemic exposure variables as correlates and predictors of microvascular complications of diabetes. *Diabetes Care*, 29(10), 2282-2288. <https://doi.org/10.2337/dc06-0525>
- Echouffo-Tcheugui, J. B., & Selvin, E. (2021). Prediabetes and what it means: the epidemiological evidence. *Annual review of public health*, 42, 59-77.
- Eikenberg, J. D., Savla, J., Marinik, E. L., Davy, K. P., Pownall, J., et al. (2016). Prediabetes Phenotype Influences Improvements in Glucose Homeostasis with Resistance Training. *PLoS One*, 11(2), e0148009. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0148009>
- ElSayed, N. A., Aleppo, G., Aroda, V. R., Bannuru, R. R., Brown, F. M., et al. (2022). 3. Prevention or Delay of Diabetes and Associated Comorbidities: Standards of Care in Diabetes—2023. *Diabetes Care*, 46(Supplement 1), S41-S48. <https://doi.org/10.2337/dc23-S003>
- Eral, S., Bostanci, Ö., & Polat, A. V. (2022). Evaluación por Ultrasonido del Grosor del Diafragma en Atletas. *International Journal of Morphology*, 40(2), 376-383.

- Erdogan, D., Gullu, H., Yildirim, E., Tok, D., Kirbas, I., et al. (2006). Low serum bilirubin levels are independently and inversely related to impaired flow-mediated vasodilation and increased carotid intima-media thickness in both men and women. *Atherosclerosis*, *184*(2), 431-437. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2005.05.011>
- Esper, R. J., Nordaby, R. A., Vilarinho, J. O., Paragano, A., Cacharrón, J. L., et al. (2006). Endothelial dysfunction: a comprehensive appraisal. *Cardiovasc Diabetol*, *5*, 4. <https://doi.org/10.1186/1475-2840-5-4>
- Ferrannini, E. (2021). A Journey in Diabetes: From Clinical Physiology to Novel Therapeutics: The 2020 Banting Medal for Scientific Achievement Lecture. *Diabetes*, *70*(2), 338-346. <https://doi.org/10.2337/dbi20-0028>
- Ferreira, J. P., Sartor, C. D., Leal Â, M., Sacco, I. C., Sato, T. O., et al. (2017). The effect of peripheral neuropathy on lower limb muscle strength in diabetic individuals. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, *43*, 67-73. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2017.02.003>
- Findley, B. W., L, E. B., Whitehurst, M., Keating, T., D, P. M., et al. (2006). The influence of body position on load range during isokinetic knee extension/flexion. *J Sports Sci Med*, *5*(3), 400-406.
- Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., et al. (2011). American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc*, *43*(7), 1334-1359. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318213febf>
- García-Palmieri, M. R. (1997). The endothelium in health and in cardiovascular disease. *P R Health Sci J*, *16*(2), 136-141.
- Gidlund, E. K., von Walden, F., Venojärvi, M., Risérus, U., Heinonen, O. J., et al. (2016). Humanin skeletal muscle protein levels increase after resistance training in men with impaired glucose metabolism. *Physiol Rep*, *4*(23). <https://doi.org/10.14814/phy2.13063>
- Ginsberg, H. N. (2000). Insulin resistance and cardiovascular disease. *J Clin Invest*, *106*(4), 453-458. <https://doi.org/10.1172/jci10762>
- Gkaliagkousi, E., Gavriilaki, E., Triantafyllou, A., & Douma, S. (2015). Clinical Significance of Endothelial Dysfunction in Essential Hypertension. *Curr Hypertens Rep*, *17*(11), 85. <https://doi.org/10.1007/s11906-015-0596-3>
