

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DİYABETLİ BİREYLERDE İNSÜLİNİN NEDEN
OLDUĞU LİPOHİPERTROFİYİ TESPİT
ETMEYE YÖNELİK BİR KARAR DESTEK
SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ

Kübra ÜÇGÜL

Enstitü Anabilim Dalı: Hemşirelik

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Havva SERT

ŞUBAT - 2025

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DİYABETLİ BİREYLERDE İNSÜLİNİN NEDEN
OLDUĞU LİPOHİPERTROFİYİ TESPİT ETMEYE
YÖNELİK BİR KARAR DESTEK SİSTEMİNİN
GELİŞTİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ

Kübra ÜÇGÜL

Enstitü Anabilim Dalı: Hemşirelik

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

JÜRİ ÜYESİ	KANAATI	İMZA

BEYAN

Bu çalışma T.C. Sakarya Üniversitesi İlaç Dışı Klinik Uygulamalar Etik Kurulu'ndan 26.10.2022 tarihinde onay alınarak hazırlanmıştır. Bu tezin kendi çalışmam olduğunu, planlamasından tezin yazımına kadar her aşamasında etik ilkelere bağlı kaldığımı, tez çalışmamda tüm bilgileri etik ve akademik kurallar içinde elde ettiğimi, çalışmam sonucundaki bilgiler dışındaki tüm bilgilerde yararlanılan kaynakları kaynaklar listesinde gösterdiğimi, tez çalışmamda patent ve telif haklarını ihlal etmediğimi beyan ederim.

Araştırma, TÜBİTAK tarafından 223S476 proje numarası ile desteklenmiştir.

.../.../2025

Kübra ÜÇGÜL

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim boyunca ve tezimin t¼m aŐamalarında kendisinden çok Őey ¼đrendiđim, bilgi, destek ve katkılarını hiçbir zaman esirgemeyen, bana s¼rekli rehberlik eden ve çalıŐmamı destekleyen danıŐman hocam Sayın Doç. Dr. Havva SERT'e,

Tez s¼resince yol g¼sterici ve destekleyici davranıŐları ile beni destekleyen başta eş danıŐman hocam Sayın Prof. Dr. Mehmet Recep BOZKURT'a, tez izleme j¼risi hocalarım Prof. Dr. Selçuk YAYLACI'ya ve Prof. Dr. Nursan ÇINAR'a, tezimin veri toplama aşamasında bana destek olan Prof. Dr. Hasan Birol ÇOTUK 'a ve Doç Dr. Alper KARACAN'a,

Tezimin her aşamasında yanımda bulunan ¼đr. G¼r. Ayşe Eroğlu ve ArŐ. G¼r. Merve G¼lbahar EREN başta olmak üzere desteklerini hep yanımda hissettiğim t¼m çalışma arkadaŐlarıma, verilerin toplanması aşamasında hastalara ulaŐmamda kolaylık sağlayan ve veri toplama aşamasında g¼sterdikleri ilgi ve destek ile yanlarında bulunmaktan mutluluk duyduğum başta Prof. Dr. Selçuk YAYLACI olmak üzere Sakarya Eğitim ve Araştırma Hastanesi Diyabet Polikliniği hekimleri, diyabet hemşiresi ve personellerine,

Tez çalıŐmamın gerçekleŐmesi için bana g¼venerek araŐtırmama katılan ve araştırma s¼resince benimle çalışan t¼m değerli katılımcılarıma,

Doktora tez projesi kapsamında tezimi destekleyen T¼B¼TAK'a,

Her zaman desteğini ve sonsuz sevgisini hissettiğim, bana g¼ veren değerli aileme,

Sonsuz teŐekk¼rlerimi sunarım.

Saygılarımla...

İÇİNDEKİLER

BEYAN	i
TEŞEKKÜR	ii
İÇİNDEKİLER	iii
KISALTMA VE SİMGELER	v
ÖZET.....	viii
SUMMARY.....	ix
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	5
2.1. DİABETES MELLİTUS.....	5
2.1.1. Diyabet Hastalığının Tanımı	5
2.1.2. Diyabet Epidemiyolojisi	5
2.1.3. Diyabetin Sınıflandırılması.....	6
2.1.3.1. Tip 1 DM	6
2.1.3.2. Tip 2 DM	7
2.1.3.3. Gestasyonel diyabet.....	7
2.1.3.4. Diğer nedenlere bağlı spesifik diyabet tipleri.....	8
2.1.4. Diyabetin Semptomları	8
2.1.5. Diyabetin Tanı, Tedavisi ve Yönetimi.....	9
2.1.5.1. Diyabetin tanı kriterleri	9
2.1.5.2. Tip 1 diyabet tedavisi	10
2.1.5.3. Tip 2 diyabet tedavisi	11
2.1.5.4. Gestasyonel diyabet tedavisi	11
2.1.5.5. Diğer spesifik diyabet tiplerinin tedavisi.....	12
2.1.6. Diyabetin Komplikasyonları.....	12
2.2. LİPOHİPERTROFİ	14
2.2.1. LH Prevelansı	14
2.2.2. LH Risk Faktörleri	15
2.2.3. LH Tespit Yöntemleri	18
2.3. KLİNİK KARAR DESTEK SİSTEMİ VE HEMŞİRELER İÇİN ÖNEMİ	19
3. GEREÇ VE YÖNTEM	25

3.1. ARAŞTIRMANIN AMACI VE TİPİ.....	25
3.2. ARAŞTIRMANIN HİPOTEZİ	25
3.3. ARAŞTIRMANIN İZİNİ	25
3.4. ARAŞTIRMANIN YAPILACAĞI YER VE ZAMAN.....	25
3.5. ARAŞTIRMANIN EVRENİ VE ÖRNEKLEMİ	26
3.6. VERİ TOPLAMA ARAÇLARI	27
3.6.1. LH Tarama Formu (EK-5)	27
3.6.2. Hasta Bilgi Formu (EK-6)	27
3.6.3. USG Cihazı	27
3.6.4. MAXREFDES106# Cihazı.....	28
3.6.5. Dijital Temassız Kızıl Ötesi Ateş Ölçer	28
3.7. VERİLERİN TOPLANMASI	28
3.8. VERİ ANALİZ YÖNTEMLERİ	30
3.8.1. Özellik Çıkarma.....	31
3.8.2. Özellik Seçme	33
3.8.3. Özellik Sınıflandırma.....	34
4. BULGULAR.....	40
5. TARTIŞMA.....	55
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	63
ARAŞTIRMANIN SINIRLILIKLARI	65
KAYNAKLAR.....	66
EKLER.....	87
ÖZGEÇMİŞ.....	96

KISALTMA VE SİMGELER

TEMĐ	: Türkiye Endokrinoloji ve Metabolizma Derneği
IDF	: International Diabetes Federation
TURDEP	: Türkiye Diyabet, Obezite ve Hipertansiyon Epidemiyoloji Çalışması
ADA	: American Diabetes Association
LADA	: Latent Otoimmün Diyabet
NIDDK	: Uluslararası Ağrı Araştırma Derneği (International Association for the Study of Pain)
DSÖ	: Dünya Sağlık Örgütü
OGTT	: Oral Glikoz Tolerans Testi
HbA1c	: Glikozile Hemoglobin
ISPAD	: International Society for Pediatric and Adolescent Diabetes
MODY	: Maturity Onset Diabetes of the Young
BKİ	: Beden Kitle İndeksi
LH	: Lipohipertrofi
KKDS	: Klinik karar destek sistemi
PPG	: Fotopletismografi
BIOZ	: Biyoempedans
SPSS	: Statistical Package for the Social Science
MATLAB	: Matrix Laboratory

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1: LH tespiti için karın bölgesinin dört kadrana ayrılması.....	29
Şekil 2: Örnek bir karar ağacı yapısı	36
Şekil 3: Basit bir KNN yapısı	36
Şekil 4: Yapay sinir ağı yapısı	37
Şekil 5: Destek vektör makinesi örneği	38
Şekil 6: Topluluk öğrenme yapısı	39



TABLO LİSTESİ

Tablo 1: PPG'den özellik çıkarma yöntemi ile elde edilen özellikler.....	32
Tablo 2: Gruplar ile sosyo-demografik verilerin incelenmesi.....	41
Tablo 3: Gruplar ile hastalığa ilişkin verilerin incelenmesi	46
Tablo 4: Lipohipertrofi varlığını etkileyen faktörler	49
Tablo 5: Farklı özellik seçme algoritmalarına göre özellik sıralama sonuçları.....	50
Tablo 6: Ultrason verilerinin dahil edildiği özellik sınıflandırma algoritma sonuçları.....	52
Tablo 7: Ultrason verilerinin dahil edilmediği LH tespitinde özellik sınıflandırma algoritma sonuçları.....	54

ÖZET

GİRİŞ VE AMAÇ: Bu çalışmada diyabetli (DM) bireylerde insülinin neden olduğu lipohipertrofinin tespit edilebilmesi için bir karar destek sistemi geliştirmek ve bu sistemin etkinliğini değerlendirmek amaçlanmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEM: Metodolojik ve randomize kontrollü olarak gerçekleştirilen bu çalışmanın örneklemini 249 DM’li birey oluşturmuştur. DM’li bireylerden “Hasta Bilgi Formu” aracılığı ile alınan veriler ışığında çalışmaya dahil edilen DM’li bireylerin karın bölgeleri lipohipertrofi (LH) açısından uzman radyolog tarafından ultrason cihazı kullanılarak taranmıştır. Tarama sonuçlarında 130 hastada LH tespit edilirken, 119 hastada LH bulgusuna rastlanmamıştır. LH tespit edilen hastaların LH’li bölge ve sağlıklı bir kadran üzerinden SpO₂, PPG, BIOZ ve sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. LH saptanamayan bireylerde ölçüm sadece sağlıklı kadran üzerinden yapılmıştır. Elde edilen veriler bilgisayar ortamında iki farklı bilgisayar programında analiz edilmiştir. Verilerin değerlendirilme aşamasında frekans dağılımı, bağımsız örneklem t testi, ki-kare analizi, logistic regresyon testleri ile makine öğrenme algoritmaları uygulanmıştır. Elde edilen verilerin % 70’i verilerin eğitiminde, %30’u verilerin test edilmesinde kullanılmıştır.

BULGULAR: Logistic regresyon ile LH oluşumunu etkileyen faktörler rotasyon yapma, iğne uzunluğu ve vücuttaki yağ oranı olarak belirlenmiştir. Makine öğrenme algoritmaları sonucunda LH varlığı ile en çok ilişkili bulunan altı özellik kullanılarak ki-kare algoritması ve PNN, SVM ve Ensemble sınıflandırıcıları ile %78,6 ile en yüksek doğruluk elde edilmiştir.

SONUÇ: Geliştirilen KKDS insülinin neden olduğu lipohipertrofiyi tespit etmede geçerli ve güvenilir bir yöntemdir. Başta diyabet hemşireleri olmak üzere sağlık profesyonelleri tarafından LH tespiti için klinikte kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Diyabet, Hemşire, Karar Destek Sistemi, Lipohipertrofi, Makine Öğrenimi, Yapay Zekâ

SUMMARY

Development of a Decision Support System to Detect Insulin-Induced Lipohypertrophy in Diabetic Individuals

INTRODUCTION AND AIM: This study aimed to develop a decision support system for detecting insulin-induced lipohypertrophy in individuals with diabetes (DM) and to evaluate the effectiveness of this system.

MATERIALS AND METHODS: The sample of this methodological and randomized controlled study consisted of 249 individuals with DM. In light of the data obtained from the DM individuals via the “Patient Information Form”, the abdominal regions of the individuals with DM included in the study were scanned for lipohypertrophy (LH) by an expert radiologist using an ultrasound device. The scan results detected LH in 130 individuals with DM, while no LH findings were found in 119 patients. SpO₂, PPG, BIOZ, and temperature measurements were made on the LH region and a healthy quadrant of the patients with LH. The measurement was made only on the healthy quadrant in individuals with no LH detection. The obtained data were analyzed using two different computer programs in two computer environments. During the data evaluation, frequency distribution, independent sample t-test, chi-square analysis, logistic regression tests, and machine learning algorithms were applied. 70% of the obtained data was used in training and 30% in testing the data.

RESULTS: The factors affecting LH formation were determined with logistic regression, such as rotation, needle length, and body fat ratio. As a result of the machine learning algorithms, the highest accuracy of 78.6% was obtained with the chi-square algorithm and PNN, SVM, and Ensemble classifiers using the six features most associated with the presence of LH.

CONCLUSION: The developed decision support system is a valid and reliable method for detecting insulin-induced lipohypertrophy. It can be used in the clinic for LH detection by health professionals, especially diabetes nurses.

Keywords: Diabetes, Nurse, Decision Support System, Lipohypertrophy, Machine Learning, Artificial Intelligence



1. GİRİŞ VE AMAÇ

Diyabetes Mellitus (DM), insülinin göreceli veya mutlak eksikliğinden kaynaklanan ya da periferik dokularda insüline karşı oluşan direncin neden olduğu; yüksek kan şekeri seviyeleri ile karakterize ciddi, kronik, bulaşıcı olmayan multisistem bir hastalıktır (TEMMD 2024; Faselis et al 2020). Dünya genelinde 1980'de 108 milyondan 2014'te 422 milyona yükselen diyabetle yaşayan kişi sayısı Uluslararası Diyabet Federasyonu'nun (IDF) 2021 raporuna göre, 2019 yılında 463 milyon iken, 2021'de 537 milyona yükselmiştir (IDF 2021). Küresel bir salgın haline gelen diyabetin 2045 yılına kadar 783 milyon kişiyi etkilemesi beklenirken; bu oran % 46'lık bir artışı ifade etmektedir (IDF 2021). Avrupa'da ise diyabet prevalansının %9,2 olduğu bildirilmiş; 2021 yılında 61 milyon yetişkinin diyabetle yaşadığı tespit edilirken bu sayının 2045 yılında 69 milyona ulaşması öngörülmektedir. (IDF 2021). Ülkemizde diyabete ilişkin yapılan çalışmalar incelendiğinde 2010 yılında 20 yaş ve üzerindeki bireylerin dahil edildiği Türkiye Diyabet, Obezite ve Hipertansiyon Epidemiyoloji Çalışması'nda (TURDEP-II) diyabet prevalansı %13,7 bulunmuştur. Bu oran 6,5 milyon kadar bireyin diyabetli olduğu anlamına gelmektedir (Satman ve ark 2013). Türkiye Endokrinoloji ve Metabolizma Derneği'nin (TEMMD) 2022 Diyabetes Mellitus ve Komplikasyonlarının Tanı, Tedavi ve İzlem Kılavuzu'na göre, Türkiye'de 20-79 yaş arası diyabet prevalansı %15 olarak belirlenmiştir. Bu oran, Türkiye'yi Avrupa'nın en yüksek diyabet prevalansına sahip ülkesi konumuna getirmiştir (TEMMD 2022). Diyabetin artan prevalansına paralel olarak ekonomik yükü de giderek büyümektedir. 2021 yılı Diyabet Atlası'nda diyabete bağlı doğrudan sağlık harcamalarının halihazırda bir trilyon USD'ye yakın olduğu (IDF 2021) bildirilirken; Türkiye'de diyabetin toplam doğrudan maliyetinin yılda 1-2,5 milyar USD olduğu tahmin edilmektedir (T.C. Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü 2023).

Diyabet, temelde vücutta insülinin yeterli üretiminin olmayışı ya da bozulmuş insülin etkisi nedeniyle oluşmaktadır. DM, birçok tipte sınıflandırılabilir, ancak en yaygın görülen tipler Tip 1 ve Tip 2 DM'dir. Tip 1 DM, tipik olarak pankreas β -hücrelerinin

immun sistem tarafından tahribata uğraması nedeniyle insülin üretimindeki başarısızlık ile ortaya çıkarken; Tip 2 DM ise insülin direnci ve insülin üretiminin azalması ile ilgilidir (Khan et al 2019, Wise et al 2016). Diyabetin teşhis ve tedavisinin zamanında yapılmaması ve hastalığın doğru bir şekilde yönetilememesi durumunda kronik hiperglisemi meydana gelmekte; bu durum potansiyel olarak yaşamı tehdit eden çok sayıda komplikasyonlara yol açmaktadır. Kardiyovasküler hastalıklar, serebrovasküler hastalık, periferik arter hastalığı gibi yıkıcı makrovasküler komplikasyonlar ile diyabetik nefropati, retinopati ve nöropati gibi mikrovasküler komplikasyonlar diyabetli bireylerde mortalitenin artmasına ve diyabetli bireylerde genel olarak yaşam kalitesinin düşmesine neden olmaktadır. Bu nedenle komplikasyonları önlemek veya yavaşlatmak için tüm formlarının erken aşamada teşhis edilmesi ve yönetilmesi son derece önem taşımaktadır (Viigimaa et al 2020, Wang et al 2020, Cole and Florez 2020).

Lipohipertrofi (LH), diyabetli bireylerde tekrarlanan insülin enjeksiyonuna maruziyet sonucu kalınlaşmış yağ dokuda meydana gelen şişlik veya yara benzeri lezyonlarla karakterize insülin tedavisinin yaygın görülen bir komplikasyonudur (Barola et al 2021, Famulla et al 2016). LH prevalansı incelendiğinde %41,8 ile %73,4 arasında değiştiği belirlenmiştir (Sürücü ve Okur Arslan 2018, Ji et al 2017, Wang et al 2021; Xu, Carvalho, Wang, Qiu and Sun 2020). Lipohipertrofi, histolojik olarak insülin enjeksiyon bölgelerinde subkutan dokuda azalmış vaskülarite, fibrozis ve adiposit büyümesi ve proliferasyonu ile kendisini gösterir. Lipid metabolizmasının düzenlenmesinde önemli bir hormon olan insülin tarafından adipositlerin lokal olarak uyarılması, büyümeyi teşvik edici etkisiyle adiposit farklılaşmasını ve lipogenezi desteklemesi sonucu adipositlerin hipertrofisi ve hiperproliferasyonuna yol açar. Diyabet tedavisinde yaygın olarak hipoglisemik ilaç olarak kullanılan insülinin aynı bölgeye tekrar tekrar enjekte edilmesi LH gelişmesine; kalınlaşmış yağ dokusu ile cilt altında yumru oluşumuna sebep olmaktadır. LH oluşumunda aynı bölgeye enjeksiyon uygulama başta olmak üzere birçok risk faktörü mevcuttur. Bunlar; enjeksiyon yerlerinin minimal rotasyonu, yüksek vücut kitle indeksi, iğnenin tekrar kullanılma sıklığı, iğnenin uzunluğu, insülin tedavisinin süresi, enjekte edilen insülin miktarı, yüksek HbA1c ve hastaların zayıf insülin tekniğine sahip olmasıdır (Gentile et al 2019, Pozzuoli et al 2018, Ji et al 2017, Blanco et al 2013). Lipohipertrofi oluşumunu

etkileyen diğerk faktörler ise kullanılan insülinin uygulandığı bölge ve uygulanma tipi ne göre değişebilmektedir. LH'lı bölgeye hastalar tarafından insülin uygulanması insülin emiliminde ve etkisinde dalgalanmalar olmasına neden olmaktadır. Bu durum, zayıf glisemik kontrole neden olarak hiperglisemi ya da hipoglisemi riskinde artışa sebep olmaktadır (Bertuzzi et al 2017, Famulla et al 2016, Yu et al 2021). Yapılan bir çalışmada LH'si olan hastalarda, LH'si olmayan kişilerle karşılaştırıldığında, glisemik değişkenlik yaklaşık yedi kat ila 13 kat daha yüksek bulunurken; başka bir çalışmada ise lipohipertrofisi olan hastalarda hipoglisemi riskinin 2,7 kat artırdığı bulunmuştur (Pozzuoli et al 2018, Gentile et al 2018). Bu nedenle LH gelişiminin önlenmesi ve gelişmiş LH'lerin tanılanması oldukça önem arz etmektedir.

Lipohipertrofi tanısı için günümüzde üç yöntem kullanılmaktadır. Bunlar; gözlem, palpasyon ve yüzeysel subkutan ultrasonografidir. Klinik uygulamada ultrasonun maliyetli ve zaman kaybına neden olması (Kaltheuner et al 2018; Bandari et al 2022) açısından rutin olarak kullanılmamaktadır. LH tanılmasında yaygın olarak palpasyon yönteminin kullanıldığı ancak bu yöntemle de LH lezyonların ya da nodüllerin yeterince saptanamadığı belirlenmiştir. Yapılan çalışmalarda da palpasyon ve ultrason yöntemleri arasında tutarsız sonuçlar elde edilmiş; günümüzde tanı için kullanılan altın standart yöntem ultrason olarak belirlenmiştir. (Wang et al 2021, Arora et al 2021, Luo et al 2021, Kapeluto et al 2018). Tüm dünyada lipohipertrofinin erken dönemde ya da herhangi bir evresinde fark edilmesi ve ortaya çıkabilecek komplikasyonları önlemek için güvenli, hızlı, ağrısız ve nispeten düşük maliyetli bir teknolojiye ihtiyaç olduğu açıktır. Literatürde bu amaçla yapılan sınırlı sayıda çalışma (Bandari et al 2022, Kaltheuner et al 2018) olup, bu çalışmalar çok fazla ultrason görüntüsüne ihtiyaç duyulması, LH tespitinin tüm hastalarda net olarak yapılamaması gibi nedenlerden dolayı LH tanısında yetersiz kalmıştır.

Sonuç olarak, diyabet hemşiresi başta olmak üzere sağlık profesyonellerinin DM'li bireyleri takibi sırasında LH tespiti için günümüzde tanı için altın standart olan ultrason yerine kullanımı kolay, daha ucuz, zamandan tasarruf sağlayan bir teknolojiye ihtiyaç duyulmaktadır. Karar destek sistemi sayesinde diyabet hemşireleri başka bir sağlık profesyoneline ihtiyaç duymadan, kolaylıkla, güvenli ve ağrısız bir şekilde hastaların LH taramasını yapabilecektir. Bu sayede, LH'nin diyabetli bireyler üzerinde neden olduğu hipoglisemi ve hiperglisemi riski azaltılacaktır. Hastalarda

hiperglisemik kontrolün sağlanamamasına bağlı olarak meydana gelebilecek mikrovasküler ve makrovasküler komplikasyonlar da önlenmiş olacaktır. Bununla birlikte sağlık alanında DM kaynaklı harcamalarda da azalma olacağı düşünülmektedir. Sekonder fayda olarak insülin tedavisinden maksimum fayda sağlanması ve glisemik kontrolün sağlanmasına bağlı olarak DM'li bireylerin yaşam kalitesinin geçmişe göre daha yüksek olması da beklenmektedir. Bu nedenle bu araştırma DM'li bireylerde insülinin neden olduğu LH'nin tespit edilebilmesi için bir karar destek sistemi geliştirmek ve bu sistemin etkinliğini değerlendirmek amacıyla metodolojik ve randomize kontrollü olarak planlanmıştır.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. DİABETES MELLİTUS

2.1.1. Diyabet Hastalığının Tanımı

Diyabet (DM), insülinin göreceli veya mutlak eksikliğinden kaynaklanan ya da periferik dokularda insüline karşı oluşan direncin neden olduğu; yüksek kan şekeri seviyeleri ile karakterize ciddi, kronik, bulaşıcı olmayan multisistem bir hastalıktır (Türkiye Endokrinoloji ve Metabolizma Derneği, TEMD 2024; Faselis et al 2020).

2.1.2. Diyabet Epidemiyolojisi

Sessiz bir katil olarak da adlandırılan diyabet, günümüzde endişe verici seviyelere ulaşan bir sağlık sorunu haline gelmiştir. Dünya genelinde 1980'de 108 milyondan 2014'te 422 milyona yükselen diyabetle yaşayan kişi sayısı Uluslararası Diyabet Federasyonu'nun (International Diabetes Federation, IDF) 2021 raporuna göre, 2019 yılında 463 milyon iken, 2021'de 537 milyona yükselmiştir (IDF, 2021). Küresel bir salgın haline gelen diyabetin 2045 yılına kadar 783 milyon kişiyi etkilemesi beklenirken; bu oran %46'lık bir artışı ifade etmektedir (IDF 2021). Kuzey Amerika ve Karayipler'de 2021 yılında 51 milyon yetişkin diyabetle yaşadığı belirlenmiştir. Bu sayının 2045 yılına kadar 63 milyona ulaşması beklenmektedir (IDF 2021). Latin Amerika ve Karayipler'deki diyabet prevalansı %9,6 olarak rapor edilirken; bu oranın 2045 yılına kadar %11,3'e yükselmesi beklenmektedir (IDF 2021). Avrupa'da ise diyabet prevalansının %9,2 olduğu bildirilmiş; 2021 yılında 61 milyon yetişkinin diyabetle yaşadığı tespit edilirken bu sayının 2045 yılında 69 milyona ulaşması öngörülmektedir. (IDF 2021). Ülkemizde diyabete ilişkin yapılan çalışmalar incelendiğinde 2010 yılında 20 yaş ve üzerindeki bireylerin dahil edildiği Türkiye Diyabet, Obezite ve Hipertansiyon Epidemiyoloji Çalışması 'nda (TURDEP)- II diyabet prevalansı %13,7 bulunmuştur. Bu oran 6,5 milyon kadar bireyin diyabetli olduğu anlamına gelmektedir (Satman ve ark 2013). Türkiye Endokrinoloji ve

Metabolizma Derneği'nin (TEMĐ) 2022 Diyabetes Mellitus ve Komplikasyonlarının Tanı, Tedavi ve İzlem Kılavuzu'na göre, Türkiye'de 20-79 yaş arası diyabet prevalansı %15 olarak belirlenmiştir. Bu oran, Türkiye'yi Avrupa'nın en yüksek diyabet prevalansına sahip ülkesi konumuna getirmiştir (TEMĐ 2022). Bunun yanı sıra, ülkemizde 2021 yılı itibariyle tanı konmamış diyabetli birey sayısı 3,7 milyon kişi olarak tahmin edilirken, tanı konmamış diyabetlilerin oranının %41,8 olduğu öngörülmüştür (IDF 2021). Diyabetin artan prevalansına paralel olarak ekonomik yükü de giderek büyümektedir. 2021 yılı Diyabet Atlası'nda diyabete bağlı doğrudan sağlık harcamalarının halihazırda 1 trilyon USD'ye yakın olduğu ve 2030 yılına kadar bu rakamı aşacağı öngörülmektedir (IDF 2021). Türkiye'de yapılan kısıtlı çalışmalardan elde edilen verilere göre DM kaynaklı harcamaların çoğunluğunun DM komplikasyonları ve eşlik eden sorunlara bağlı olarak meydana geldiği; diyabetin toplam doğrudan maliyetinin yılda 1-2,5 milyar USD olduğu, komplikasyon oranındaki her %10'luk artışın yıllık 180-190 milyon USD ek maliyetle sonuçlandığı tahmin edilmektedir (T.C. Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü 2023).

2.1.3. Diyabetin Sınıflandırılması

Diyabet, yıllarca farklı şekillerde sınıflandırılmıştır. Ancak temel anlamda Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ)'nün sınıflandırması da dikkate alındığında dört temel başlıkta sınıflandırılabilir. Diyabet hastalığı: Tip 1 DM, Tip 2 DM, gebelik diyabeti, diğer nedenlere bağlı spesifik DM Türleri: genetik nedenler, ekzokrin pankreas bozuklukları, ilaçlar gibi diğer nedenlerden türetilen diğer spesifik tiplerdir. (TEMĐ 2020, American Diabetes Association Professional Practice Committee (ADA PPC) 2022).

2.1.3.1. Tip 1 DM

Diyabetlilerin yalnızca %5-10'unu oluşturan, genellikle çocukluk ve ergenlik döneminde görülen diyabetin bir türü olup, herhangi bir yaşta da ortaya çıkabilir. Tip 1 DM, pankreastaki β -hücre yıkımı nedeniyle oluşurken; bu yıkımın sebebini genellikle otoimmün mekanizmalar ve hala yeterince tanımlanmamış çevresel faktörler oluşturmaktadır. Genç bireylerde genellikle hızlı bir β hücresi yıkımı oranı vardır. Hiperglisemi, diyabetik ketoasidoz gibi tablolar ile hastaneye başvurarak tanı alan bu hasta grubu ortaya çıkan insülin eksikliğinden ötürü mutlaka insülin ile tedavi

edilmektedir. Gençlere göre genellikle daha yavaş β -hücre yıkım hızına sahip yetişkinler ketoasidozu önlemek için uzun yıllar boyunca yeterli insülin salgısını korurlar. Daha yavaş gelişen yetişkin başlangıçlı türe yetişkinlerde latent otoimmün diyabet (LADA) adı verilmiştir. Yetişkin tip 1 DM ve LADA'nın aynı klinik varlık olup olmadığı konusunda hala tartışmalar vardır, ancak LADA hastaları antikor pozitifdir ve genellikle tanıdan sonraki yıllar içinde insülin tedavisine ihtiyaç duyarlar. (Solis-Herrera, Triplitt, Reasner, DeFronzo and Cersosima 2018, IDF 2021, ADA PPC 2024, TEMD 2024).

2.1.3.2. Tip 2 DM

Diyabetin en yaygın türü olup, diyabetlilerin % 90'ından fazlasını oluşturmaktadır. Periferik insülin direncine rölatif insülin yetmezliğinin eşlik etmesiyle oluşan klinik tablodur. Yıllar süren insülin direncine pankreasın langerhans adacıklarındaki β hücresinin yeterli yanıt verememesi sonucu oluşan hiperglisemi durumudur. Tip 1 diyabette olduğu gibi, tip 2 diyabet riskine katkıda bulunan faktörlerin poligenik ve çevresel tetikleyiciler olduğu düşünülmektedir (IDF 2021, Ertürk 2022) Tip 2 diyabetin nedenleri tam olarak anlaşılmamıştır ancak aşırı kilo, obezite, artan yaş, etnik köken ve aile geçmişi ile güçlü bir bağlantısı vardır. Tip 2 diyabetli kişilerin çoğu aşırı kilolu veya obezdir. Aşırı kilonun kendisi bir dereceye kadar insülin direncine neden olmaktadır. Obezitesi veya aşırı kilosu olmayan bireylerde ise ağırlıklı olarak karın bölgesinde dağılmış vücut yağının yüzdesi artmış olabilir. Tip 2 diyabet yönetiminin temel taşı, sağlıklı bir diyet, düzenli fiziksel aktivite, sigarayı bırakma ve sağlıklı vücut ağırlığının korunmasını içeren bir yaşam tarzını teşvik etmektir (IDF 2021, ADA PPC 2024, TEMD 2024).

2.1.3.3. Gestasyonel diyabet

Gebelik dönemindeki hormonal değişikliklerin insülin direncini artırması ve kan şekerini yükseltmesi nedeniyle genellikle gebeliğin 20. haftasından sonra gebelik öncesinde diyabet tanısı almamış kadınlarda ortaya çıkan diyabettir. Genellikle asemptomatiktir, tanı bireylere gebeliğin 24-28. haftalarında 75 g glikozlu tek aşamalı OGTT ile konulmaktadır. Diyabet, doğumla birlikte genellikle düzelerken, sonraki gebeliklerde tekrarlayabilir ya da sonraki yıllarda Tip 2 diyabet gelişme riskini

artırabilir (Ertürk 2022, ADA 2023, TEMD 2024). Bu nedenle Gestasyonel diyabet tanısı almış kadınların gebelik sonrası takiplerinin yapılması önemlidir.

2.1.3.4. Diğer nedenlere bağlı spesifik diyabet tipleri

DSÖ'nün 2019 tarihli diabetes mellitus sınıflandırmasına ilişkin raporunda, monogenik diyabetler ve daha önce "sekonder diyabet" olarak adlandırılan diyabet türleri, "diğer spesifik diyabet tipleri" kategorisi altında sınıflandırılmıştır. Monogenik diyabet, adından da anlaşılacağı üzere tek bir gendeki defekttten kaynaklanır. Bunlar β hücre fonksiyonlarının bozulmasına bağlı 'gençlerde görülen erişkin tip diyabet (MODY)' veya insülin etkisinde bozulmaya yol açan 'tip A insülin direnci sendromu', Rabson-Mendenhall sendromu veya 'lipoatrofik diyabet' gibi genetik defektlerdir. Monogenik diyabetler çok daha nadir görülür ve tüm vakaların %1,5-2'sini temsil eder. Ancak bu vakalar yanlışlıkla Tip 1 veya Tip 2 diyabet olarak teşhis edildiğinden gözden kaçabilirler. Monogenik diyabet formları neonatal diabetes mellitus, MODY ve diyabetle ilişkili nadir sendromik hastalıkları kapsayan geniş bir spektrumu içerir. Klinik açıdan bakıldığında, monogenik diyabet formlarının kesin tanısı önemlidir, çünkü bu vakalarda tedavi spesifik genetik kusura göre düzenlenebilir (TEMD 2024, T.C. Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü 2023).

2.1.4. Diyabetin Semptomları

Hastalarda en sık görülen semptomlar poliüri, polidipsi, polifaji veya iştahsızlık, halsizlik, ağız kuruluğu, noktüri, kilo kaybı olup; görmede bulanıklaşma, el ve ayaklarda karıncalanma, inatçı enfeksiyonlar, kaşıntı, sık mantar enfeksiyonları ise daha az görülen semptomlardır (TEMD 2020, National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases (NIDDK) 2021, Ertürk 2022). Hiperglisemi seviyesi yüksek olan hastalarda görülen semptomlar çok daha belirgin olabilirken; hiperglisemi seviyesi yüksek olmayan hastalarda semptomlar daha hafif seyretmekte ya da kendisini göstermeyebilmektedir. Başlangıçta hiperglisemiye bağlı rahatsızlık hissetmeyen hastalarda uzun dönemde hiperglisemiye bağlı kronik komplikasyon gelişme riski bulunmaktadır. Bu nedenle sadece semptomları olan bireyler değil diyabet açısından riskli gruplar da taranarak erken tanı neticesinde komplikasyonların oluşumu en aza indirilmelidir. Günümüzde Tip 2 diyabet tanısı alan bireylerin birçoğu

toplumda hem glikoz ölçümlerinin hem de diyabet tarama programlarının yaygınlaşmasına bağlı olarak hastalığın asemptomatik döneminde de tanı alabilmektedir (Ertürk 2022, TEMD 2024).

2.1.5. Diyabetin Tanı, Tedavisi ve Yönetimi

Diyabet teşhisinin doğru ve güvenilir bir şekilde konulabilmesi için tüm klavuzların kabul ettiği dört parametre bulunmaktadır. Bunlar; açlık plazma glikozu, oral glikoz tolerans testi (75 gr), glikolize hemoglobin ve rastgele plazma glikozu ölçümüdür. Hastaya diyabet teşhisinin konulabilmesi için dört parametreden birinin pozitif olması yeterlidir ve farklı bir parametre ile doğrulama gerekmemektedir (Diabetes Canada Clinical Practice Guidelines Expert Committee 2018, ADA PPC 2022).

2.1.5.1. Diyabetin tanı kriterleri

- i. Açlık plazma glikozu:** Sekiz saatlik açlık sonrası ölçülen plazma glukozunun ≥ 126 mg/dL ($\geq 7,0$ mmol/L) olması diyabet tanısı koymak için yeterlidir (WHO 2020, ADA 2021).
- ii. Oral glikoz tolerans testi (OGTT):** 75 gram glukoz yüklemesi sonrası iki saatlik plazma glukozunun ölçülmesidir. İki saatlik glukoz değeri ≥ 200 mg/dL ($\geq 11,1$ mmol/L) olması diyabet tanısı koymak için yeterlidir (ADA 2021, IDF 2021).
- iii. Glikozile hemoglobin (HbA1c):** HbA1c'nin yüzde olarak ölçülmesidir. $\geq 6,5\%$ (48 mmol/mol) diyabet tanısı koymak için yeterlidir (WHO 2020, ADA PPC 2022).
- iv. Rastgele plazma glukozu:** Rastgele bir zamanda alınan kan örneğinde plazma glukozunun ölçülmesidir. Glikoz düzeyinin ≥ 200 mg/dL ($\geq 11,1$ mmol/L) olması ve diyabet semptomlarının eşlik etmesi diyabet tanısı koymak için yeterlidir (IDF 2021, ADA 2023).

DM tanısı alan hastalar bütüncül olarak değerlendirildikten sonra hastalara uygun tedavi başlanmaktadır. Tedavide temel amaç; var olan semptomların giderilmesi ve meydana gelebilecek akut ve kronik komplikasyonların engellenmesidir. Bunun için de hastalarda optimal glisemik kontrolün sağlanması ve diyabete eşlik eden diğer

metabolik durumların düzeltilmesi gerekmektedir. Tedavinin başarısı diyabetli bireyin hastalığı kabullenip, hastalığın yönetiminde aktif rol alması, tedavinin hastanın ihtiyaçlarına cevap vermesi ve hastaya özgü olmasıyla doğru orantılı olarak değişmektedir. Bu sebeple tedavideki öncelikli hedef hastanın eğitimi olmakta; devamında farmakolojik tedavi, yaşam tarzı değişiklikleri ve komplikasyonların takibi adımları yer almaktadır. Hastanın risk faktörleri değerlendirilerek eğitim, egzersiz, beslenme tedavisi gibi uygun yaşam tarzı değişiklikleri belirlenerek, kontrol altında tutulmalıdır. Başarılı bir tedavi için adımların tam ve eş zamanlı olması önemlidir (Ertürk 2022, TEMD 2024).