- Gylfadóttir, S. S., Christensen, D. H., Nicolaisen, S. K., Andersen, H., Callaghan, B. C., et al. (2020). Diabetic polyneuropathy and pain, prevalence, and patient characteristics: a cross-sectional questionnaire study of 5,514 patients with recently diagnosed type 2 diabetes. *Pain*, *161*(3), 574.
- Halliday, T. M., Davy, B. M., Clark, A. G., Baugh, M. E., Hedrick, V. E., et al. (2014). Dietary intake modification in response to a participation in a resistance training program for sedentary older adults with prediabetes: findings from the Resist Diabetes study. *Eat Behav*, *15*(3), 379-382. <https://doi.org/10.1016/j.eatbeh.2014.04.004>
- Hansen, E., Landstad, B. J., Gundersen, K. T., Torjesen, P. A., & Svebak, S. (2012). Insulin sensitivity after maximal and endurance resistance training. *J Strength Cond Res*, *26*(2), 327-334. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318220e70f>
- Hardie, K. L., Kinlay, S., Hardy, D. B., Włodarczyk, J., Silberberg, J. S., et al. (1997). Reproducibility of brachial ultrasonography and flow-mediated dilatation (FMD) for assessing endothelial function. *Aust N Z J Med*, *27*(6), 649-652. <https://doi.org/10.1111/j.1445-5994.1997.tb00992.x>
- Healy, G. N., Dunstan, D. W., Salmon, J., Cerin, E., Shaw, J. E., et al. (2008). Breaks in Sedentary Time: Beneficial associations with metabolic risk. *Diabetes Care*, *31*(4), 661-666. <https://doi.org/10.2337/dc07-2046>
- Hislop, H. J., & Perrine, J. J. (1967). The isokinetic concept of exercise. *Phys Ther*, *47*(2), 114-117.
- Hordern, M. D., Dunstan, D. W., Prins, J. B., Baker, M. K., Singh, M. A., et al. (2012). Exercise prescription for patients with type 2 diabetes and pre-diabetes: a position statement from Exercise and Sport Science Australia. *J Sci Med Sport*, *15*(1), 25-31. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2011.04.005>
- Hovanec, N., Sawant, A., Overend, T. J., Petrella, R. J., & Vandervoort, A. A. (2012). Resistance training and older adults with type 2 diabetes mellitus: strength of the evidence. *J Aging Res*, *2012*, 284635. <https://doi.org/10.1155/2012/284635>
- Howley, & Edward, T. (2001). Type of activity: resistance, aerobic and leisure versus occupational physical activity. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *33*(6), S364-S369. [https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/2001/06001/Type\\_of\\_activity\\_resistance\\_aerobic\\_and\\_leisure.5.aspx](https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/2001/06001/Type_of_activity_resistance_aerobic_and_leisure.5.aspx)
- Huang, D., Refaat, M., Mohammedi, K., Jayyousi, A., Al Suwaidi, J., et al. (2017). Macrovascular Complications in Patients with Diabetes and Prediabetes. *Biomed Res Int*, *2017*, 7839101. <https://doi.org/10.1155/2017/7839101>
- Ibañez, J., Izquierdo, M., Argüelles, I., Forga, L., Larrión, J. L., et al. (2005). Twice-weekly progressive resistance training decreases abdominal fat and improves insulin sensitivity in older men with type 2 diabetes. *Diabetes Care*, *28*(3), 662-667. <https://doi.org/10.2337/diacare.28.3.662>
- IDF. (2025). International Diabetes Federation. IDF Diabetes Atlas 11th Edition.
- IEC, T. I. E. C. (2009). International Expert Committee Report on the Role of the A1C Assay in the Diagnosis of Diabetes. *Diabetes Care*, *32*(7), 1327-1334. <https://doi.org/10.2337/dc09-9033>