2.1.5.2. Tip 1 diyabet tedavisi

Tip 1 diyabetli bireylerde, pankreasın insülin üretmemesi nedeniyle hayat boyu dışarıdan insülin verilmesi gerekmektedir. Tedavide bazal, bolus insülin tipleri ile glikoz kontrolünü daha sıkı sağlamak amacıyla insülin pompa tedavisi kullanılmaktadır. Ayrıca hipoglisemi ve hiperglisemi risklerini azaltmak ve cildin altına yerleştirilen sensör sayesinde daha iyi bir glikoz kontrolü sağlamak için sürekli glikoz monitorizasyonu da kullanılabilir (ADA 2023, ISPAD 2022). İnsülin ihtiyacını azaltmak ve glisemik kontrolü iyileştirmek için insüline ek olarak akarboz gibi antihiperglisemik ilaçların kullanımına yönelik çalışmalar mevcuttur. Günümüzde otoimmün süreçleri baskılayarak beta hücre kaybını azaltmayı amaçlayan immünoterapi yöntemleri yeni gelişen tedavi seçenekleri arasındadır, ancak henüz bu tedaviler resmi olarak klavuzlara dahil edilmemiştir (ADA 2023, International Society for Pediatric and Adolescent Diabetes (ISPAD) 2022, TEMD 2024). Ayrıca donör pankreas sayısının azlığı nedeniyle belirli sayıda hastaya umut olsa da pankreas ve adacık nakli uygun alt yapı ve donanımı olan merkezlerde yapılabilir. Diğer bir yöntem ise öncelikle mezenkimal kök hücrelerin farklılaşma yeteneğinin fazla olması ve insülin üreten hücrelere dönüşebilmesi umuduyla kök hücre tedavisi hastalar için umut verici olabilir Kök hücre ve insanlar üzerindeki güvenilirliği belirlenmemiş gen tedavisi henüz rutin uygulamada yer almamakta; yöntemler ile ilgili deneysel çalışmalar devam etmektedir (TEMD 2024).

2.1.5.3. Tip 2 diyabet tedavisi

Tip 2 diyabetin (Tip 2 DM) tedavisinde yaşam tarzı değişiklikleri, oral antidiyabetik ajanlar ve insülin tedavisi temel yaklaşımlardır. Tedavi sürecinin her aşamasında uygulanması gereken yaşam tarzı değişiklikleri; beslenme alışkanlıklarının düzenlenmesi, düzenli fiziksel aktivite, kilo kontrolü ve sağlıklı yaşam davranışlarının benimsenmesini içerir. (ADA 2023, T.C. Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü 2023). Diyabet beslenmesine yönelik tıbbi beslenme tedavisi, bu alanda uzmanlaşmış bir diyetisyen tarafından planlanmalı ve uygulanmalıdır. Tıbbi beslenme tedavisinin, Tip 1 diyabetli bireylerde HbA1c düzeylerini yaklaşık %1, Tip 2 diyabetlilerde ise %1-2 oranında düşürdüğü bilinmektedir. Aynı zamanda, dislipidemi ve hipertansiyon gibi diyabete eşlik eden komorbiditelerde belirgin iyileşmeler sağlanabilmektedir. Diyabetli bireylerde mevcut komplikasyonlara uygun olarak planlanan düzenli fiziksel aktivite, tüm hastalara önerilmektedir. Düzenli egzersiz, prediyabetik bireylerde insülin direncini azaltarak Tip 2 diyabet gelişimini önleyebilirken, diyabetli bireylerde kan şekeri kontrolünü, lipid profili düzenlenmesini ve kan basıncının kontrol altına alınmasını destekler. Egzersiz programları, bireyin yaşam tarzı, ihtiyaçları ve eşlik eden hastalıkları göz önünde bulundurularak tasarlanmalıdır. Haftada en az üç kez aerobik egzersiz (tempolu yürüyüş, koşu, yüzme, yoga, dans, ev veya bahçe işleri gibi) ile haftada iki kez esneklik ve denge hareketleri önerilmektedir. Orta şiddette fiziksel aktivite ile haftada toplam 150 dakika egzersiz yapılması, ideal bir hedef olarak belirlenmektedir (TEMD 2024, T.C. Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü 2023). Hastalar için uygun oral antidiyabetik seçimi yapılırken ilaçların glukoz düşürücü etkileri, yan etkileri, özel hasta gruplarında kullanım tercihi gibi özelliklerinin dikkate alınması gerekmektedir. Örneğin; metformin Tip 2 DM’de kontrendikasyon yokluğunda ilk tercih edilen ilaçken; SGLT-2 İnhibitörleri ve GLP-1 Reseptör Agonistleri kardiyovasküler risk taşıyan hastalar için önerilmektedir (ADA 2023, TEMD 2024). Ancak oral tedavilere yanıt vermeyen hastalarda ya da ileri evre Tip 2 DM hastalarında bazal tip insülin ile tedaviye başlanmaktadır (ADA 2023, TEMD 2024).

2.1.5.4. Gestasyonel diyabet tedavisi

Gestasyonel diyabet tanısı alan kadınlar için ilk tedavi yaklaşımı diyet ve hafif egzersizdir. Ancak, diyet ve egzersiz ile glukoz kontrolü sağlanamıyorsa, insülin

tedavisi uygulanır. Tedavi hastanın kendi kendine yaptığı glikoz ve keton takibine göre düzenlenir. Eğer hastalar sık aralıklarla insülin tedavisi alıyorsa bu hastalar için sürekli glikoz izlemi sistemleri kullanılabilir. (TEMD 2024, ADA 2023).

2.1.5.5. Diğer spesifik diyabet tiplerinin tedavisi

Monogenik diyabet formları neonatal diabetes mellitus, MODY (Maturity Onset Diabetes of the Young) ve diyabetle ilişkili nadir sendromik hastalıkları kapsayan geniş bir spektrumu içerir. Klinik açıdan bakıldığında, monogenik diyabet formlarının kesin tanısı önemlidir, çünkü bu vakalarda tedavi spesifik genetik kusura göre düzenlenebilir (TEMD 2024, T.C. Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü 2023). Örneğin, MODY gibi genetik sendromlarda tedavi, tipik olarak sulfonilüre grubu ilaçlarla başlar. İlaç veya endokrinopati kaynaklı DM'de, kortikosteroidler gibi ilaçların kesilmesi veya dozunun azaltılması önerilir. Gerekirse, insülin veya oral antidiyabetik tedavi eklenir (ADA 2023).

Diyabetli bireylerin hastalık yönetiminde etkin bir rol üstlenmeleri, komplikasyonların önlenmesi ve yaşam kalitesinin artırılması açısından kritik öneme sahiptir. Öz yönetim, bireylerin diyabetle ilgili günlük kararlarını ve bakım faaliyetlerini kendi başlarına yürütebilmelerini ifade eder. Bu süreç; kan şekeri takibi, uygun beslenme alışkanlıklarının benimsenmesi, düzenli fiziksel aktivite, ilaçların doğru kullanımı ve diyabetle ilişkili komplikasyonların erken tespiti gibi unsurları içerir. Etkin bir öz yönetim, diyabetle ilişkili komplikasyonların azaltılmasında ve geciktirilmesinde önemli bir rol oynar. Bu nedenle, diyabetli bireylerin öz yönetim bilgi ve becerilerini geliştirmek amacıyla hekim ve hemşire liderliğinde gerçekleştirilen müdahalelerle desteklenmeleri gereklidir (Yıldırım, Hacıhasanoğlu, Bozdemir ve Hacıhasanoğlu 2020, Khosravizadeh, Ahadinezhad, Maleki, Yousefy and Momeni 2023, Captieux et al 2017).

2.1.6. Diyabetin Komplikasyonları

Diyabetin teşhis ve tedavisinin zamanında yapılamaması ve hastalığın doğru bir şekilde yönetilememesi durumunda kronik hiperglisemi meydana gelmekte; bu durum potansiyel olarak yaşamı tehdit eden çok sayıda kronik komplikasyona yol açmaktadır. Kardiyovasküler hastalıklar, serebrovasküler hastalık, periferik arter hastalığı gibi

yıkıcı makrovasküler komplikasyonlar ile diyabetik nefropati, retinopati ve nöropati gibi mikrovasküler komplikasyonlar ve diyabetik ayak DM'nin kronik komplikasyonlarıdır. Ayrıca hipoglisemi, diyabetik ketoasidoz veya hiperosmolar non-ketotik durum, laktik asidoz gibi durumlar ise diyabetin akut komplikasyonlarını oluşturmaktadır (Viigimaa et al 2020; Wang et al 2020, TEMD 2024)

Diyabetin bazı komplikasyonları diyabet tedavisinde hayati bir role sahip olan insülin kullanımından kaynaklanmaktadır (Tandon et al 2017; ADA 2023). Hastada optimal metabolik kontrolü sağlamak ve uzun vadeli riskleri en aza indirmek için hastanın fizyolojisi ve yaşam tarzı dikkate alınarak insülin tedavisi hastaya özgü olarak belirlenir (Bolli, Porcellati, Lucidi and Fanelli 2021). İnsülin tedavi rejiminin güvenliğini ve etkinliğini sağlamak için hastaya özgü uygun insülin dozu, insülinin uygulandığı bölge, bu bölgelerin seçimini etkileyen faktörler, insülin uygulama tekniği ve bu konularda hastalara verilen eğitime uyum da son derece önem arz etmektedir. İnsülin uygulama bölgesi en hızlı emilimin olduğu karın bölgesiyle beraber dış kol, kalça ve uyluk bölgelerini de içeren sekiz bölgeden oluşmaktadır (Gradel et al 2018, Turan, Aydın ve Kaya 2019; Yuan et al 2016). Ancak bu bölgelere uygulanan hatalı insülin uygulama tekniği hem yetersiz glisemik kontrol ile hem de enjeksiyon bölgesi komplikasyonlarıyla ilişkilidir (Grassi, Scuntero and Trepiccioni 2014, Deng, Zhang and Zhao 2018). İnsülin tedavisinin hipoglisemi, vücut ağırlığında artış, masif hepatomegali, ödem, immonojenite, insülin uygulanan bölgede lipodistrofi olarak adlandırılan lipoatrofi ve lipohipertrofi, kanama, sızma, ağrıya sebep olmak gibi birçok komplikasyonu bulunmaktadır. Özellikle yanlış enjeksiyon tekniğine bağlı en önde gelen komplikasyon enjeksiyon bölgesinde lipohipertrofi gelişmesidir (TEMD 2024).

Lipodistrofi: Vücudun tamamında veya lokalize bölgelerinde atrofiye bağlı yağ dokusunun azalması veya kaybı ile karakterizedir. Lipodistrofi doğuştan veya edinilmiş olabilir ve sıklıkla şiddetli insülin direnci, diyabet ve hipertrigliseridemi dahil olmak üzere yağlı atrofiye atfedilebilen metabolik bozukluklarla komplike hale gelebilir. Lipodistrofiler etiyolojiye (genetik veya edinilmiş) ve yağ kaybının derecesine (genel veya kısmi) göre sınıflandırılır (Tanaka et al 2021; Patni and Garg 2022). Lipohipertrofi veya lipoatrofi olarak iki şekilde ortaya çıkmaktadır (Korkmaz, Gökçay ve Güllü 2022; TEMD 2024).

Lipoatrofi: Patogenezi tam olarak bilinmemekle birlikte DM’li bireylerde sık insülin enjeksiyonu yapılan bölgede yağ dokusunun lokalize subkutan atrofisi ile karakterizedir. Rekombinant insan insülininin kullanımıyla nadir görülen bir komplikasyon haline gelmiştir, ancak hala bildirilmektedir (Korkmaz ve ark. 2022; Singha et al 2021; Chakraborty and Bhattacharjee 2010).

2.2. LİPOHİPERTROFİ

Lipohipertrofi (LH), diyabetli bireylerde tekrarlanan insülin enjeksiyonuna maruziyet sonucu kalınlaşmış yağ dokuda meydana gelen şişlik veya yara benzeri lezyonlarla karakterize insülin tedavisinin yaygın görülen bir komplikasyonudur (Barola, Tiwari, Bhansali, Grover and Dayal 2018, Famulla et al 2016). Histolojik olarak ise insülin enjeksiyon bölgelerinde subkutan dokuda azalmış vaskülarite, fibrozis ve adiposit büyümesi ve proliferasyonu ile kendisini gösterir. Lipid metabolizmasının düzenlenmesinde önemli bir hormon olan insülin tarafından adipositlerin lokal olarak uyarılması, büyümeyi teşvik edici etkisiyle adiposit farklılaşmasını ve lipogenezi destekler. Bunun sonucunda adipositlerde hipertrofi ve hiperproliferasyon ortaya çıkar (Bertuzzi et al 2017, Famulla et al 2016, Yu et al 2021). Bunun yanı sıra ancak bazı yazarlar bunun yalnızca insülinin lipojenik özelliğinden kaynaklanmayıp, yağ hücrelerinin büyümesini teşvik etmesinin yanı sıra aynı bölgeye tekrarlanan ve uygunsuz enjeksiyonlar sonucu deri altı dokuda oluşan mekanik hasardan da kaynaklanabileceğini ileri sürmektedir (Frid et al 2016).

2.2.1. LH Prevalansı

LH’ın DM’li bireyler arasında dünya çapında yaygın bir sağlık sorunu olduğu belirtilmektedir (Deng et al 2018; Gentile et al 2020). Türkiye’de Tip 2 DM’li bireylerde yapılan bir çalışmada LH prevalansı %43,8 bulunurken (Sürücü ve Okur Arslan, 2018); Çin’de yaygınlığın %53,1 ile %73,4 arasında değiştiği görülmektedir (Xu, Carvalho, Wang, Qiu and Sun 2020). 2021 yılında 45 çalışmanın dahil edildiği bir meta-analiz çalışmasında da insülin ile tedavi edilen diyabet hastalarında LH’nin havuzlanmış prevalansının %41,8 olduğu (Wang, Huang, Chen and Tu 2021); 2022 yılında 20 çalışmanın dahil edildiği sistematik derleme çalışmasında ise LH'nin toplam prevalans oranının %51,73 olduğu saptanmıştır (Peng et al 2022). Batı Hindistan’da

yapılan benzer bir çalışmada, daha uzun süreli insülin tedavisi gören diyabetlilerde LH'nin yüksek yaygınlığını (%68) doğrulamaktadır (Pahuja, Punjot, Fernandes and Chatterjee 2019).

2.2.2. LH Risk Faktörleri

Lipohipertrofi oluşumunda insülinin lipojenik etkisinin varlığının yanında birçok faktör rol almaktadır. Enjeksiyon bölgelerinin rotasyon eksikliği, insülin iğnelerinin tekrar kullanılması, uygun olmayan iğne uzunluğu, insülin rejimi, yüksek günlük insülin dozu, uzun süreli insülin tedavisi, beden kitle indeksi (BKİ), zayıf glisemik kontrol ve düşük düzeyde hasta eğitimi gibi birçok faktör LH oluşumu için birer risk faktörüdür (Al Hayek, Robert, Braham and Dawish 2016, Deng et al 2018). Bu risk faktörlerinden bazılarının varlığı bile lipohipertrofi gelişmesine; kalınlaşmış yağ dokusu ile cilt altında yumru oluşumuna sebep olmaktadır. Diyabetli hastalar bu bölgelere insülin uyguladıklarında insülin emiliminde ve etkisinde dalgalanmalar oluşmaktadır. Bu durum zayıf glisemik kontrolle, açıklanamayan hipoglisemi ataklarının daha yüksek sıklığıyla, glikoz seviyeleri ve ketoasidozda artan değişkenlikle sonuçlanabilmektedir (Bertuzzi et al 2017, Famulla et al 2016, Gupta et al 2018, Yu et al 2021). LH oluşumunda rol oynayan faktörlerden bazıları aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır;

İğne uzunluğu: Geçmişte kullanılan uzun iğnelerin glikoz kontrolünün iyileştirilmesine kanıt sunmaması, zayıf glisemik kontrol ve hipoglisemiye neden olabilen intramüsküler enjeksiyon riskini artırması nedeniyle günümüzde daha kısa iğneler tercih edilmektedir. Çünkü daha kısa iğneler daha güvenilir, daha iyi tolere edilebilir ve daha az ağrılıdır (Frid et al 2016, ADA 2021). Günümüzde mevcut olan iğnelerin uzunlukları 4, 5, 6 veya 8 mm'dir (Sim et al 2014). Ancak, 4 mm iğnelerin kullanımı, cinsiyet, yaş ve BKİ ne olursa olsun tüm enjeksiyonlar için uygun olduğu yaygın olarak kabul edilmektedir (Hirsch and Strauss 2019, ADA 2021). DM'li obez bireyler üzerinde yapılan bir çalışmada ise 4 mm × 32 gauge kalem iğnesinin daha az ağrı ve sızıntıda artış olmadan 8 ve 12,7 mm kalem iğnesi ile eşdeğer glisemik kontrol sağladığı görülmüştür (Bergenstal et al 2015). Ayrıca daha uzun iğne uzunluğu ile LH varlığı arasında anlamlı ilişki olduğunu ortaya koyan kanıtlar mevcuttur. Hawa ve ark.

(2023) LH varlığı ile iğne uzunluğunun ilişkili olduğunu bulurken; Hashem ve ark. (2021) ise iğne uzunluğunun nodül derinliğiyle ilişkili olduğunu saptamıştır.

Enjeksiyon yerlerinin rotasyonu: LH'yi önlemek ve sağlıklı dokuyu korumak için en iyi yol enjeksiyon bölgelerinde rotasyon yapmaktır. Rotasyonun bir vücut bölgesinden diğerine yapılması, aynı enjeksiyon bölgesinde ise en az 1 cm aralıkla yapılması önem arz etmektedir (Frid et al 2016, Tandon et al 2015). Yapılan bir çalışmada hastaların yaklaşık üçte ikisinde (%64,4) LH saptanırken; LH varlığı ile iğne yerlerinin döndürülmemesi arasında güçlü bir ilişki bulunmuştur. Aynı çalışmada doğru rotasyon tekniği LH'ye karşı en güçlü koruyucu olarak belirlenmiştir (Blanco, Hernandez, Strauss and Amaya 2013). Ayrıca, günümüzde enjeksiyon yerlerinin rotasyonu ile LH varlığı arasındaki ilişkiye dair kanıtlar sunan birçok çalışma mevcuttur (Barola et al 2018, Hawa et al 2023, Mader et al 2024).

İnsülin rejimi: Analog insülinler ve insan insülinleri emilim, farmakokinetik ve farmakodinamik etki bakımından birbirinden farklılık gösterebilmektedir. Analog insülinler herhangi bir enjeksiyon bölgesine verildiklerinde benzer etkileri gösterirken insan insülinleri önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Günümüzde analog insülinlerin kullanımıyla birlikte LH prevalansı azalmış olsa da insülin rejimleri arasındaki farklılığın LH oluşturma açısından benzer olmadığı gözlemlenmiştir (Frid et al 2016). Barola vd. günde birden fazla insülin enjeksiyonu ile tedavi edilen hastalarda LH riskinin, insan insülinine kıyasla insülin analogları kullanıldığında daha düşük olduğunu bildirmiştir. Hızlı ve uzun etkili analog kullanıcıları ile karşılaştırıldığında, regüler insülin ile uzun etkili analog kullanıcıları lipohipertrofi açısından 3,2 ve geleneksel önceden karıştırılmış insülin kullanıcılarının ise 4,6 kat daha yüksek risk taşıdığı belirlenmiştir (Barola et al 2018).

İğnelerin tekrar kullanımı: İnsanların evden uzaktayken iğne taşımayı zahmetli bulması, kullanılmış iğneleri atmak için kap taşımak istememeleri, her enjeksiyon için yeni bir iğne almaya değmeyeceğini düşünmeleri, iğnelerin hepsi ya da bir kısmını kendilerinin ödemeleri, aşırı olmadığı sürece tekrar kullanılan iğnelere yapılan enjeksiyonların belirgin şekilde daha acı verici olmadığını düşünmeleri ve bazı hastaların bir iğneyi bir kullanımdan sonra atmanın ekolojik olarak israf olduğuna inanmaları gibi sebeplerden dolayı bazı hastalar iğneleri tekrar kullanmaktadır.