- Isaia, B., Ravarotto, M., Finotti, P., Nogara, M., Piran, G., et al. (2019). Analysis of Dental Malocclusion and Neuromotor Control in Young Healthy Subjects through New Evaluation Tools. *J Funct Morphol Kinesiol*, 4(1). <https://doi.org/10.3390/jfmk4010005>
- Jiang, T., Ye, Z., Lu, Q., Cheng, P., & Gao, Q. (2024). Effect of Aerobic Exercise on Blood Glucose Among Those with Prediabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Life (Basel)*, 15(1). <https://doi.org/10.3390/life15010032>
- Jiang, Y., Tan, Y., Cheng, L., & Wang, J. (2024). Effects of three types of resistance training on knee osteoarthritis: A systematic review and network meta-analysis. *PLoS One*, 19(12), e0309950. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0309950>
- Jones, A. G., & Hattersley, A. T. (2013). The clinical utility of C-peptide measurement in the care of patients with diabetes. *Diabet Med*, 30(7), 803-817. <https://doi.org/10.1111/dme.12159>
- Kalyani, R. R., Metter, E. J., Egan, J., Golden, S. H., & Ferrucci, L. (2014). Hyperglycemia Predicts Persistently Lower Muscle Strength With Aging. *Diabetes Care*, 38(1), 82-90. <https://doi.org/10.2337/dc14-1166>
- Kargarfard, M., Nobari, H., Kamyar, K., Zadeh, A. K., & Oliveira, R. (2022). Effects of 12-week moderate aerobic exercise on ROCK2 activity, hs-CRP and glycemic index in obese patients with impaired glucose tolerance. *Physiol Behav*, 257, 113976. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2022.113976>
- Karstoft, K., Safdar, A., & Little, J. P. (2018). Editorial: Optimizing Exercise for the Prevention and Treatment of Type 2 Diabetes. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 9, 237. <https://doi.org/10.3389/fendo.2018.00237>
- Kim, B. R., & Lim, S. T. (2022). Effects of Leisure-Time Physical Activity on Cognitive Reserve Biomarkers and Leisure Motivation in the Pre-Diabetes Elderly. *Healthcare (Basel)*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/healthcare10040737>
- Kluding, P. M., Pasnoor, M., Singh, R., Jernigan, S., Farmer, K., et al. (2012). The effect of exercise on neuropathic symptoms, nerve function, and cutaneous innervation in people with diabetic peripheral neuropathy. *Journal of Diabetes and its Complications*, 26(5), 424-429. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jdiacomp.2012.05.007>
- Knowler, W. C., Barrett-Connor, E., Fowler, S. E., Hamman, R. F., Lachin, J. M., et al. (2002). Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin. *N Engl J Med*, 346(6), 393-403. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa012512>
- Kraemer, William J., & Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of Resistance Training: Progression and Exercise Prescription. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(4), 674-688. <https://doi.org/10.1249/01.Mss.0000121945.36635.61>
- Kwon, H. R., Min, K. W., Ahn, H. J., Seok, H. G., Lee, J. H., et al. (2011). Effects of Aerobic Exercise vs. Resistance Training on Endothelial Function in Women with Type 2 Diabetes Mellitus. *Diabetes Metab J*, 35(4), 364-373. <https://doi.org/10.4093/dmj.2011.35.4.364>
- Lamprou, S., Koletsos, N., Mintziouri, G., Anyfanti, P., Trakatelli, C., et al. (2023). Microvascular and Endothelial Dysfunction in Prediabetes. *Life (Basel)*, 13(3). <https://doi.org/10.3390/life13030644>
- Lee, J. H., Lee, R., Hwang, M. H., Hamilton, M. T., & Park, Y. (2018). The effects of exercise on vascular endothelial function in type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Diabetol Metab Syndr*, 10, 15. <https://doi.org/10.1186/s13098-018-0316-7>
- Leeson, P., Thorne, S., Donald, A., Mullen, M., Clarkson, P., et al. (1997). Non-invasive measurement of endothelial function: effect on brachial artery dilatation of graded endothelial dependent and independent stimuli. *Heart*, 78(1), 22-27. <https://doi.org/10.1136/hrt.78.1.22>
- Liu, Y., Li, J., Zhang, Z., Tang, Y., Chen, Z., et al. (2013). Effects of exercise intervention on vascular endothelium functions of patients with impaired glucose tolerance during prediabetes mellitus. *Exp Ther Med*, 5(6), 1559-1565. <https://doi.org/10.3892/etm.2013.1064>
- Loscalzo, J., & Welch, G. (1995). Nitric oxide and its role in the cardiovascular system. *Prog Cardiovasc Dis*, 38(2), 87-104. [https://doi.org/10.1016/s0033-0620\(05\)80001-5](https://doi.org/10.1016/s0033-0620(05)80001-5)
- Ludvigsson, J. (2013). C-peptide in diabetes diagnosis and therapy. *Front Biosci (Elite Ed)*, 5(1), 214-223. <https://doi.org/10.2741/e609>
- Luo, X., Wang, Z., Li, B., Zhang, X., & Li, X. (2023). Effect of resistance vs. aerobic exercise in pre-diabetes: an RCT. *Trials*, 24(1), 110. <https://doi.org/10.1186/s13063-023-07116-3>
- Magalhães, J. P., Melo, X., Correia, I. R., Ribeiro, R. T., Raposo, J., et al. (2019). Effects of combined training with different intensities on vascular health in patients with type 2 diabetes: a 1-year randomized controlled trial. *Cardiovasc Diabetol*, 18(1), 34. <https://doi.org/10.1186/s12933-019-0840-2>
- Marjanovic Petkovic, M., Vuksanovic, M., Sagic, D., Radovic, I., Soldatovic, I., et al. (2023). Risk Factors for Coronary Artery Calcifications in Overweight or Obese Persons with Prediabetes: Can They Predict T2 Diabetes and Coronary Vascular Events? *J Clin Med*, 12(12). <https://doi.org/10.3390/jcm12123915>
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2000). Essentials of Exercise Physiology. In (Vol. 2nd Ed). Lippincott Williams and Wilkins.

- McGarrah, R. W., Slentz, C. A., & Kraus, W. E. (2016). The Effect of Vigorous- Versus Moderate-Intensity Aerobic Exercise on Insulin Action. *Curr Cardiol Rep*, 18(12), 117. <https://doi.org/10.1007/s11886-016-0797-7>
- Mesinovic, J., Zengin, A., De Courten, B., Ebeling, P. R., & Scott, D. (2019). Sarcopenia and type 2 diabetes mellitus: a bidirectional relationship. *Diabetes Metab Syndr Obes*, 12, 1057-1072. <https://doi.org/10.2147/dms0.S186600>
- Milman, S., & Crandall, J. P. (2011). Mechanisms of vascular complications in prediabetes. *Med Clin North Am*, 95(2), 309-325, vii. <https://doi.org/10.1016/j.mcna.2010.11.004>
- Mitranun, W., Deerochanawong, C., Tanaka, H., & Suksom, D. (2014). Continuous vs interval training on glycemic control and macro- and microvascular reactivity in type 2 diabetic patients. *Scand J Med Sci Sports*, 24(2), e69-76. <https://doi.org/10.1111/sms.12112>
- Miura, H., Wachtel, R. E., Liu, Y., Loberiza, F. R., Jr., Saito, T., et al. (2001). Flow-induced dilation of human coronary arterioles: important role of Ca(2+)-activated K(+) channels. *Circulation*, 103(15), 1992-1998. <https://doi.org/10.1161/01.cir.103.15.1992>
- Nickols-Richardson, S. M., Miller, L. E., Wooten, D. F., Ramp, W. K., & Herbert, W. G. (2007). Concentric and eccentric isokinetic resistance training similarly increases muscular strength, fat-free soft tissue mass, and specific bone mineral measurements in young women. *Osteoporos Int*, 18(6), 789-796. <https://doi.org/10.1007/s00198-006-0305-9>
- O'Gorman, D. J., Karlsson, H. K., McQuaid, S., Yousif, O., Rahman, Y., et al. (2006). Exercise training increases insulin-stimulated glucose disposal and GLUT4 (SLC2A4) protein content in patients with type 2 diabetes. *Diabetologia*, 49(12), 2983-2992. <https://doi.org/10.1007/s00125-006-0457-3>
- Otman, A. S., & Köse, N. (2008). Tedavi Hareketlerinde Temel Değerlendirme Prensipleri. In (4 ed., pp. 50-52). Yücel Ofset Matbaacılık.
- Ozgul, A., Altunisik, N., Turkmen, D., & Sener, S. (2023). The relationship between seborrheic dermatitis and body composition parameters. *North Clin Istanbul*, 10(2), 271-276. <https://doi.org/10.14744/nci.2022.08068>
- Pan, B., Ge, L., Xun, Y. Q., Chen, Y. J., Gao, C. Y., et al. (2018). Exercise training modalities in patients with type 2 diabetes mellitus: a systematic review and network meta-analysis. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 15(1), 72. <https://doi.org/10.1186/s12966-018-0703-3>
- Pan, Y., Chen, W., & Wang, Y. (2019). Prediabetes and outcome of ischemic stroke or transient ischemic attack: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, 28(3), 683-692.
- Perrin, D. H. (1993). *Isokinetic Exercise and Assessment*. Human Kinetics Publishers. <https://books.google.com.tr/books?id=mgNtAAAAMAAJ>
- Perrine, J. J., & Edgerton, V. R. (1978). Muscle force-velocity and power-velocity relationships under isokinetic loading. *Medicine and science in sports*, 10(3), 159-166.
- Pescatello, L. S., Franklin, B. A., Fagard, R., Farquhar, W. B., Kelley, G. A., et al. (2004). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and hypertension. *Med Sci Sports Exerc*, 36(3), 533-553. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000115224.88514.3a>
- Piercy, K. L., & Troiano, R. P. (2018). Physical Activity Guidelines for Americans From the US Department of Health and Human Services. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*, 11(11), e005263. <https://doi.org/10.1161/circoutcomes.118.005263>
- Racha, P., Selvam, S., Bose, B., Bantwal, G., & Sambashivaiah, S. (2022). Circulating C-Terminal Agrin Fragment: A Potential Marker for Sarcopenia Among Type 2 Diabetes. *Indian J Endocrinol Metab*, 26(4), 334-340. [https://doi.org/10.4103/ijem.ijem\\_507\\_21](https://doi.org/10.4103/ijem.ijem_507_21)
- Richter, B., Hemmingsen, B., Metzendorf, M. I., & Takwoingi, Y. (2018). Development of type 2 diabetes mellitus in people with intermediate hyperglycaemia. *Cochrane Database Syst Rev*, 10(10), Cd012661. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD012661.pub2>
- Ridker, P. M., Rifai, N., Rose, L., Buring, J. E., & Cook, N. R. (2002). Comparison of C-reactive protein and low-density lipoprotein cholesterol levels in the prediction of first cardiovascular events. *New England journal of medicine*, 347(20), 1557-1565.
- Rooney, M. R., Fang, M., Ogurtsova, K., Ozkan, B., Echouffo-Tcheugui, J. B., et al. (2023). Global Prevalence of Prediabetes. *Diabetes Care*, 46(7), 1388-1394. <https://doi.org/10.2337/dc22-2376>
- Roth, R., Donath, L., Kurz, E., Zahner, L., & Faude, O. (2017). Absolute and relative reliability of isokinetic and isometric trunk strength testing using the IsoMed-2000 dynamometer. *Phys Ther Sport*, 24, 26-31. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2016.11.005>
- Rubanyi, G. M. (1993). The role of endothelium in cardiovascular homeostasis and diseases. *J Cardiovasc Pharmacol*, 22 Suppl 4, S1-14. <https://doi.org/10.1097/00005344-199322004-00002>
- Sambashivaiah, S., Harridge, S. D. R., Sharma, N., Selvam, S., Rohatgi, P., et al. (2019). Asian Indians With Prediabetes Have Similar Skeletal Muscle Mass and Function to Those With Type 2 Diabetes [Original Research]. *Frontiers in Nutrition*, Volume 6 - 2019. <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00179>