Yayınlanmış enjeksiyon tekniği önerileri genellikle iğnenin tekrar kullanımına karşı çıkmıştır (Frid vd. 2016). Çalışmalar iğnelerin tekrar kullanımının, özellikle tekrar kullanım sıklığının LH gelişimiyle ilişkili olduğu göstermektedir (Gupta et al 2018, Nawaz, Hasham, Shireen and Iftikhar 2023, Ji et al 2017, Hawa et al 2023).

Günlük insülin dozu: İnsülin enjeksiyonun LH'li bölgeye enjekte edilmesiyle glikoz değerleri sıklıkla yükselmekle birlikte, daha değişken ve düzensiz hale gelebilir. Bu da hastaların daha yüksek dozlarda insülin enjekte etmesine sebep olur (Blanco et al 2013, Grassi et al 2014; Ji et al 2017). Mevcut çalışmalar günlük yüksek insülin dozunun LH ile ilişkili olduğuna dair kanıtlar sunmaktadır. Mader ve ark. (2024) yakın bir zamanda yapmış oldukları meta analiz çalışmalarında lipohipertrofi doğrulanmış hastaların daha yüksek insülin dozları da kullandıklarını tespit etmişlerdir (Mader vd. 2024). Barola ve ark. (2018) 372 Tip 1 DM'li hastada yapmış oldukları çalışmada hastaların %62,1'inde lipohipertrofi tespit etmiş ve günlük insülin dozunun LH ile ilişki olduğunu bulmuştur (Barola et al 2018). Sürekli subkutan insülin infüzyonu ile tedavi edilen T1 DM'li hastalar üzerinde yapılan çalışmada da yüksek insülin dozunun LH lezyonlarının sayısı için önemli bir risk faktörü olduğu görülmüştür (Ucieklak, Mrozinska, Wojnarska, Malecki and Matejko 2022).

Eğitim: Lipohipertrofi için rutin tarama ve uygun insülin enjeksiyon tekniği, yer rotasyonu ve iğne tek kullanımlık dahil olmak üzere yoğun hasta eğitimi, daha iyi diyabet kontrolü, insülin dozajı ve hastalığın uzun vadeli komplikasyonlarının önlenmesi üzerinde faydalı bir etkiye sahip olabileceği düşünülmektedir (Smith, Clapham and Strauss 2017, Mader et al 2024). Campinos ve ark. (2017) Fransa'da yaptıkları randomize kontrollü çalışmada müdahale grubuna enjeksiyon tekniği eğitimi vererek altı ay boyunca hastaları takip etmiştir. Hastaların kullandıkları toplam insülin dozlarında azalma meydana gelirken; HbA1c düzeylerinde azalma ve enjeksiyon tekniği alışkanlıklarında anlamlı derecede iyileştirme olduğu görülmüştür. Hasta eğitiminin LH ile ilişkili olduğuna dair kanıtlar sunan başka çalışmalar da mevcuttur (Wang et al 2021, Gentile et al 2023, Mader et al 2024). LH prevalans oranlarının hala yüksek oluşu eğitim konusunda istenilen amaca ulaşamadığını, insülin enjeksiyon tekniğinin mevcut uygulamaları ile kılavuz önerileri arasında geniş bir boşluk olduğunu (Frid et al 2016, Kamrul-Hasan et al 2020), başlangıçta eğitim

alan hastalarda bile, düzenli olarak hatırlanmazsa doğru enjeksiyon teknikleri konusunda eğitimin geçici bir etkisi olduğunu belgelemektedir (Gentile et al 2023).

İnsülin tedavi türü: DM'li hastalar insülin tedavilerini insülin enjektörleri, kalemleri ve pompaları aracılığıyla gerçekleştirirler. LH'nin zamanla gelişmesi, kaybolma süresi ve SC dokusunun iyileşmesi için gerekli faktörler hakkındaki bilgilerin azlığı, infüzyon setlerinin tiplerinin birbirinden farklı olması gibi sebepler iki yöntemden hangisinin LH oluşumu için daha riskli olduğunu belirlemeyi zorlaştırmıştır (Zhang et al 2023). Ancak bazı çalışmalar kalem kullanıcılarında pompa kullanıcılarından daha fazla LH tanımlamıştır (Hernar, Haltbakk and Broström 2017; Lombardo et al 2022).

HbA1c: LH varlığı ile ilişkili olduğuna dair çalışmalar mevcuttur (Frid et al 2016, Ji et al 2017, Barola et al 2018, Mader et al 2024). Tip 1 DM'li hastalar üzerinde yapılan bir çalışmada ultrason ile LH varlığı kanıtlanan hastalara LH'li alanlara insülin enjeksiyonlarından kaçınmaları önerildiğinde, ilk değerlendirmeden üç ay sonra HbA1c düzeyinde önemli ölçüde iyileşme görülmüştür (Bertuzzi et al 2022).

Beden kitle indeksi (BKİ): LH ile arasındaki ilişki tam olarak açıklanamamakla birlikte aralarında doğrusal olmayan bir ilişki olduğu düşünülmektedir. Bu sebeple hem düşük hem de yüksek BKİ LH için risk faktörü olabilir. Mevcut bazı çalışmalar yüksek BKİ'nin LH ile ilişkili olduğunu bulurken (Al Hayek et al 2016, Ji et al 2017) bazı çalışmalar ise düşük BKİ ile LH arasındaki ilişkiyi desteklemektedir (Barola et al 2018, <https://my.clevelandclinic.org/health/diseases/22928-lipohypertrophy>).

Ek olarak yapılan çalışmalar daha uzun süre insülin kullanımı (Pozzuoli et al 2018, Thewjitcharoen et al 2020; Wang et al 2021, Kamrul-Hasan et al 2020) ve gün içinde yapılan enjeksiyon sayısının fazla olmasının (Pozzuoli et al 2018, Lin, Lin, Wang, Hong and Zeng 2022, Hawa et al 2023) LH'nin oluşumunu kolaylaştırdığına dair kanıtlar sunmaktadır.

2.2.3. LH Tespit Yöntemleri

Günümüzde LH tespiti için üç yöntem kullanılmaktadır. Bunlar; inspeksiyon, palpasyon ve ultrasondur. İnspeksiyon ve palpasyon yöntemlerinin öneriler doğrultusunda bakım standardı olarak kabul edilmesi (Frid et al 2010, Frid et al 2016), ekonomik ve pratik olması gibi sebepler yöntemlerin klinikte daha fazla tercih

edilmesini kolaylaştırmıştır. Ancak bu yöntemler her ne kadar önerilmiş olsa da sistematik bir değerlendirmeye tabi tutulmamış olmakla birlikte klinik yöntemlerle tespit edilemeyen subklinik lezyonlar karşısında da yetersiz kalmıştır. Gentile ve ark. çalışmalarında klinikte en sık kullanılan yöntemin palpasyon olduğunu, ancak yöntemin ultrason tekniğine göre güvenilirliğinin düşük olduğunu bulmuştur (Gentile, Guarino, Giancaterini, Guida and Strollo 2016). Bunun bir sebebi ise, LH 'nin açık, tanımlanabilir bir patolojisinin olmaması, birden farklı türünün olmasıdır. Bazı LH türleri hızla gelişir ve remisyonu uzun sürmezken, bazıları ise hissedilenden çok daha erken gelişerek yıllarca devam edebilir. (Bertuzzi et al 2017, Kaltheuner, Kaltheuner and Heinemann 2018). Dışarıdan gözle görülmeyen veya palpasyonla hissedilemeyen LH'ler de mevcuttur. Bu lezyonlar; sadece kendisini sınırları belli, açık bir nodül olarak değil, insülinin enjekte edildiği subkutan dokunun yaygın alanlarında artan ekojenite şeklinde de gösterebilmektedir. Korkmaz ve arkadaşları bir yıldan uzun süredir günde en az iki kez insülin enjeksiyonu alan ve palpe edilebilen LH'si olmayan 136 hastada ultrason yöntemi ile 10 yılı aşkın süredir diyabet tedavisi ve eğitimi konusunda uzmanlaşmış diyabet hemşireleri tarafından klinik muayene yöntemlerini karşılaştırmışlar; hastaların %87,5'inde palpe edilemeyen LH saptamışlardır (Luo et al 2021, Korkmaz et al 2022). İnceleme ve palpasyon yöntemlerinin yetersizliğinin yanı sıra ülkeler arasındaki fiziksel muayene yöntemlerinin farklılık göstermesi başta ultrasonografi olmak üzere LH tespiti için yeni yöntemlerin kullanılmasını ve geliştirilmesini gerekli kılmıştır (Xu et al 2020, Gentile et al 2016). Günümüzde tanı için kullanılan altın standart yöntem ultrason olarak belirlenmiştir. (Wang et al 2021, Arora et al 2021, Luo et al 2021, Kapeluto et al 2018). Bu yöntem ile subkutan dokunun artmış yankısını ve sınır alanındaki kesin nodülleri farklı boyutlarıyla ortaya çıkarmak mümkündür (Wang et al 2021, Gentile et al 2016, Bertuzzi et al 2017). Ancak, klinik uygulamada ultrasonun maliyetli ve zaman kaybına neden olması nedeniyle rutin olarak kullanılmadığı görülmüştür (Kaltheuner et al 2018, Bandari et al 2022).

2.3. KLİNİK KARAR DESTEK SİSTEMİ VE HEMŞİRELER İÇİN ÖNEMİ

Karar destek sistemi, verileri analiz ederek ve işlenmiş bilgileri sunarak karar verecek olan bireyi desteklemeyi amaçlayan bilgisayar tabanlı bir sistemdir. Bir karar destek

sistemi karar vermez. Kişisel sezgi ve deneyime dayalı olabilecek yönetimsel kararları nicel olarak destekleyerek karar vericileri tamamlamada rol oynar (Rashidi, Ghodrat, Samali and Mohammadi 2018).

Klinik karar destek sistemi (KKDS), ilk defa 1980'lerde ortaya çıkan güvenli ve verimli sağlık hizmetini kolaylaştırmak için giderek daha fazla kullanılan bilgisayarlı sistemlerdir (Zhou et al 2022, Toh et al 2024). KKDS, sağlık ve bakım kalitesinin iyileştirilmesi, hastalıkların erken teşhisi, kişiye bağlı hataların önlenmesi, maliyetlerin düşürülmesi ve hastalara en uygun tedavinin sağlanması açısından fayda sağlamaktadır (Berner 2007, Çiriş, Başbüyük ve Yıldırım 2020). Klinik bilgilerin kapasitesi, karmaşıklığı ve dinamiği göz önünde bulundurulduğunda sağlık profesyonellerinin etkili, hızlı ve doğru karar vermelerini destekleyen bu sistemler aynı zamanda tutarlı, kanıta dayalı klinik uygulamalara erişimi sağlamaktadır (Koç, Şengül Atılğan, Uyar Özkaya ve Gökçe 2012, Osheroff et al 2012, Tams and Euliano 2015, Souza-Pereira, Ouhbi and Pompo 2021). Klinik karar destek sistemi, bilgi tabanlı ve bilgi tabanlı olmayan sistemler olarak sınıflandırılabilir. Bilgi tabanlı karar destek sistemi, en iyi önerilerin türetilebileceği güncel, kanıta dayalı klinik bilgilere dayalı önceden belirlenmiş bilgi alanlarıyla hasta verilerini eşleştirmek için kurallar kullanmaktadır (Berner and La Lande, 2016). Bilgi tabanlı olmayan sistemler ise tahminlerde bulunmak veya kararlar almak için yapay zekâ veya makine öğrenimi gibi veri odaklı yöntemleri kullanmaktadır. (Shahsavarani, Abadi and Kalkhoran 2015, Sutton et al 2020). Yapay zekâ küresel olarak kabul görmüştür. Tıbbi uygulayıcıların hastalıkları etkili ve verimli bir şekilde teşhis ederek hastaları tedavi etmelerini desteklemek amacıyla tıbbi uygulamalar tasarlamak için kullanılmaktadır. Makine öğrenimi ise sistemlere mevcut bilgilerden yeni tıbbi ve klinik bilgi çıkarma yeteneği veren en çok kullanılan yeni yapay zekâ tekniklerinden biridir (Souza-Pereira et al 2021).

Karar destek sistemleri sağlık profesyonelleri tarafından birçok alanda kullanılmaktadır. Karar destek sistemlerinin iş verimliliği, daha kişiselleştirilmiş bakım sağlama, bakımı ve bilgiyi iyileştirme, karar alma konusunda güveni artırma, reçete yazma davranışını iyileştirme ve istenen laboratuvar ve tıbbi görüntüleme testlerinin sayısını azaltma gibi pek çok alanda avantaj sağladığı görülmüştür (Muhiyaddin et al 2020, Salem et al 2018, Madden et al 2018, Shankar and Anderson

2018) Sağlık bakım sisteminin ön saflarında yer alan ve hastaya 24 saat bakım vermekle sorumlu hemşireler de diğer sağlık profesyonelleri gibi güvenli, kaliteli ve hasta merkezli bakım sunmak ve hasta bakım sonuçlarını iyileştirmek için doğru ve etkili karar verme aşamasında karar destek sistemini kullanmaktadırlar (Fitch, Fliedner and O'connor 2015, Sekse, Hunskar and Ellingsen 2018, Santos et al 2023). 28 makalenin dahil edildiği bir sistematik derleme çalışmasında hemşirelerin tanısal karar alma, güncel rehberlere uyum, ilaç yönetimi ve durumsal farkındalığını desteklemek amacıyla karar destek sistemlerini kullandığı bildirilmiştir (Dunn Lopez et al 2017). Literatür incelendiğinde hemşirelerin yoğun bakım, palyatif bakım merkezlerinde ve huzur evlerinde bakım kalitesinin artırılması (Santos et al 2023, Abdellatif et al 2020, Sariköse and Şenol Çelik 2024), basınç ülserlerinin önlenme ve tedavisi (Araujo, Sousa and Dutra 2020), kronik hastalıkların izlenmesi (Souza-Pereira et al 2021), kanser hastalarında ağrı şiddetinin azaltılması (Sezgin ve Bektaş 2022), gibi amaçlarla karar destek sistemlerini kullanarak olumlu sonuçlar elde ettiğine dair kanıtlar mevcuttur. Günümüzde sağlık çalışanları ve özellikle de DM hemşirelerinin karar destek sistemine ihtiyaç duyduğu diğer bir alan ise insülin enjeksiyon bölgelerinde LH tespittir. Özellikle insüline bağlı meydana gelen LH'nin tespit edilmesi ve yaygınlığının azaltılmasında KKDS'ye olan gereksinim artmaktadır.

Hemşireler, LH yaygınlığını azaltmak için uygun insülin enjeksiyon teknikleriyle ilgili eğitim ve bilgi sağlamada ve rutin bir LH değerlendirmesinde önemli bir role sahiptir (Nain and Thomas). Çalışmalar hemşirelere LH oluşumunu önlemek ve dolayısıyla ortaya çıkabilecek komplikasyonlardan kaçınmak için öneriler sunmakta ve doğru enjeksiyon tekniği için kılavuzlar yayınlamaktadır (Frid et al 2010, Gentile et al 2019, Gorska-Ciebiada, Masierok and Ciebiada 2020). Çalışmalar ve kılavuzlar da hemşirelere LH oluşumundaki en önemli sebeplerden biri olan yanlış teknikle insülin yapılmasını etkili bir şekilde önlemek için hastaya düzenli olarak uygun eğitim ve yenileme kurslarının düzenlenmesini önermektedir (Gentile et al 2016, Gentile et al 2018). Ayrıca pratikte hasta değerlendirilirken enjeksiyon bölgelerinin doğrudan ve/veya deriye teğetsel ışıkla incelenmesi, enjeksiyon bölgelerinin sistematik olarak palpe edilmesi, palpasyonun önce hafif bir dokunuşla, ardından farklı yönlerde daha güçlü bir dokunuşla palpasyon yaparak birkaç kez tekrarlanması, enjeksiyon bölgelerini çevreleyen deride herhangi bir kalınlık veya doku farklılığını belirlemek için

sıkıştırma manevrasının gerçekleştirilmesi gerektiği önerilmiştir (Gentile et al 2019). Ancak enjeksiyon tekniği kılavuzlarının yayınlanmasına ve eğitimin artmasına rağmen LH yaygınlığı yüksek kalmaya devam etmektedir (Shen et al 2021). Bunun sebebi hastalara eğitim için ayrılan sürenin kısalığı, hastalara eğitim veren DM ekiplerinin farklı deneyimlere sahip bireylerden oluşması ve ekipteki bireylerin açıkça tanımlanmış metodolojiye uymaması (Gentile et al 2018), diyabet kliniklerinde rutin cilt muayenesinin olmaması (Grassi et al 2014), yayınlanan kılavuzların (Frid et al 2010) rutin klinik bakımda ne ölçüde gözlendiğinin; LH' nin ne sıklıkta veya titizlikle değerlendirildiğinin bilinmemesi, diyabet uzmanları ve hastaları topluluğunda LH' nin yaygınlığı ve önemi konusundaki farkındalık eksikliği (Abu Ghazaleh et al 2018) gibi birçok faktör olabilir. Ayrıca klinikte LH tespitinde en sık kullanılan yöntem olan inspeksiyon ve palpasyonun güvenilirliğinin düşük olması; altın standart olarak belirlenen ultrasonun maliyetli ve zaman kaybına neden olması açısından klinik uygulamada rutin olarak kullanılmaması (Kalttheuner et al 2018, Bandari et al 2022) LH tespitini zorlaştırmaktadır. Görüldüğü üzere LH'nin erken belirlenmesi insülin tedavisinin etkinliği, hiperglisemi veya hipoglisemi ataklarının önlenmesi açısından önemli bir faktördür. Tüm dünyada LH'nin erken dönemde ya da herhangi bir evresinde fark edilmesi ve ortaya çıkabilecek komplikasyonları önlemek için güvenli, hızlı, ağrısız ve nispeten düşük maliyetli bir teknolojiye ihtiyaç olduğu açıktır. Literatürde bu amaçla yapılan sınırlı sayıda çalışma (Bandari et al 2022, Kalttheuner et al 2018, Klarskov et al 2021) olup, bu çalışmalar bazı yönleriyle LH tanısında yeterli kalmışlardır. Bandari ve ark. (2022) yakın zamanda makine öğrenimi yaklaşımını kullanarak ultrason görüntüleri ile LH tespiti yapmaya çalışmışlardır. Yapılan çalışmada ele alınan ultrason görüntüsünün sınırlı sayıda olması ile LH tanısının güvenilirliği net değildir. Yapılan diğer çalışmada ise, ultrason ve palpasyon yöntemlerine göre kızılötesi görüntülerin kullanımının diyabetli hastalarda LH tanısı için ağrısız, hızlı ve uygulaması kolay bir seçenek olup olmadığını belirlemek amaçlanmıştır. Uygulama sadece karın bölgesinden yapılmış, yüksek çözünürlüklü ve hassas kızılötesi kamera kullanılarak karından farklı açılardan birçok görüntü alınmıştır. Çalışmada, termografi yöntemiyle LH'li ve sağlıklı dokulardan elde edilen görüntüler incelendiğinde LH tespit edilen bölgelerde sıcaklık farkının sağlıklı dokulara göre daha fazla olduğu görülmüştür. LH tanısının kontrolü ise ultrason ve

palpasyon yöntemiyle yapılmıştır. Küçük bir örnekleme yapılan bu pilot çalışma sonuçlarına bakıldığında kızılötesi ışınların 29 LH'li hastanın sadece 14'ünde LH tespitini net olarak yapabildiği görülmüştür. Ancak, LH tanısı için kullanılan kızılötesi görüntülerinin yetersiz kalması, bu yöntemin tamamen reddedilmesi anlamına gelmemektedir (Kalthener et al 2018). Yapılan bir diğer çalışmada ise, Klarskov ve ark. (2021) yakın zamanda insülin kalemine takılabilen klipsli bir tıbbi cihaz geliştirmiştir. Ancak cihazın geliştirilme amacı LH tespiti yapmak değil, insülin uygulaması sırasında hastaları doğru enjeksiyon rotasyonu için yönlendirmektedir. 35 Tip 1 DM'li bireyin dahil edildiği bu çalışmada; cihaz yapılan enjeksiyonun yer ve zamanını kaydederek, bir sonraki enjeksiyon için hastayı yönlendirmektedir. Ancak hastada belirlenen bir LH, skar doku gibi durumlar varsa cihaz bunu algılayamadığı için cihazda yer alan programa bu durumların kaydedilmesi gerekmektedir. Ayrıca hastaların klipsi yanlış kullanmalarına bağlı olarak konum bilgisi kaydedilemeyebilmektedir. Bu durumda hasta eğer klipsi kullanma becerisine sahip değilse yanlış bir bölgeye insülin enjeksiyonu yapma riski taşımaktadır. Ancak sonuçlara bakıldığında, cihazın insülin enjeksiyonunun rotasyonu konusunda başarılı olduğu bildirilmiştir.

Bu çalışmada geliştirilen karar destek sistemi, diğer yöntemlere göre daha büyük örneklem ile, LH'nin bireylerin karın bölgelerindeki subkutan ve cilt dokusunda meydana getirdiği değişimleri birçok yönden ele alarak LH tanısı yapmayı hedeflemiştir. Bu yöntemler sadece termografi ya ile kalmayıp insülin enjekte edilen bölgede değişen deri direnci, bölgenin kan hacmindeki değişiklikler (PPG), saturasyon (SpO₂) ve sıcaklık değişimi, hasta ve hastalığa dair verilerin de dahil edildiği geniş bir ölçüm yelpazesi ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma sırasında LH tespitinin kontrolü günümüzde altın standart olarak belirlenen ultrason aracılığıyla sağlanmıştır. Literatürde yer alan birçok çalışmada LH tanısı için kriterler bulunmaktadır (Bertuzzi et al 2017, Kapeluto et al 2018, Wang et al 2021). Ancak, bu çalışmalarda tanının temelini ultrason yöntemi oluşturmuş, çalışmamızda olduğu gibi yapay zekâ yöntemi kullanılmamıştır. Mevcut çalışmanın diğer çalışmalardan üstünlüğü, ultrasonun sadece bir kontrol yöntemi olarak kullanılması ve LH tespitinin yapay zekâ tarafından yapılmasıdır. Böylece, ultrason kullanılmadan profesyonellik gerektirmeyen, hastadan ulaşılması daha basit ve kolay verilerle LH varlığının kararı verilebilir. Sonuç olarak;

geliştirilen karar destek sistemi sadece hastadan alınan veriler kullanılarak diyabet hemşirelerinin kısa sürede doğru bir LH tespiti yapmasını destekleyebilir. Ayrıca glisemik kontrolün iyileştirilmesine, oluşabilecek komplikasyonların önlenmesine, hastalara kişiselleştirilmiş optimize ve kaliteli bakımın verilmesine olanak sağlayarak hemşireler için süreci kolaylaştırabilir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. ARAŞTIRMANIN AMACI VE TİPİ

Bu araştırma DM'li bireylerde insülinin neden olduğu lipohipertrofinin tespit edilebilmesi için bir karar destek sistemi geliştirmek ve bu sistemin etkinliğini değerlendirmek amacıyla metodolojik ve randomize kontrollü olarak planlanmıştır.

3.2. ARAŞTIRMANIN HİPOTEZİ

H0: Geliştirilen karar destek sistemi insülinin neden olduğu lipohipertrofiyi tespit etmede geçerli ve güvenilir bir yöntem değildir.

H1: Geliştirilen karar destek sistemi insülinin neden olduğu lipohipertrofiyi tespit etmede geçerli ve güvenilir bir yöntemdir.

3.3. ARAŞTIRMANIN İZİNİ

Çalışmanın etik izni Sakarya Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulundan 18.10.2022 tarih ve E-16214662-050.01.04-192393 sayılı onay alınmıştır (Ek 1). T.C. Sağlık Bakanlığı Sakarya İl Sağlık Müdürlüğü'nden (Sayı: E-18343338-604.02.99-208027354) (Ek 2) ve Sakarya Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi yönetiminden gerekli yazılı izinler alınmıştır. Ayrıca çalışma 24.10.2023 tarihinde 223S476 numaralı proje olarak TÜBİTAK tarafından destek almaya hak kazanmıştır (Ek 3).

3.4. ARAŞTIRMANIN YAPILACAĞI YER VE ZAMAN

Çalışma, Sakarya Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi Diyabet polikliniğinde Ocak 2023-Temmuz 2024 tarihler aralığında gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya katılmaya gönüllü olan DM'li bireyler ile görüşmeden önce, araştırmanın amacı, görüşme için

gececek ortalama süre, verilerin nerede ve nasıl kullanılacağı ve yapması gerekenler açısından bilgilendirilmiş, sözlü ve yazılı onamları alınan bireyler örnekleme dahil edilmiştir (Ek 4).

3.5. ARAŞTIRMANIN EVRENİ VE ÖRNEKLEMİ

Araştırmanın evrenini Sakarya Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi Diyabet polikliniğinde takip edilen Tip 1 ve Tip 2 DM’li hastalar oluşturmaktadır. Araştırmanın örneklemini araştırmaya katılmayı kabul eden ve araştırma kriterlerine uyan hastalar oluşturmuştur. Yapılan G-Power istatistik analizine göre örneklem büyüklüğü toplamda 218 kişi olarak tespit edilmiştir. Yapılan güç analizi sonucuna göre dahil edilme kriterlerine uyan katılımcılardan abdominal bölgesinin sağlıklı ve LH tanısı almış 249 birey çalışmaya dahil edilmiştir. Rastgele seçilen katılımcılardan 119 kişi sağlıklı, 130 kişi LH tespit edilmiş bireyler olup; 1 kişi veri kaybı nedeniyle çalışma dışında tutulmuştur.

Çalışmaya dahil edilme kriterleri

- İletişim güçlüğü ve bilişsel yetersizliği olmayan,
- Çalışmaya katılmayı kabul eden,
- ≥ 18 yaşında olan,
- Tip 1 veya Tip 2 DM tanısı almış bireyler

Çalışmadan dışlanma kriterleri

- Gebe olanlar,
- Bilinen dermatit ve kutanöz hastalık varlığı (abdominal kitle, sedef hastalığı, egzama vb.)
- Tıbbi ultrasonik bağlayıcılara karşı bilinen alerjisi olma
- Abdominal cerrahi tedavi öyküsü
- Antidepresan kullananlar

3.6. VERİ TOPLAMA ARAÇLARI

Verilerin toplanma aşamasında USG cihazı, USG cihazından elde edilen verilerin kaydedildiği LH Tarama Formu, PPG, BIOZ ve SpO₂ ölçümü için MAXREFDES106# cihazı, deri sıcaklığının ölçümü için ateş ölçer ve hastaya ve hastalığa dair soruların yer aldığı Hasta Bilgi Formu kullanılmıştır.

3.6.1. LH Tarama Formu (EK-5)

Literatürdeki kriterlere göre ultrason taraması ile LH varlığı veya yokluğu, deri kalınlığı, subkutan doku kalınlığı vb. sorular yer almaktadır.

3.6.2. Hasta Bilgi Formu (EK-6)

Araştırmacı tarafından oluşturulan hasta bilgi formunda demografik veriler (yaş, cinsiyet, eğitim derecesi vb.), hastalığa ilişkin veriler ve hastaya yapılan bazı ölçümlere dair veriler bulunmaktadır. Hastalığa ilişkin olarak diyabet tipi, diyabet süresi, kronik komplikasyon varlığı, insüline maruz kalma süresi, beden kitle indeksi (BKİ), insülin enjeksiyon aracı, iğne uzunluğu, günlük insülin dozu, glikolize hemoglobin (HbA1c), iğnelerin yeniden kullanımı, iğnenin yeniden kullanım sıklığı ve enjeksiyon bölgelerinde rotasyon yapma durumu yer almaktadır. Ayrıca formda periferdeki kan hacmindeki değişiklikler, enjeksiyon bölgelerindeki deri direnci, enjeksiyon yapılan subkutan dokudaki vücut sıcaklığına dair ek ölçümlere ait sorular yer almaktadır.

3.6.3. USG Cihazı

Çalışmaya katılmayı kabul eden hastalarda altın standart olarak LH varlığını tespit etmek amacıyla kullanılmıştır. Ayrıca karın bölgesindeki derinin kalınlığı, subkutan doku kalınlığı, LH'nin elastikiyeti gibi ölçümlerin elde edilmesini sağlamıştır. Tespit ve ölçümler sırasında bölgedeki diğer lipom ya da benzeri kitlelerin LH'den ayırt edilmesi için yardımcı olmuştur. İşlem sırasında Toshiba Aplio 400 ultrason cihazı ve 12 mghz lineer prop kullanılmıştır. LH'li bölgenin elastikiyeti strain elastografi yöntemiyle belirlenmiştir.

3.6.4. MAXREFDES106# Cihazı

Sensörler barındıran bir teknoloji olup hayati bulguları grafik halinde sunabilen bir yazılıma sahiptir (<https://www.analog.com/en/design-center/reference-designs/maxrefdes106.html#rd-overview>). Bu cihaz Fotopletismografi (PPG), biyopotansiyel ölçümü, biyoempedans ölçümü (BIOZ), cilt ve ortam sıcaklığı, kalp hızı solunum hızı, oksijen doygunluğu (SpO₂), empedans kardiyografi ve vücut empedans analizi algoritmaları, göğüs üzerindeki en uygun yerleştirme konumunu belirlemek için konum bulucu, hareket ve ivme ölçümü yapabilmektedir. Ancak cihaz sadece bu ölçümlere bağlı olarak bizlere ham veri sunmakta; geliştirmeye çalıştığımız karar destek sisteminde olduğu gibi herhangi bir tanılama işlemi yapamamaktadır.

3.6.5. Dijital Temassız Kızıl Ötesi Ateş Ölçer

Mesilife DT-8806 temassız kızılötesi ateş ölçer LH tespit edilen kadranın ve sağlıklı kadranın deri sıcaklığını ölçmek için kullanılmıştır.

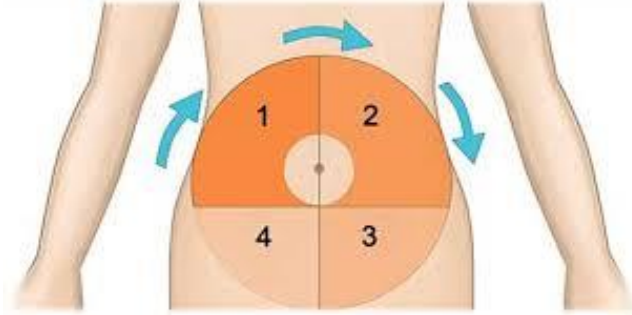
3.7. VERİLERİN TOPLANMASI

Araştırma iki basamakta gerçekleştirilmiştir.

1. Aşama: DM'li bireylerin insülin enjeksiyonu yaptıkları karın bölgesinden ultrason yöntemi ile LH taraması yapılması

Diyabet polikliniğine başvuran hastalardan çalışmaya dahil edilme kriterlerine uyan diyabetli bireylere araştırmacı tarafından yüz yüze görüşme yöntemiyle Hasta Bilgi Formu doldurulmuştur. Ardından bu hastalar pazartesi, çarşamba ve perşembe öğle arası saat 12:00-13:30 aralığında aynı odada, aynı uzman radyolog tarafından LH açısından taranmıştır. Ölçümlerde standart koşulların sağlanması için termometre kullanılarak oda sıcaklığı ve nemi sabit tutulmaya çalışılmıştır. Tarama için odaya alınan bireyler yatar pozisyona getirildikten sonra hastalara karın kaslarını tamamen gevşetmesi talimatı verilmiştir. Ultrason muayenesi, çok frekanslı lineer bir prob kullanılarak yüzeysel doku ultrasonu uygulayan ve hastaya kör olan (hastanın insülin kullanımına dair bilgisi bulunmamaktadır) uzman radyolog tarafından yapılmıştır. Lipohipertrofi lezyonunun yerinin daha kolay tespiti için umlukus merkeze alınarak karın kadrani dört eşit parçaya bölünerek saat yönünde numaralandırılmıştır (Şekil 1). Sağlıklı yağ doku ve lezyon bölgesindeki deri altı yağ dokusunun kalınlığı, bu

çevredeki normal deri altı yağ dokuları ile sınırları belirlenmiş alana gömülü, farklı boyutlarda açıkça tanımlanmış nodüller kaydedilmiş, hematolar veya sıvı dolu kistler LH'den ayrılarak kayıt dışı bırakılmıştır. Nodül görünümüne sahip LH'lerin sınırlarını doğrulamak için görüntüler hem uzunlamasına hem de enine düzlemlerde değerlendirilerek kayıt altına alınmıştır. Elde edilen veriler EK-1 Lipohipertrofi Tarama Formu'na kaydedilmiştir. Taranan hastalarda insülin yapmaya uygun olan sağlıklı yağ dokunun herhangi bir yeri ile varlığı tespit edilen LH'nin boyutları ve yeri radyolog tarafından işaretleme kalemi ile işaretlenmiştir. Lipohipertrofi tespit edilen diyabetli bireyler müdahale grubuna, LH tespit edilemeyen diyabetli bireyler ise kontrol grubuna dahil edilmiş ve vücutlarına ultrason görüntülemesi için jel sürülen hastalar vücutlarının normal sıcaklığına dönmeleri için en az yarım saat bekletilmiştir. Bekletilen hastalardan benzer sıcaklık ve nem değerine sahip odada yatar pozisyonda işaretleme yapılan sağlıklı ve sağlıklı bölgelerden MAXREFDES106# cihazı ile en az 6 dk kalacak şekilde ölçüm yapılmıştır. Cihazdan alınan biyoempedans (BIOZ), periferdeki kan hacmindeki değişiklikler (PPG), SpO₂ değeri ile subkutan dokunun sıcaklığına dair veriler dizüstü bilgisayara aktarılarak hasta için oluşturulmuş dosyaya kaydedilmiştir. Kaydedilen ölçümler özel bir yazılımla sayısal verilere dönüştürülerek SPSS ve MATLAB programlarına kaydedilmiştir.



Şekil 1: LH tespiti için karın bölgesinin dört kadrana ayrılması

2. Aşama: DM'li bireylerden elde edilen ultrason görüntülerinin sağladığı veriler ile aynı bölgeden yapılan ek ölçümler arasındaki anlamlı parametrelerin belirlenmesi, yapay zekâ ile karar destek sisteminin geliştirilmesi ve etkinliğinin belirlenmesi

Karar destek sisteminin geliştirilmesi için öncelikle alınan verilerin ultrason ölçümlerinin sonuçlarına göre MATLAB programına LH olan bölgeye ait ve sağlıklı

bölgeye ait olmak üzere iki farklı etiketle (LH var:0, LH yok:1) etiketlenmiştir. Ardından PPG'den özellik çıkarma yöntemi ile elde edilen 25 özellik, BIOZ, SpO₂, sıcaklık ve sosyodemografik özelliklere ait verilerden SpO₂ ve BIOZ değerlerinin ortalaması alınmıştır. İlk 33 hastanın vücut yağ kütlesi ve yağ oranı yerine "NaN" yazılmıştır. Sonuç olarak, özelliklere ait veriler optimize edildikten sonra hedef sütun (LH var:0, LH yok:1) ile toplamda 54 sütun ve 482 satırdan oluşan bir veri tabanı elde edilmiştir. Ardından 53 özellik ile tüm özellikler ANOVA, MRMR, kruskal wallis ve ki-kare algoritmalarına göre özellik seçme yöntemi ile belirlenen özellikler sıralanmıştır. En ilişkili özellikten başlanarak, farklı sayılarda özellikler seçilerek sınıflandırma işlemleri yapılmıştır. Bu aşamada farklı sınıflandırıcılar ve karar destek sistemleri, farklı sayılarda özelliklerle test edilmiştir. Sınıflandırıcı olarak karar ağacı (decision tree), k- en yakın komşu algoritması (KNN), olasılıksal yapay sinir ağı (PNN), destek vektör makineleri (SVM) ve topluluk öğrenmesi (Ensemble) yöntemleri kullanılmıştır. Her özellik seçme algoritmasının belirlediği sıralamaya göre özellik sayısı 53-40-30-24-18-12-6 seçilerek her bir seçimde beş farklı sınıflandırıcının sonuçları elde edilmiştir. Böylece birden fazla özellik seçme tekniğine göre çeşitli sınıflandırıcılar tarafından farklı sayılardaki veriler test edilerek LH varlığı/yokluğu ile ilişkilendirilmiştir.

3.8. VERİ ANALİZ YÖNTEMLERİ

Hastalardan elde edilen verilerin analizi için SPSS ve MATLAB olmak üzere iki ayrı programdan faydalanılmıştır.

Hasta bilgi formunda yer alan sosyodemografik ve hastalıkla ilgili verilerin istatistiksel analizinde SPSS (IBM SPSS for Windows, versiyon 26) istatistik paket programı kullanılmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde örneklemin tanımlayıcı özelliklerinin analizinde sayı, yüzde dağılımları, ortalama ve standart sapma gibi tanımlayıcı istatistikler kullanılmıştır. Lipohipertrofi varlığına göre hastaların cinsiyet, eğitim durumu, sigara kullanma durumu, diyabet süresi ve tipi, kronik komplikasyon varlığı, insülin kullanma durumu, insülin kullanma süresi, insülin iğne uzunluğu, insülin uygulanan vücut bölgesi, iğnelerin yeniden kullanımı, rotasyon yapma durumu ve aktif kullanılan ele göre kategorik verilerin karşılaştırılmasında Ki-kare testi

kullanılmıştır. Araştırma değişkenlerinin normal dağılım gösterip göstermediğini belirlemek üzere Kurtosis (Basıklık) ve Skewness (Çarpıklık) değerleri incelenmiştir. İlgili literatürde, değişkenlerin basıklık çarpıklık değerlerine ilişkin sonuçların +1,5 ile -1,5 (Tabachnick and Fidell 2013), +2,0 ile -2,0 (George and Mallery 2010) arasında olması normal dağılım olarak kabul edilmektedir. Değişkenlerin normal dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Verilerin analizinde parametrik yöntemler kullanılmıştır. Lipohipertrofi varlığına göre yaş, beden kitle indeksi, glikolize hemoglobin düzeyi, vücut sıcaklığı, vücut yağ oranı ve kütlesi, deri kalınlığı, subkutan doku kalınlığı, deri direnci ve oksijen saturasyon düzeylerine göre sürekli değişkenlerin karşılaştırılmasında bağımsız örneklem gruplarında T-testinden yararlanılmıştır. İstatistiksel anlamlılık değeri için $p < 0,05$ değeri temel alınmıştır. Ek olarak lipohipertrofi varlığını etkileyen faktörleri belirlemek üzere ikili karşılaştırmalarda anlamlı olan bağımsız değişkenler üzerinden Logistic regresyon analizi yapılmıştır.