- Santos, R., Valamatos, M. J., Mil-Homens, P., & Armada-da-Silva, P. (2020). The Effect of Strength Training on Vastus Lateralis' Stiffness: An Ultrasound Quasi-Static Elastography Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(12), 4381. <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/12/4381>
- Satman, I., Omer, B., Tutuncu, Y., Kalaca, S., Gedik, S., et al. (2013). Twelve-year trends in the prevalence and risk factors of diabetes and prediabetes in Turkish adults. *Eur J Epidemiol*, 28(2), 169-180. <https://doi.org/10.1007/s10654-013-9771-5>
- Satman, I., Yilmaz, T., Sengül, A., Salman, S., Salman, F., et al. (2002). Population-Based Study of Diabetes and Risk Characteristics in Turkey: Results of the Turkish Diabetes Epidemiology Study (TURDEP). *Diabetes Care*, 25(9), 1551-1556. <https://doi.org/10.2337/diacare.25.9.1551>
- Schwartz, S. S., Epstein, S., Corkey, B. E., Grant, S. F., Gavin, J. R., 3rd, et al. (2016). The Time Is Right for a New Classification System for Diabetes: Rationale and Implications of the  $\beta$ -Cell-Centric Classification Schema. *Diabetes Care*, 39(2), 179-186. <https://doi.org/10.2337/dc15-1585>
- Shepstone, T. N., Tang, J. E., Dallaire, S., Schuenke, M. D., Staron, R. S., et al. (2005). Short-term high- vs. low-velocity isokinetic lengthening training results in greater hypertrophy of the elbow flexors in young men. *J Appl Physiol* (1985), 98(5), 1768-1776. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01027.2004>
- Shi, Y., & Vanhoutte, P. M. (2017). Macro- and microvascular endothelial dysfunction in diabetes. *J Diabetes*, 9(5), 434-449. <https://doi.org/10.1111/1753-0407.12521>
- Snowling, N. J., & Hopkins, W. G. (2006). Effects of different modes of exercise training on glucose control and risk factors for complications in type 2 diabetic patients: a meta-analysis. *Diabetes Care*, 29(11), 2518-2527. <https://doi.org/10.2337/dc06-1317>
- Sudesna, C., Khunti, K., & Davies, M. J. (2017). Type 2 diabetes. *The Lancet*, 389(10085), 2239-2251.
- Sundquist, K., Qvist, J., Sundquist, J., & Johansson, S. E. (2004). Frequent and occasional physical activity in the elderly: a 12-year follow-up study of mortality. *Am J Prev Med*, 27(1), 22-27. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2004.03.011>
- Tan, S., Gunendi, Z., Meray, J., & Yetkin, İ. (2022). The evaluation of muscle strength and architecture in type 1 diabetes mellitus: a cross-sectional study. *BMC Endocr Disord*, 22(1), 153. <https://doi.org/10.1186/s12902-022-01062-y>
- TEMĐ, T. E. v. M. D. (2024). Diabetes mellitus ve komplikasyonlarının tani, tedavi ve izlem kilavuzu-2024. 16. Baskı (Çevrim içi).
- Theunissen, K., Van Hooren, B., Plasqui, G., & Meijer, K. (2022). Dataset of energetics and biomechanics of self-paced and fixed speed treadmill walking at multiple speeds. *Data Brief*, 41, 107915. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2022.107915>
- Thorstensson, A., Grimby, G., & Karlsson, J. (1976). Force-velocity relations and fiber composition in human knee extensor muscles. *J Appl Physiol*, 40(1), 12-16. <https://doi.org/10.1152/jappl.1976.40.1.12>
- Tuttle, L. J., Sinacore, D. R., Cade, W. T., & Mueller, M. J. (2011). Lower physical activity is associated with higher intermuscular adipose tissue in people with type 2 diabetes and peripheral neuropathy. *Phys Ther*, 91(6), 923-930. <https://doi.org/10.2522/ptj.20100329>
- VanBuecken, D. E., & Greenbaum, C. J. (2014). Residual C-peptide in type 1 diabetes: what do we really know? *Pediatr Diabetes*, 15(2), 84-90. <https://doi.org/10.1111/pedi.12135>
- Venugopal, S. K., Devaraj, S., Yuhanna, I., Shaul, P., & Jialal, I. (2002). Demonstration that C-reactive protein decreases eNOS expression and bioactivity in human aortic endothelial cells. *Circulation*, 106(12), 1439-1441.
- Westcott, W. L. (2012). Resistance training is medicine: effects of strength training on health. *Curr Sports Med Rep*, 11(4), 209-216. <https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e31825dabb8>
- Widlansky, M. E., Gokce, N., Keaney, J. F., Jr., & Vita, J. A. (2003). The clinical implications of endothelial dysfunction. *J Am Coll Cardiol*, 42(7), 1149-1160. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(03\)00994-x](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(03)00994-x)
- Wilmore, J., & Costil, D. (1999). Physiology of sport and exercise. In (Vol. 2nd Ed). Human Kinetics.
- Yan, J., Dai, X., Feng, J., Yuan, X., Li, J., et al. (2019). Effect of 12-Month Resistance Training on Changes in Abdominal Adipose Tissue and Metabolic Variables in Patients with Prediabetes: A Randomized Controlled Trial. *J Diabetes Res*, 2019, 8469739. <https://doi.org/10.1155/2019/8469739>
- Yang, S., Chen, C., Du, S., Tang, Y., Li, K., et al. (2020). Assessment of isokinetic trunk muscle strength and its association with health-related quality of life in patients with degenerative spinal deformity. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 21(1), 827. <https://doi.org/10.1186/s12891-020-03844-8>
- Yang, Z., Scott, C. A., Mao, C., Tang, J., & Farmer, A. J. (2014). Resistance exercise versus aerobic exercise for type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med*, 44(4), 487-499. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0128-8>
- Yasojima, K., Schwab, C., McGeer, E. G., & McGeer, P. L. (2001). Generation of C-Reactive Protein and Complement Components in Atherosclerotic Plaques. *The American Journal of Pathology*, 158(3), 1039-1051. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0002-9440\(10\)64051-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0002-9440(10)64051-5)
- Yeh, E. T., & Palusinski, R. P. (2003). C-reactive protein: the pawn has been promoted to queen. *Current atherosclerosis reports*, 5(2), 101-105.