MATLAB- 2024b programından yararlanılarak kaydedilen değişkenlerden özellik çıkarma, özellik seçme ve sınıflandırma basamakları uygulanmıştır.

3.8.1. Özellik Çıkarma

Ham verilerin analiz ve tahmin süreçlerinde daha anlamlı ve bilgilendirici bir özellik kümesine dönüştürülmesini hedefleyen makine öğrenimi, görüntü işleme ve desen tanıma alanlarında önemli bir işlemdir (Rahman et al 2023, Venkateswaran, Kasthuri, Shobika and Kiruthiga 2014) Özellik çıkarma yöntemleri, çeşitli nesne sınıflarını temsil eden en belirgin özellikleri çıkarmak için nesnelere ve görüntüleri analiz ederek orijinal yüksek boyutlu özellikleri düşük boyutluluğa sahip yeni bir özellik alanına yansıtır. Yeni oluşturulan özellik alanı genellikle orijinal özelliklerin doğrusal veya doğrusal olmayan bir kombinasyonudur (Hira and Gillies 2015, Labory, Njomgue-Fotso and Bottini 2024). Zaman serisi şeklinde olan PPG işaretinden çeşitli istatistiksel özellikler çıkarılmıştır (Tablo 1) (Kavas, Bozkurt, Kocayığıt ve Bilgin 2023).

Tablo 1: PPG'den özellik çıkarma yöntemi ile elde edilen özellikler

Sıra No	Özellik Adı	Formül
1.	Basıklık (Kurtosis)	$x_{kur} = \frac{\sum_{i=1}^n (x(i) - \bar{x})^4}{(n-1)S^4}$
2.	Çarpıklık (Skewness)	$x_{ske} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)S^3}$
3.	Çeyrekler Arası Genişlik (Interquartile Range)	$IQR = Q3 - Q1$
4.	Değişim Katsayısı	$DK = (S/\bar{x})100$
5.	Geometrik Ortalama	$G = \sqrt[n]{x_1 \times \dots \times x_n}$
6.	Harmonik Ortalama	$H = n / (\frac{1}{x_1} + \dots + \frac{1}{x_n})$
7.	Hijort Aktivite Katsayısı	$A = S^2$
8.	Hijort Hareketlilik Katsayısı	$M = S_1^2 / S^2$
9.	Hijort Karmaşıklık Katsayısı	$C = \sqrt{(S_2^2 / S_1^2)^2 - (S_1^2 / S^2)^2}$
10.	Maksimum	$x_{max} = \max(x_i)$
11.	Medyan	$\tilde{x} = \begin{cases} \frac{x_{n+1}}{2} & : x \text{ tek} \\ \frac{1}{2}(x_{\frac{n}{2}} + x_{\frac{n}{2}+1}) & : x \text{ çift} \end{cases}$
12.	Mutlak Sapma	
13.	Minimum	$x_{min} = \min(x_i)$
14.	Merkezi Moment	$CM = \text{moment}(x, 10)$
15.	Ortalama	$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1}{n} (x_1 + \dots + x_n)$
16.	Ortalama Eğri Uzunluğu	$CL = \frac{1}{n} \sum_{i=2}^n x_i - x_{i-1} $
17.	Ortalama Enerji	$E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2$
18.	Kare Ortalamalarının Karekökü (RMS)	$X_{rms} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i ^2}$
19.	Standart Hata	$S_{\bar{x}} = S/\sqrt{n}$
20.	Standart Sapma	$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$
21.	Şekil Faktörü	$SF = X_{rms} / (\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sqrt{ x_i })$
22.	Tekil Değer Ayrışımı (SVD)	$SVD = \text{svd}(x)$
23.	%25 Kırpılmış Ortalama	$T25 = \text{trimmean}(x, 25)$
24.	%50 Kırpılmış Ortalama	$T50 = \text{trimmean}(x, 50)$
25.	%5 Ortalama Teager Enerjisi	$Mean_{5\%} \frac{1}{N_{5\%}} \sum_{i=1}^{N_{5\%}} TEO(x[n_i])$

PPG'den özellik çıkarma yöntemi ile elde edilen 25 özellikle birlikte hasta bilgi formunda yer alan sosyodemografik bilgiler, hasta ve hastalığa dair bilgiler de

değişken olarak eklenerek MATLAB programına kaydedilmiştir. USG'den elde edilen verilerle sınıf kararı verilerek (LH var:1, LH yok:0) kaydedilmiştir.

3.8.2. Özellik Seçme

Veri kümeleri, makine öğrenimi sürecini olumsuz etkileyen veya etkisi olmayan alakasız ve gereksiz özellikler içerebilir. Bu nedenle, seçim yapılacak veri setini temsil edebilecek en iyi özneliklerin belirlenmesi için özellik seçme yöntemlerinden yararlanır. Özellik seçimi bize sorun hakkında en fazla bilgiyi veren öğeleri bulmakla birlikte aynı zamanda bir veri indirgeme yöntemidir. Sorun tespiti için veri boyutunun azaltılması, dolayısıyla sistemin işlem yükünün azaltılması, gereksiz verilerin elenmesi ve model başarısının artırılması için önemli bir role sahiptir. İşlenecek verilerin boyutu son yıllarda artmıştır ve bu nedenle herhangi bir sınıflandırma yapılmadan önce özellik seçimi bir gereklilik haline gelmiştir (Büyükkeçeci ve Okur 2022, Nogales and Benalcázar 2023, Emhan ve Akın 2019). 3 farklı özellik seçme yöntemi vardır. Bunlar; filtre, sarmalayıcı ve gömülü yöntemlerdir.

Özellik Sıralama: PPG'den çıkarılan 25 özellekle birlikte toplam 50 özellik ANOVA, MRMR, Ki-kare ve Kruskal Wallis algoritmaları kullanılarak etiket ile korelasyonlarına göre sıralanmıştır.

ANOVA (Varyans Analizi): Veri setinden önemsiz özellikleri kaldıran, en etkili ve zamandan tasarruf sağlayan özellik sıralama yöntemlerinden biridir (Sheikhan, Bejani and Gharavian 2013, Olaolu, Abdulsalam, Mope and Kazeem 2018). ANOVA, belirli bir örneklemden grup ortalamaları arasındaki varyasyonları analiz eden bir istatistiksel testtir. Bir veya daha fazla popülasyonun ortalamalarının eşit olup olmadığını değerlendirmek için kullanılır. Deneysel gözlemlerin belirgin değişikliklerinden bağımsızdır; herhangi bir sabitin eklenmesi veya çarpılması önemi değiştirmez. Bu nedenle ANOVA sonucu ölçme hatasından veya sabit hatadan bağımsızdır (Gad et al 2022). Doğrusal ayırıcı analiz ve destek vektör makinesi gibi çeşitli diğer boyut azaltma teknikleri için ön seçim algoritması olarak yaygın olarak kullanılır (Chadha, Zaveri and Sarvaiya 2016).

MRMR (Minimum Yedeklilik Maksimum Alakalılık): Giriş verilerinden türetilen özellik kümelerini analiz ederek en uygun özellikleri seçmek için kullanılan bir

filtreleme tekniğidir. İkili sınıflandırma görevleri için iyi çalışır. Algoritma, özelliklere bir sıralama atar ve bu sıralanmış özellikler arasında kendi yöntemini kullanarak ilişkiler kurmaya çalışır. Ayrıca bu ilişkileri, daha yüksek bir puanın daha güçlü bir ilişkiyi gösterdiği bir puanlama sistemiyle değerlendirir. Sonuç olarak, MRMR en az alakalı özellikleri kalıntılar olarak ve en alakalı özellikleri eşleşmeler olarak belirler. Özünde, özellikler arasındaki benzerlikleri belirlemeye odaklanır (Cıbuk et al 2019, Toğaçar, Ergen ve Cömert 2020).

Ki-Kare: Ki-kare, değişkenleri sıralamak ve özellik seçme sürecini desteklemek için makine öğreniminde yaygın olarak kullanılan, aynı adı taşıyan istatistik ve dağıtıma dayalı istatistiksel bir testtir. Ki-kare özellik seçimi, değişkenler arasındaki bağımsızlığı test etmekten oluşur ve sonuç değişkenine önemli ölçüde bağımlı olan özellikleri seçmeyi amaçlar (Pillai et al 2022). En çok kullanılan filtre tabanlı özellik seçimi yöntemlerinden biri olan ki-kare yöntemi gözlenen ve beklenen frekanslar arasındaki farkın anlamlı olup olmadığına dayanır. Yöntem, X(özellik) ve Y (hedef) arasında bir ilişki olup olmadığını test eder. Test sonucunda Y ile ilişkili olmadığı bulunan özellikler veri setinden çıkarılır. Hesaplanan özelliklere göre özellikler en büyükten en küçüğe doğru sıralandıktan sonra belirli sayıda özellik seçilmek istendiğinde iki katı değer girilerek en üst satırdan başlanarak istenilen özellik sayısı seçilir (Oğur et al 2023).

Kruskal Wallis: Filtre tabanlı özellik seçimi yöntemi kruskal wallis testi, geçersiz özellikleri kaldırmak için her bir özelliği değerlendiren bir gözetimli yöntemdir (Li et al 2020). Kruskal-Wallis, iki veya daha fazla sınıf arasındaki önemli özellikleri belirlemek için parametrik olmayan bir test dikkate alır (Di Lazzaro et al 2020). Bu test, tek yönlü ANOVA'nın parametrik olmayan versiyonudur (McKight and Najab 2010).

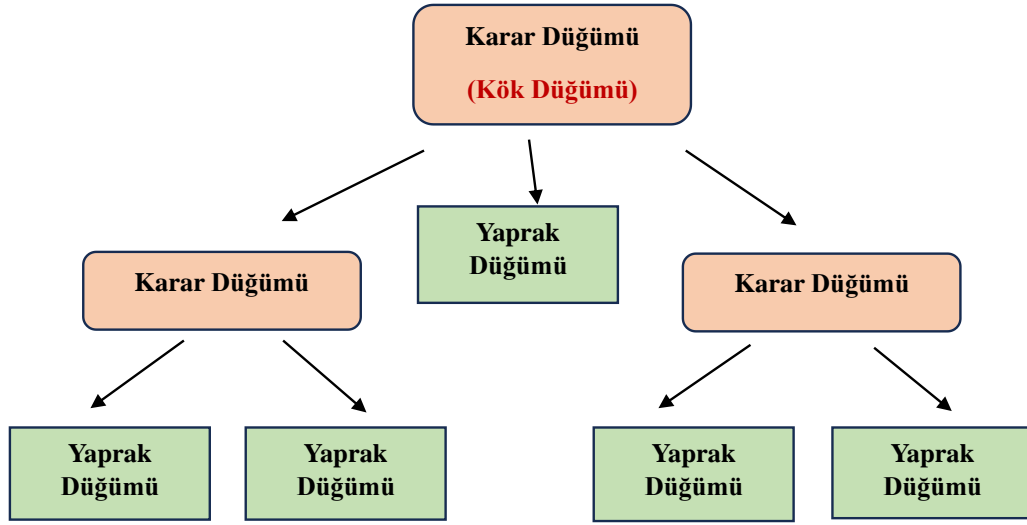
3.8.3. Özellik Sınıflandırma

Sınıflandırma, nesnelere önceden tanımlanmış birkaç kategoriden birine atayan, sınıfların özelliklerini analiz eden ve yeni bir nesneyi otomatik olarak sınıflandıran bir model oluşturma görevidir. Bir sınıflandırma modeli genellikle yeni bir etiketsiz veri nesnesi için sınıf etiketini tahmin etmek, her sınıftaki nesnelere hangi özelliklerin karakterize ettiğini açıklayan tanımlayıcı bir model sağlamak için kullanılır.

Sınıflandırma yöntemleri, karar ağacı, kural tabanlı, naif Bayes, sinir ağları ve destek vektör makineleri sınıflandırıcıları gibi çeşitli teknikleri içerir. Her teknik, iyi genelleme yeteneğine sahip modeller oluşturmak için farklı öğrenme algoritmaları kullanır. Diğer bir deyişle bu modeller daha önce bilinmeyen kayıtların sınıf etiketlerini doğru bir şekilde tahmin eden modellerdir. Genellikle, sınıflandırma modelinin oluşturulması, mevcut veri kümesini, sınıflandırıcının oluşturma aşamasında kullanılacak bir eğitim kümesine ve doğrulama için bir test kümesine bölerek gerçekleştirilir (Capozzoli, Cerquitelli and Piscitelli 2016, Wang, Zhen, Wang and Mi 2018). Sınıflandırma algoritmaları ile bir sınıf değeri açıklanabilir veya tahmin edilebilir. Birçok yapay zekâ uygulaması için sınıflandırma ayrılmaz bir parçadır. Sınıflandırma algoritmaları iki sınıfla sınırlı değildir ve nesnelere sınıflandırmak için çeşitli kategorilerde kullanılabilir (Ray and Chaudhuri 2021). Yaklaşılan problemler, bir hastalığın mevcut olup olmadığına bakmak gibi ikili olabilir veya farklı hastalıklar veya bir hastalığın farklı ilerleme aşamaları arasında ayırım yaparken birden fazla sınıfa ayrılabilir. Hedeflenen durumları sınıflandırmak için kullanılan yöntemler, eşik tabanlı algoritmalar kullanmak kadar basit olabilir veya gelişmiş makine öğrenme yöntemlerinin kullanımını gerektirebilir (Tăuțan, Ionescu and Santarnecchi 2021).

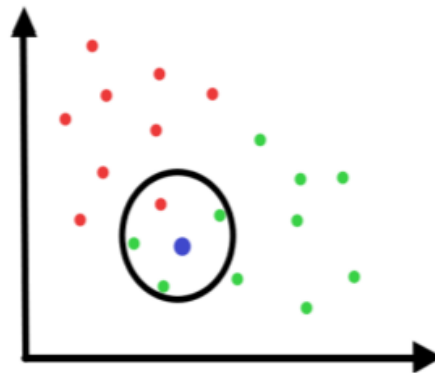
Özellik sıralama algoritmaları ile sıralanan özellikler karar ağacı (decision tree), k- en yakın komşu algoritması (KNN), olasılıksal yapay sinir ağları (PNN), destek vektör makineleri (SVM) ve topluluk öğrenmesi (Ensemble) yöntemleri ile sınıflandırılmıştır.

Karar ağacı (DT): Ağaç tabanlı algoritmalar en sık kullanılan algoritmalarından biridir. Sınıflandırma ve regresyon gibi birçok problemi çözmek için kullanılabilir. DT, veri sınıfına göre sınıfı bilinmeyen veri sınıfını belirlemek için kullanılan bir algoritmadır. DT'de, düğüm niteliği dal karar kurallarını ve yaprak sonucu temsil eder. Başlangıçtaki düğüme kök düğüm denir. Sınıflandırma işlemi yapraklarda gerçekleşir. Sonuçlar ağacın dallarında saklanır. Bir örneği sınıflandırırken, kök düğümden başlayarak ve düğümlerdeki niteliklere göre test edilerek ağaç dalında aşağı doğru ilerleyerek sınıflandırılır. Karar ağaçlarının yorumlanması önemli ölçüde kolaydır ve uygulanması basittir (İncir et al 2024, Vijithananda et al 2022). Şekil 2 örnek bir karar ağacı yapısını göstermektedir.



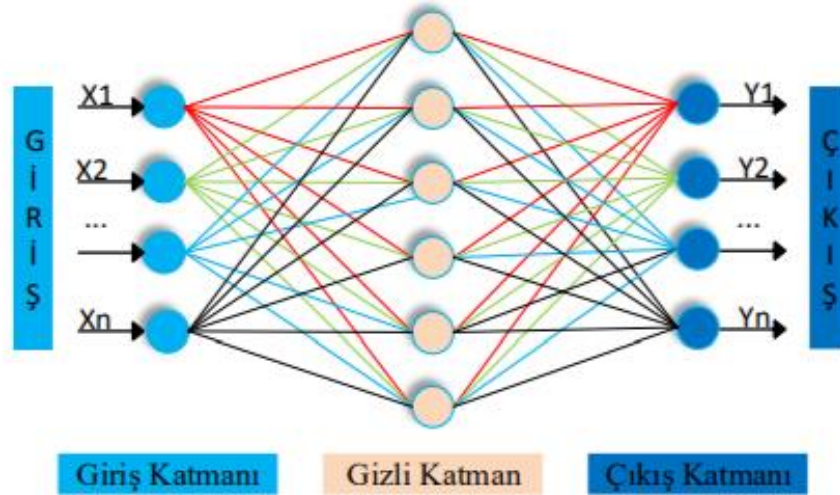
Şekil 2: Örnek bir karar ağacı yapısı

K-en yakın komşu algoritması (KNN): KNN algoritması, sınıflandırma ve regresyon problemlerinde sıklıkla kullanılan en basit makine öğrenme algoritmalarından biridir. Benzer yapıları birbirine en yakın tutmaya odaklanır. KNN algoritması, eğitim noktaları ile test edilecek veriler arasındaki mesafeye göre benzerliği bularak doğru sınıfı tahmin etmeye çalışır. K, komşu sayısıdır. Yeni verilerin sınıfını belirlerken en yakın K veriyi referans olarak çalışır (İncir vd. 2024). KNN, sınıflandırma süreci için yalnızca eğitim veri setini kullanan ve herhangi bir ekstra parametreye ihtiyaç duymayan parametresiz ve denetlenen ML algoritmaları arasındadır (Taunk, De, Verma and Swetapadma 2019, Wu, and Hicks 2021). Şekil 3 basit bir KNN yapısını göstermektedir (Taunk et al 2019).



Şekil 3: Basit bir KNN yapısı

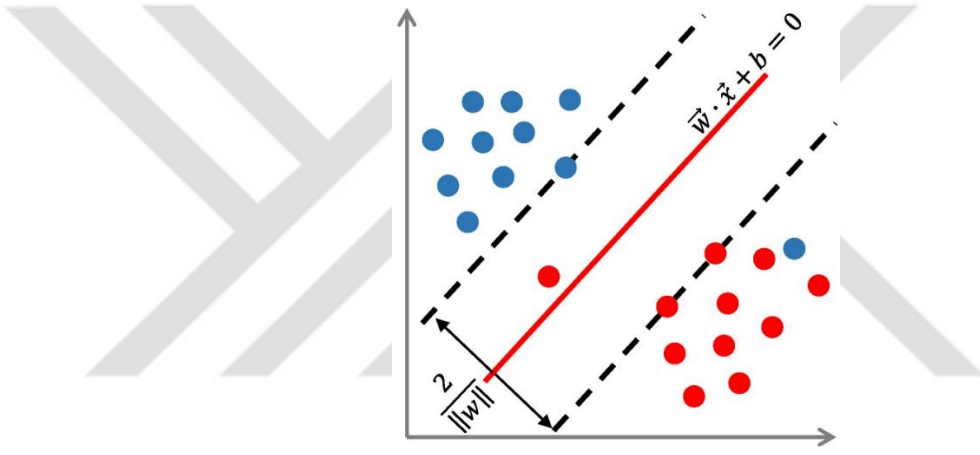
Olasılıksal yapay sinir ağları (PNN): Olasılıksal sinir ağları (PNN), karar verme ve sınıflandırmada üstünlük sağlayan denetlenen ileri beslemeli bir sinir ağıdır. Ağ, bilinen örneklerin bir koleksiyonu kullanılarak bilinen sınıflardan nesnelere eğitilir ve bundan sonra, eğitim setinde belirtilen kategorilere göre yeni nesnelere ayırt edebilir (Vicino 1998, Zeinali and Story 2017) PNN, dört katmandan oluşur. Giriş katmanı, gizli katman, toplama katmanı ve çıktı katmanı, PNN ağını oluşturan dört bileşendir. Giriş katmanı, bilgileri gizli katmana aktarmak ve eğitim örneklerinden değerler almak için kullanılır ve nöron sayısı, giriş değişkenlerinin sayısına eşittir. Gizli katman, her nöronun bir merkeze karşılık geldiği radyal bir taban katmanıdır ve giriş vektörü ile merkez arasındaki mesafe belirlenir. Sonunda bir skaler değer döndürülür. PNN'nin performansı, belirli uygulamaya göre yapılandırılması gereken gizli katman nöronlarının sayısı n tarafından etkilenecektir. Toplama katmanında, her biri bir sınıfa karşılık gelen M düğüm vardır. Karar verme süreci, toplama katmanının rekabetçi transfer fonksiyonu kullanılarak belirlenir. Bunun sonucunda çıktı katmanı karar sonucunu yalnızca 1 ve diğer tüm sonuçlar 0 olacak şekilde çıktı olarak verir. En yüksek olasılık değerine sahip olan sınıflandırmanın çıktı sonucu 1'dir (Liu, Yao, Zhang, Zhang and Zeng 2020, Lu et al 2021, Wang et al 2023). Şekil 4 yapay sinir ağının yapısını göstermektedir (Arı, Ayaz ve Hanbay 2019).



Şekil 4: Yapay sinir ağı yapısı

Destek vektör makineleri (SVM): Destek vektör makinesi (SVM), makine öğreniminde çok güçlü bir sınıflandırma modeli ve yaygın bir ayırıcı yöntemdir (Choi, Song and Lee 2018). SVM, regresyon ve sınıflandırma görevlerinde yaygın olarak

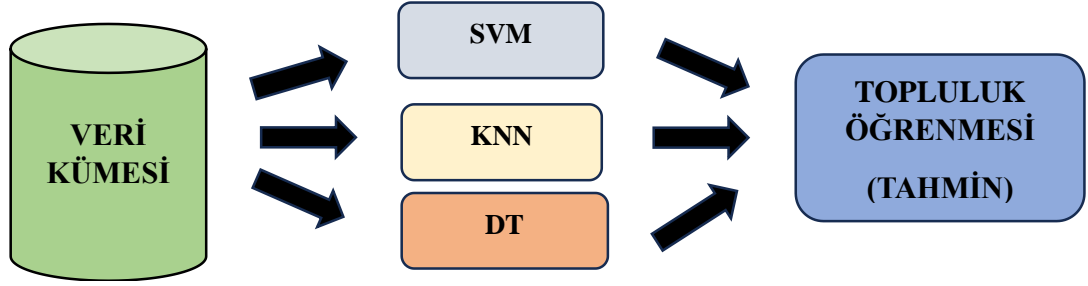
kullanılan bir makine öğrenmesi yöntemidir. İkili ve çoklu sınıflandırma işlemlerinde sıklıkla tercih edilen ve başarılı sınıflandırma yapabilen bir yöntemdir. Bu yöntem, verilerden çıkarılan özellikleri sanal bir koordinat düzlemine yerleştirir. Daha sonra veri setini iki sınıfa ayıran bir sınır bölgesi oluşturur. Bu bölgeye hiperdüzlem adı verilir. Maksimum sınır alanı optimizasyon yöntemi ile belirlenir. Son aşamada denklemler kullanılarak sınıflandırma olasılığı hesaplanır ve sınıflandırma SVM tarafından gerçekleştirilir (Agar et al 2024). SVM, diğer sınıflandırma tekniklerinin performansı ile rekabet eder ve birçok durumda sınıflandırma problemlerini çözmek için onlardan üstün olduğunu göstermiştir (Liang, Zhu and Huang 2017). Şekil 5'te destek vektör makinesi örneği verilmiştir (Liu, Mao and Kim 2019).



Şekil 5: Destek vektör makinesi örneği

Topluluk öğrenmesi (Ensemble): Karmaşık bir problemle karşı karşıya olduğumuzda, problemi tek bir modelle çözmek mümkün olmayabilir. Bu gibi durumlarda topluluk öğrenmesi kullanılabilir ve problem birkaç model kullanılarak çözülebilir. (Wang et al 2020). Oylama algoritması, birkaç temel model veya sınıflandırıcı geliştiren bir makine öğrenme sınıflandırıcısıdır. Sonuçlarını birleştirerek tahminlerde bulunur. Her sınıflandırıcı sonucu için oylama, toplama kriterleriyle bütünleştirilebilir (Almadhor et al 2022). Temeli, titiz bir sorunu çözmek için tek bir modele alternatif olarak birden fazla tekniği/modeli birleştirmeye dayanan topluluk öğrenmesinden kaynaklanmakta ve "iki beyin bir beyinden üstündür" sözüne dayanmaktadır. Bu yöntem, zayıf özellikleri bireysel olarak, ancak güçlü özellikleri grup olarak belirleyerek sınıflandırıcıların performansını iyileştirebilir. Bu, gereksiz özellikleri kaldırarak ve karar sınıfıyla yüksek korelasyona sahip özellikleri

belirleyerek başarılıdır (Osanaie et al 2016, Bania and Halder 2021). Şekil 6 topluluk öğrenme yapısını göstermektedir.



Şekil 6: Topluluk öğrenme yapısı



4. BULGULAR

Lipohipertrofi olan bireylerin yaş ortalaması $59,25 \pm 11,42$; LH olmayan bireylerin yaş ortalaması ise $55,86 \pm 11,82$ 'dir. Gruplar arasında yaş açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaktadır ($t = -2,299$; $p = 0,022$). LH olan bireylerin yaş ortalaması daha yüksektir (Tablo 2). Hasta yaşının LH varlığına göre farklı çıkması risk faktörü olabileceği düşünülse de yapılan ileri analizde (logistic regresyon) LH durumunu yaşın etkilemediği ortaya çıkmıştır (Tablo 4).

Lipohipertrofi olan bireylerin BKİ ortalaması $32,22 \pm 6,03$; LH olmayan bireylerin BKİ ortalaması ise $31,39 \pm 7,04$ 'tür. Gruplar arasında BKİ açısından anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($t = -1,007$; $p = 0,315$) (Tablo 2).

Kadınların %54,1'inde ($n=92$) LH varken, %45,9'unda ($n=78$) LH bulunmamaktadır. Erkeklerin ise %48,1'inde ($n=38$) LH varken, %51,9'unda ($n=41$) LH yoktur. LH olan ve olmayan gruplar arasında cinsiyet açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır ($\chi^2 = 0,782$; $p = 0,376$) (Tablo 2).

İlköğretim düzeyindeki bireylerin %51,9'unda ($n=83$) LH varken, %48,1'inde ($n=77$) LH yoktur. Ortaöğretim mezunlarının %56,0'ında ($n=14$) LH varken, %44,0'ında ($n=11$) LH yoktur. Lise mezunlarının %58,5'inde ($n=24$) LH varken, %41,5'inde ($n=17$) LH yoktur. Üniversite mezunlarının %33,3'ünde ($n=7$) LH varken, %66,7'sinde ($n=14$) LH yoktur. LH olan ve olmayan gruplar arasında eğitim durumu açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır ($\chi^2 = 5,639$ $p = 0,228$) (Tablo 2).

Sigara kullanmayan bireylerin %52,0'ında ($n=106$) LH varken, %48,0'ında ($n=98$) LH yoktur. Sigara kullanan bireylerin %53,3'ünde ($n=24$) LH varken, %46,7'sinde ($n=21$) LH yoktur. LH olan ve olmayan gruplar arasında sigara kullanımı açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır ($\chi^2 = 0,000$; $p = 0,998$) (Tablo 2).

Tablo 2: Gruplar ile sosyo-demografik verilerin incelenmesi

	Lipohipertrofi Varlığı				Total	test	p	
	Yok		Var					
Yaş	55,86±11,82		59,25±11,42			-2,299 ¹	0,022*	
BKİ	31,39±7,04		32,22±6,03			-1,007 ¹	0,315	
		n	%	n	%	n		
Cinsiyet	Kadın	78	45,9	92	54,1	170	0,782 ²	0,376
	Erkek	41	51,9	38	48,1	79		
	Total	119	47,8	130	52,2	249		
Eğitim Durumu	İlköğretim	77	48,1	83	51,9	160	5,639 ²	0,228
	Ortaöğretim	11	44,0	14	56,0	25		
	Lise	17	41,5	24	58,5	41		
	Üniversite	14	66,7	7	33,3	21		
	Lisansüstü	0,0	0,0	2	100	2		
	Total	119	47,8	130	52,2	249		
Sigara Kullanımı	Hayır	98	48,0	106	52,0	204	0,000 ²	0,998
	Evet	21	46,7	24	53,3	45		
	Total	119	47,8	130	52,2	249		

1:Bağımsız örneklem t testi, 2:Ki kare testi, *.p<0,05

Bu çalışmada, insülin kullanan 130 DM'li hastada toplam LH sayısı 234 olarak bulunmuştur. Kadranlara göre yapılan değerlendirmede, LH vakalarının en büyük kısmının 4. kadranda (n=94) ve 3. kadranda (n=84) yer aldığı, en az sayının ise 1. kadranda (n=20) bulunduğu görülmüştür. Evre olarak değerlendirildiğinde LH vakalarının çoğunluğunun 4. evre (n=140) olduğu, bunu sırasıyla 1.evre (n=46), 3.evre (n=36) ve 2.evre'nin (n=12) izlediği tespit edilmiştir. Genel olarak, LH vakalarının ağırlıklı olarak 3. ve 4. kadranda yoğunlaştığı ve ileri evre LH'lerin daha sık görüldüğü anlaşılmaktadır. LH'lerin elastikiyet açısından değerlendirilmesi renk kullanılarak yapılmaktadır. Elastikiyeti en az olandan en çok olana doğru renkler mavi (n=37), yeşil-mavi(n=83), yeşil(n=67), kırmızı-yeşil(n=1), kırmızı(n=0), şeklindedir. Sadece ekojenite artışında (nodül oluşmamış LH) ise renk oluşmamaktadır (ekojenite artışı, n=46).

Tip 1 DM hastalarının %55,0'ında (n=11), Tip 2 DM hastalarının %52,0'ında (n=119) LH varken, Tip 1 DM hastalarının %45,0'ında (n=9) Tip 2 DM'li bireylerin ise %48,0'ında (n=110) LH yoktur. LH olan ve olmayan gruplar arasında DM tipi açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır ($\chi^2=0,001$; p=0,978) (Tablo 3).

DM süresi 1-5 yıl olan bireylerin %37,9'unda (n=11) LH varken, %62,1'inde (n=18) LH yoktur. 5-10 yıl arasında DM süresine sahip bireylerin %34,9'unda (n=15) LH varken, %65,1'inde (n=28) LH yoktur. DM süresi 10 yıl ve üzeri olan bireylerin %58,8'inde (n=104) LH varken, %41,2'sinde (n=73) LH yoktur. LH olan ve olmayan

gruplar arasında DM süresi açısından anlamlı bir fark bulunmaktadır ($\chi^2=10,584$; $p=0,005$). LH olan grupta DM süresinin daha uzun olduğu görülmektedir (Tablo 3). Ancak yapılan regresyon analizinde DM süreleri açısından anlamlı fark yaratmadığı belirlenmiştir (Tablo 4).

Kronik komplikasyonu olmayan bireylerin %40,8'inde (n=31) LH varken, %59,2'sinde (n=45) LH yoktur. Kronik komplikasyonu olan bireylerin %57,2'sinde (n=99) LH varken, %42,8'inde (n=74) LH yoktur. LH olan ve olmayan gruplar arasında kronik komplikasyon varlığı açısından anlamlı bir fark bulunmaktadır ($\chi^2=5,717$; $p=0,017$). LH olan grupta kronik komplikasyon oranı daha yüksektir (Tablo 3).

Retinopatisi olmayan bireylerin %48,4'ünde (n=88) LH varken, %51,6'sında (n=94) LH yoktur. Retinopatisi olan bireylerin %62,7'sinde (n=42) LH varken, %37,3'ünde (n=25) LH yoktur. LH olan ve olmayan gruplar arasında retinopati varlığı açısından anlamlı bir fark bulunmaktadır ($\chi^2=4,033$; $p=0,045$). LH olan grupta retinopati oranı daha yüksektir (Tablo 3).

Nefropatisi olmayan bireylerin %51,4'ünde (n=111) LH varken, %48,6'sında (n=105) LH yoktur. Nefropatisi olan bireylerin %57,6'sında (n=19) LH varken, %42,4'ünde (n=14) LH yoktur. LH olan ve olmayan gruplar arasında nefropati açısından anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($\chi^2=0,226$; $p=0,634$) (Tablo 3).

Nöropatisi olan bireylerin %57,5'inde (n=69) LH varken, %42,5'inde (n=51) LH yoktur. LH olan ve olmayan gruplar arasında nöropati açısından anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($\chi^2=2,599$; $p=0,107$) (Tablo 3).

Koroner arter hastalığı (KAH) olanların %56,6'sında (n=30), olmayan bireylerin %51,0'ında (n=100) LH varken, KAH olanların %43,4'ünde (n=23) olmayanların ise %49,0'ında (n=96) LH yoktur. LH olan ve olmayan gruplar arasında koroner arter hastalığı açısından anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($\chi^2=0,521$; $p=0,470$) (Tablo 3).

Serebrovasküler hastalığı olan bireylerin %33,3'ünde (n=1) LH varken, %66,7'sinde (n=2) LH yoktur. LH olan ve olmayan gruplar arasında serebrovasküler hastalık açısından anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($p=0,607$) (Tablo 3).

Diyabetik ayağı olan bireylerin %60,0'ında (n=6) LH varken, %40,0'ında (n=4) LH yoktur. LH olan ve olmayan gruplar arasında diyabetik ayak açısından anlamlı bir fark bulunmamaktadır (p=0,751) (Tablo 3).

İnsülin kullanan bireylerin %63,4'ünde (n=130) LH varken, %36,6'sında (n=75) LH yoktur. LH olan ve olmayan gruplar arasında insülin kullanma durumu açısından anlamlı bir fark bulunmaktadır ($\chi^2=55,870$; p=0,000). İnsülin kullanma süresi 2 yıl ve altında olan bireylerin %53,3'ünde (n=32) LH varken, %46,7'sinde (n=28) LH yoktur. 3-9 yıl arasında insülin kullanan bireylerin %63,6'sında (n=42) LH varken, %36,4'ünde (n=24) LH yoktur. 10 yıl ve üzeri insülin kullanan bireylerin %70,9'unda (n=56) LH varken, %29,1'inde (n=23) LH yoktur. LH olan ve olmayan gruplar arasında insülin kullanma süresi açısından anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($\chi^2=4,531$; p=0,104) (Tablo 3).

İnsülin formu açısından yapılan incelemede, insülin kullanmayan bireylerin tamamında (%100, n=44) LH yoktur. Bazal insülin kullanan bireylerin %65,7'sinde (n=44) LH bulunurken, %34,3'ünde (n=23) LH yoktur. Mix insülin kullanan bireylerin %58,0'inde (n=29) LH mevcutken, %42,0'ında (n=21) LH yoktur. Bolus-bazal insülin kullanan bireylerde ise %64,8'inde (n=57) LH bulunurken, %35,2'sinde (n=31) LH yoktur. İnsülin formu açısından LH olan ve olmayan gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmuştur ($\chi^2=59,173$; p=0,000) (Tablo 3).

Günlük enjeksiyon sayısı açısından değerlendirildiğinde LH olmayan grupta günde 1 kere enjeksiyon yapan bireylerin oranı %34,8 (n=24) iken, LH olan grupta bu oran %65,2 (n=45) olarak bulunmuştur. Günde 2 kere enjeksiyon yapan bireylerde LH olmayan grupta oran %44,4 (n=20), LH olan grupta ise %55,6 (n=25) olarak belirlenmiştir. Günde 3 kere enjeksiyon yapan bireylerde LH olmayan grupta oran %23,8 (n=5), LH olan grupta ise %76,2 (n=16) bulunmuştur. Günde 4 kere enjeksiyon yapan bireylerde ise LH olmayan grupta oran %37,1 (n=26), LH olan grupta ise %62,9 (n=44) olarak tespit edilmiştir. LH olan ve olmayan gruplar arasında günlük enjeksiyon sayısı açısından anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($\chi^2=2,781$; p=0,427).

Kullanılan insülin iğnesinin uzunluğu açısından değerlendirildiğinde, 4 mm insülin iğnesi kullanan bireylerin %56,6'sında (n=73) LH varken, %43'ünde (n=56) LH yoktur. 5 mm iğne kullanan bireylerin %76,9'unda (n=30) LH varken, %23,1'inde

(n=9) LH yoktur. 6 mm ve üzeri iğne kullanan bireylerin %73,0'ında (n=27) LH varken, %27,0'ında (n=10) LH yoktur. LH olan ve olmayan gruplar arasında iğne uzunluğu açısından anlamlı bir fark bulunmaktadır ($\chi^2=7,115$; $p=0,029$). 5 ve 6 mm üzeri iğne kullanan bireylerde LH görülme oranı daha yüksektir (Tablo 3).

Tek bölgeye enjeksiyon yapan bireylerin %65,2'sinde (n=43) LH varken, %34,8'inde (n=23) LH yoktur. İki bölgeye enjeksiyon yapan bireylerin %59,2'sinde (n=42) LH varken, %40,8'inde (n=29) LH yoktur. Üç bölgeye enjeksiyon yapan bireylerin %66,2'sinde (n=45) LH varken, %33,8'inde (n=23) LH yoktur. LH olan ve olmayan gruplar arasında enjeksiyon yapılan vücut bölge sayısı açısından anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($\chi^2=0,865$; $p=0,649$) (Tablo 3).

İğnelerini yeniden kullanmayan bireylerin %62,5'inde (n=90) LH varken, %37,5'inde (n=54) LH yoktur. 4 kereden az yeniden kullanan bireylerin %70,2'sinde (n=33) LH varken, %29,8'inde (n=14) LH yoktur. 4 ve üzeri yeniden kullanan bireylerin %50,0'sinde (n=7) LH varken, %50,0'sinde (n=7) LH yoktur. LH olan ve olmayan gruplar arasında iğnelerin yeniden kullanım sıklığı açısından anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($\chi^2=2,035$; $p=0,361$) (Tablo 3).