- Yoon, J. W., Ha, Y.-C., Kim, K. M., Moon, J. H., Choi, S. H., et al. (2016). Hyperglycemia Is Associated with Impaired Muscle Quality in Older Men with Diabetes: The Korean Longitudinal Study on Health and Aging. *Diabetes Metab J*, 40(2), 140-146. <https://doi.org/10.4093/dmj.2016.40.2.140>
- Yuan, X., Dai, X., Liu, L., Hsue, C., Miller, J. D., et al. (2020). Comparing the effects of 6 months aerobic exercise and resistance training on metabolic control and  $\beta$ -cell function in Chinese patients with prediabetes: A multicenter randomized controlled trial. *J Diabetes*, 12(1), 25-37. <https://doi.org/10.1111/1753-0407.12955>
- Zhang, T., Tian, J., Fan, J., Liu, X., & Wang, R. (2023). Exercise training-attenuated insulin resistance and liver injury in elderly pre-diabetic patients correlates with NLRP3 inflammasome [Original Research]. *Frontiers in Immunology*, Volume 14 - 2023. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1082050>





## 8. EKLER

### 8.1. EK 1 Etik kurul kararı

T.C.  
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ  
İLAÇ VE TIBBİ CİHAZ DIŞI ARAŞTIRMALAR ETİK KURUL KARARI

Toplantı Sayısı:185	Toplantı Tarihi: 03 Kasım 2023
---------------------	--------------------------------

**Karar Sayısı:2023/4626:**(Başvuru ID: 15760.R1) N.E.Ü. Tıp Fakültesi Temel Tıp Bilimleri Bölümü Fizyoloji Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. Z. Işık SOLAK GÖRMÜŞ'ün "12 Haftalık İzokinetik Direnç Egzersizinin Prediyabetli Kadın Bireyler Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması" başlıklı doktora tez çalışması ve ekleri görüşüldü. Öğr. Gör. Mustafa ÖZDAMAR'ın doktora tez çalışmasının N.E.Ü. Tıp Fakültesi Temel Tıp Bilimleri Bölümü Fizyoloji Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. Z. Işık SOLAK GÖRMÜŞ'ün sorumluluğunda yürütülmesinin uygun olduğuna oybirliği ile karar verilmiştir.

**Not:** Çalışma ile ilgili gerekli izinlerin alınması ve yasal sorumluluk araştırmacılara aittir.

**Koordinasyondan Sorumlu Araştırmacı:** Prof. Dr. Z. Işık SOLAK GÖRMÜŞ

**Sorumlu Araştırmacı:** Prof. Dr. Z. Işık SOLAK GÖRMÜŞ

**Yardımcı Araştırmacılar:** Öğr. Gör. Mustafa ÖZDAMAR, Uzm. Dr. Yusuf KARADENİZ

**ASLI GİBİDİR**  
**03.11.2023**

**Prof. Dr. Saim AÇIKGÖZOĞLU**  
**İlaç ve Tıbbi Cihaz Dışı Araştırmalar Etik Kurul Başkanı**