Rotasyon yapmayan bireylerin %78,3'ünde (n=36) LH varken, %21,7'sinde (n=10) LH yoktur. Rotasyon yapan bireylerin %59,1'inde (n=94) LH varken, %40,9'unda (n=65) LH yoktur. LH olan ve olmayan gruplar arasında rotasyon yapma durumu açısından anlamlı bir fark bulunmaktadır ($\chi^2=4,840$; $p=0,028$). LH olan grupta rotasyon yapmayan bireylerin oranı daha yüksektir (Tablo 3).

Doğru rotasyon yapmayan bireylerin %94,1'inde (n=80) LH varken, %5,9'unda (n=5) LH yoktur. Doğru rotasyon yapan bireylerin %18,9'unda (n=14) LH varken, %81,1'inde (n=60) LH yoktur. LH olan ve olmayan gruplar arasında doğru rotasyon yapma açısından anlamlı bir fark bulunmaktadır ($\chi^2=89,476$; $p=0,000$). LH olmayan grupta doğru rotasyon yapma oranı anlamlı derecede daha yüksektir.

Renk (Elastikiyet) açısından yapılan incelemede, elastikiyeti olmayan bireylerin %84,4'ünde (n=248) LH yokken, %15,6'sında (n=46) LH bulunmaktadır. Kırmızı-Yeşil renk elastikiyeti olan bireylerin %100'ünde (n=1) LH mevcutken, Yeşil renk elastikiyeti olan bireylerin %100'ünde (n=67), Yeşil-Mavi renk elastikiyeti olan bireylerin %100'ünde (n=83) ve Mavi renk elastikiyeti olan bireylerin %100'ünde

(n=37) LH bulunmaktadır. Renk (elastikiyet) durumuna göre LH olan ve olmayan gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmuştur ($\chi^2=326,658$; $p=0,000$).

Sağ elini aktif kullanan bireylerin %63,5'inde (n=120) LH varken, %36,5'inde (n=69) LH yoktur. Sol elini aktif kullanan bireylerin %66,7'sinde (n=8) LH varken, %33,3'ünde (n=4) LH yoktur. Her iki elini kullanan bireylerin %50,0'ında (n=2) LH varken, %50,0'ında (n=2) LH yoktur. LH olan ve olmayan gruplar arasında aktif kullanılan el açısından anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($\chi^2=0,365$; $p=0,833$) (Tablo 3).

Lipohipertrofi olan bireylerin günlük insülin dozu ortalaması $46,63\pm 31,01$; LH olmayan bireylerin ortalaması ise $41,48\pm 27,50$ 'dir. Gruplar arasında günlük insülin dozu açısından anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($t= -1,232$; $p=0,220$) (Tablo 3).

Lipohipertrofi olan bireylerin HbA1c ortalaması $9,16\pm 1,86$; LH olmayan bireylerin ortalaması ise $8,65\pm 2,09$ 'dur. Gruplar arasında HbA1c açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaktadır ($t= -2,046$; $p=0,042$). LH olan bireylerde HbA1c düzeyi daha yüksektir (Tablo 3).

Lipohipertrofi olan bireylerin vücut sıcaklığı ortalaması $35,49\pm 0,99$; LH olmayan bireylerin ortalaması ise $35,57\pm 0,94$ 'tür. Gruplar arasında vücut sıcaklığı açısından anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($t= -0,645$; $p=0,520$) (Tablo 3).

Lipohipertrofi olan bireylerin vücut yağ oranı ortalaması $36,59\pm 8,22$; LH olmayan bireylerin ortalaması ise $34,00\pm 10,42$ 'dir. Gruplar arasında vücut yağ oranı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaktadır ($t= -2,021$; $p=0,045$). LH olan bireylerde vücut yağ oranı daha yüksektir (Tablo 3).

Lipohipertrofi olan bireylerin vücut yağ kütlesi ortalaması $30,15\pm 9,81$; LH olmayan bireylerin ortalaması ise $28,24\pm 12,66$ 'dir. Gruplar arasında vücut yağ kütlesi açısından anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($t= -1,236$; $p=0,218$) (Tablo 3).

Lipohipertrofi olan bireylerin deri kalınlığı ortalaması $2,63\pm 0,53$; LH olmayan bireylerin ortalaması ise $2,46\pm 0,41$ 'dir. Gruplar arasında deri kalınlığı açısından anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($t= -1,723$; $p=0,086$) (Tablo 3).

Lipohipertrofi olan bireylerin subkutan doku kalınlığı ortalaması $25,99\pm 12,23$; LH olmayan bireylerin ortalaması ise $21,23\pm 10,79$ 'dur. Gruplar arasında subkutan doku

kalınlığı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaktadır ($t= -4,529$; $p=0,000$). LH olan bireylerde subkutan doku kalınlığı daha fazladır (Tablo 3).

Lipohipertrofi olan bireylerin SpO₂ ortalaması 92,74±5,17; LH olmayan bireylerin ortalaması ise 90,03±5,13'tür. Gruplar arasında SpO₂ açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaktadır ($t=-5,741$; $p=0,000$). LH olan bireylerin SpO₂ düzeyi daha yüksektir (Tablo 3).

Lipohipertrofi varlığına göre deri direnci değerleri karşılaştırıldığında, LH olmayan bireylerin deri direnci ortalaması 9483,93±29459 LH olan bireylerin deri direnci ortalaması ise 6715,63±14791 olarak bulunmuştur. Bağımsız örneklem t-testi sonuçlarına göre, LH varlığına göre deri direnci ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($t=1,291$; $p=0,197$) (Tablo 3).

Tablo 3: Gruplar ile hastalığa ilişkin verilerin incelenmesi

		Lipohipertrofi Varlığı				Total	test	p
		Yok		Var				
		n	%	n	%			
DM Tipi	Tip 1 DM	9	45,0	11	55,0	20	0,001 ¹	0,978
	Tip 2 DM	110	48,0	119	52,0	229		
	Total	119	47,8	130	52,2	249		
DM Süresi	1-5 Yıl	18	62,1	11	37,9	29	10,584 ¹	0,005*
	5-10 Yıl	28	65,1	15	34,9	43		
	10 Yıl Üzeri	73	41,2	104	58,8	177		
	Total	119	47,8	130	52,2	249		
Kronik Komplikasyon Varlığı	Yok	45	59,2	31	40,8	76	5,717 ¹	0,017*
	Var	74	42,8	99	57,2	173		
	Total	119	47,8	130	52,2	249		
Retinopati	Yok	94	51,6	88	48,4	182	4,033 ¹	0,045*
	Var	25	37,3	42	62,7	67		
	Total	119	47,8	130	52,2	249		
Nefropati	Yok	105	48,6	111	51,4	216	0,226 ¹	0,634
	Var	14	42,4	19	57,6	33		
	Total	119	47,8	130	52,2	249		
Nöropati	Yok	68	52,7	61	47,3	129	2,599 ¹	0,107
	Var	51	42,5	69	57,5	120		
	Total	119	47,8	130	52,2	249		
Koroner Arter Hastalığı	Yok	96	49,0	100	51,0	196	0,521 ¹	0,470
	Var	23	43,4	30	56,6	53		
	Total	119	47,8	130	52,2	249		
Serebrovasküler Hastalık ***	Yok	117	47,6	129	52,4	246		0,607
	Var	2	66,7	1	33,3	3		
	Total	119	47,8	130	52,2	249		
Diyabetik Ayak***	Yok	115	48,1	124	51,9	239		0,751
	Var	4	40,0	6	60,0	10		
	Total	119	47,8	130	52,2	249		
İnsülin Kullanma Durumu	Hayır	44	100	0	0,0	44	55,870 ¹	0,000*
	Evet	75	36,6	130	63,4	205		
	Total	119	47,8	130	52,2	249		
İnsülin Kullanma Yılı	2 Yıl Ve Altı	28	46,7	32	53,3	60	4,531 ¹	0,104
	3-9 Yıl	24	36,4	42	63,6	66		

	10 Yıl ve Üzeri	23	29,1	56	70,9	79		
	Total	75	36,6	130	63,4	205		
İnsülin formu	Kullanmıyor	44	100	0,00	0,00	44	59,173 ¹	0,000*
	Bazal	23	34,3	44	65,7	67		
	Mix	21	42,0	29	58,0	50		
	Bolus+bazal	31	35,2	57	64,8	88		
	Total	119	47,8	130	52,2	249		
Günlük Enjeksiyon Sayısı	1 kere	24	34,8	45	65,2	69	2,781 ¹	0,427
	2 kere	20	44,4	25	55,6	45		
	3 kere	5	23,8	16	76,2	21		
	4 kere	26	37,1	44	62,9	70		
	Total	75	36,3	130	63,7	205		
İnsülin İğnesinin Uzunluğu	4 mm	56	43,4	73	56,6	129	7,115 ¹	0,029*
	5 mm	9	23,1	30	76,9	39		
	6 mm Ve Üzeri	10	27,0	27	73,0	37		
	Total	75	36,3	130	63,7	205		
Enjeksiyon Yapılan Vücut Bölge Sayısı	Tek Bölge	23	34,8	43	65,2	66	0,865 ¹	0,649
	İki Bölge	29	40,8	42	59,2	71		
	Üç Bölge	23	33,8	45	66,2	68		
	Total	75	36,6	130	63,7	205		
İğnelerin Yeniden Kullanım Sıklığı	Yok	54	37,5	90	62,5	144	2,074 ¹	0,355
	4 Kereden Az	14	29,8	33	70,2	47		
	4 ve Üzeri	7	50,0	7	50,0	14		
Rotasyon Yapma	Total	75	36,6	130	63,4	205	4,840 ¹	0,028*
	Hayır	10	21,7	36	78,3	46		
	Evet	65	40,9	94	59,1	159		
Doğru Rotasyon Yapma	Total	65	40,9	94	59,1	159	89,476 ¹	0,000*
	Hayır	5	5,9	80	94,1	85		
	Evet	60	81,1	14	18,9	74		
Renk (Elastikiyet)	Yok	248	84,4	46	15,6	294	326,658 ¹	0,000*
	Kırmızı-Yeşil	0	0	1	100	1		
	Yeşil	0	0	67	100	67		
	Yeşil-Mavi	0	0	83	100	83		
	Mavi	0	0	37	100	37		
	Total	248	51,5	234	48,5	482		
Aktif Kullanılan El	Sağ	69	36,5	120	63,5	189	0,365 ¹	0,833
	Sol	4	33,3	8	66,7	12		
	Her İki El	2	50,0	2	50,0	4		
	Total	75	36,6	130	63,4	205		
Günlük İnsülin Dozu		41,48±27,50		46,63±31,01			-1,232 ²	0,220
HbA1c		8,65±2,09		9,16±1,86			-2,046 ²	0,042*
Vücut Sıcaklığı		35,57±0,94		35,49±0,99			0,645 ²	0,520
Vücuttaki Yağ Oranı		34,00±10,42		36,59±8,22			-2,021 ²	0,045*
Vücuttaki Yağ Kütlesi		28,24±12,67		30,15±9,81			-1,236 ²	0,218
Deri Kalınlığı		2,46±0,41		2,63±0,53			-1,723 ²	0,086
Subkutan Doku Kalınlığı		21,23±10,79		25,99±12,23			-4,529 ²	0,000*
SpO2		90,03±5,13		92,74±5,17			-5,741 ²	0,000*
BIOZ		9483,93 ± 2945		6715,62±1479			1,310 ²	0,191

1: Ki kare testi, 2: Bağımsız örneklem t testi, *:p<0,05, BIOZ: Biyoempedans ***: Katılımcı sayısı düşük olması nedeni ile test değeri verilememiştir.

Lipohipertrofi varlığını etkileyen faktörleri belirlemek üzere ikili karşılaştırmalarda

anlamli fark olan bagimsiz degiskenler uzerinden Logistic regresyon analizi yapilmistir (Tablo 4). LH varligini etkileyen faktörleri belirlemek amaciyla yapilan logistic regresyon analizi, bagimli degiskenin bagimsiz degiskenlerle iliskisini incelemiştir. Calismada toplam 205 katilimcinin verileri degerlendirilmis, eksik degerler nedeniyle analiz 171 katilimci (%83,4) uzerinden gercekleştirilmiştir. Bagimli degisken "0" ve "yok" seklinde kodlanmiştir. Omnibus testi sonucunda modelin genel anlamda bagimsiz degiskenlerin bagimli degisken uzerindeki etkisinin anlamli olduğu görülmüştür ($p < 0,05$). Cox & Snell R^2 degeri 0,181, Nagelkerke R^2 degeri ise 0,248 olarak bulunmuş ve modelin bagimli degiskenin varyansını %18-25 oranında açıkladığı belirlenmiştir (Tablo 4).

Analiz sonucunda anlamli bulunan degiskenlerden biri insülin iğnesinin uzunludur. İğne uzunluğu 5 mm olan bireylerde LH riskinin, referans grup olan 4 mm iğne kullanan bireylere göre yaklaşık 2,75 kat arttığı görülmüştür ($p=0,037$, OR=2,745, %95 CI: 1,065-7,076). Bir diğer anlamli degisken rotasyon yapma durumu olup, rotasyon yapmayan bireylerde LH riskinin anlamli derecede daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p=0,014$, OR=0,254, %95 CI: 0,085-0,759). Ayrıca vücuttaki yağ oranındaki her birimlik artışın LH riskini artırdığı belirlenmiştir ($p=0,001$, OR=1,071, %95 CI: 1,029-1,115) (Tablo 4).

Diğer degiskenlerden hasta yaşı ($p=0,871$), diyabet süresi (1-5 yıl: $p=0,629$; 5-10 yıl: $p=0,411$), kronik komplikasyon varlığı ($p=0,326$), insülin formu (Mix: $p=0,891$; Bolus+bazal: $p=0,505$), 6 mm ve üzeri iğne uzunluğu ($p=0,244$) ve glikolize hemoglobin ($p=0,144$) degiskenlerinin LH riskine anlamli bir etkisi bulunmamıştır (Tablo 4).

Bu sonuçlar, LH riskini azaltmak için özellikle insülin enjeksiyonlarında rotasyon yapma alışkanlığının artırılması, insülin iğnesi seçiminde dikkatli olunması ve bireylerin vücut yağ oranının kontrol altında tutulması gerektiğini göstermektedir (Tablo 4).

Tablo 4: Lipohipertrofi varlığını etkileyen faktörler

	B	S. Hata	p	OR	%95Güven Aralığı	
					Alt	Üst
Hasta yaşı	-,003	,019	,871	,997	,961	1,034
Dm Süresi (Ref=10 Yıl Üzeri)						
1-5 yıl	,345	,714	,629	1,412	,349	5,717
5-10 yıl	-,462	,562	,411	,630	,209	1,896
Kronik komplikasyon varlığı(Referans=Yok)	,440	,448	,326	1,552	,646	3,732
İnsülin formu (Referans=Bazal)						
Mix	,067	,488	,891	1,069	,411	2,781
Bolus+bazal	,297	,445	,505	1,346	,562	3,222
İnsülin İğnesinin Uzunluğu (Referans=4 mm)						
5 mm	1,010	,483	,037	2,745	1,065	7,076
6 mm ve üzeri	,564	,484	,244	1,759	,681	4,541
Rotasyon yapma durumu(Referans=Hayır)	-1,372	,559	,014	,254	,085	,759
Glikolize hemoglobin	-,150	,102	,144	,861	,705	1,052
Vücuttaki yağ oranı	,069	,021	,001	1,071	1,029	1,115
Sabit	-,259	1,583	,870	,772		
Omnibus Testi p<0,05; Cox & Snell R²=0,181; Nagelkerke R²=0,248						

Karar destek sistemine ilişkin sonuçlar MATLAB Programı ile değerlendirilmiş ve elde edilen bulgular Tablo 5, Tablo 6 ve Tablo 7’de verilmiştir.

Özellik çıkarma yöntemiyle PPG’den elde edilen 25 özellik (tabloda sıralanan ilk 25 özellik) ile toplam sayısı 53’e ulaşan özellikler dört ayrı özellik sıralama algoritmasına göre sıralanmıştır. Bazı özelliklerin (ör. insülin kullanımı, sertlik, doğru rotasyon) birden fazla yöntemle öncelikli seçildiği gözlemlenmiştir. Bu durum, özelliklerin veri setinde güçlü belirleyiciler olduğunu göstermektedir. Her yöntem farklı özellikleri ön plana çıkararak veri analizinde çeşitlilik oluşturmuştur. Özellik sıralama algoritmalarına göre sonuçlar Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5: Farklı özellik seçme algoritmalarına göre özellik sıralama sonuçları

SIRA NO	ANOVA	MRMR	KRUSKAL WALLİS	Kİ- KARE
1.	İnsülin kullanımı	Elastikiyet (Sertlik)	İnsülin kullanımı	Elastikiyet (Sertlik)
2.	Doğru rotasyon	Rotasyon	SpO ₂	İnsülin kullanımı
3.	Subkutan doku kalınlığı	İnsülin kullanım süresi	Doğru rotasyon	SpO ₂
4.	İğne uzunluğu	SpO ₂	Subkutan doku kalınlığı	Doğru rotasyon
5.	Hijort hareketlilik katsayısı	Doğru rotasyon	%5 ortalama teager enerjisi	%5 ortalama teager enerjisi
6.	Hijort karmaşıklık katsayısı	İnsülin kullanımı	Hijort karmaşıklık katsayısı	İnsülin formu
7.	Maximum	Hijort karmaşıklık katsayısı	Ortalama eğri uzunluğu	Ortalama eğri uzunluğu
8.	DM süresi	BIOZ	İğne uzunluğu	Enjeksiyon sayısı
9.	Rotasyon	%5 ortalama teager enerjisi	Merkezi moment	Subkutan doku kalınlığı
10.	%50 Kırılmış Ortalama	İğne uzunluğu	Hijort Hareketlilik Katsayısı	İğne uzunluğu
11.	%25 Kırılmış Ortalama	Komplikasyon	DM süresi	Dm süresi
12.	Mutlak sapma	İğnenin tekrar kullanım sıklığı	Basıklık	Vücut bölge sayısı
13.	Medyan	Subkutan doku kalınlığı	Standart sapma	İnsülin kullanım süresi
14.	Kare ortalamalarının karekökü	DM süresi	Standart hata	Rotasyon
15.	Ortalama	Günlük toplam insülin dozu	Hijort Aktivite Katsayısı	Çarpıklık
16.	Geometrik ort.	Ortalama eğri uzunluğu	Maximum	Çeyrekler arası genişlik
17.	Harmonik ort.	HbA1c	Rotasyon	BIOZ
18.	Çeyrekler arası genişlik	Deri kalınlığı	Mutlak sapma	Hijort karmaşıklık katsayısı
19.	Ortalama enerji	Vücuttaki yağ kütlesi	İnsülin kullanım süresi	Merkezi moment
20.	İnsülin kullanım süresi	Merkezi moment	Elastikiyet (Sertlik)	Basıklık
21.	Standart sapma	Vücut bölge sayısı	Çeyrekler arası genişlik	Komplikasyon
22.	Standart hata	Aktif kullanılan el	%50 kırılmış ortalama	Hijort aktivite katsayısı
23.	Sertlik	Dm tipi	%25 kırılmış ortalama	Standart hata
24.	İğne kullanım sıklığı	Cinsiyet	İğne kullanım sıklığı	Standart sapma

25.	Minimum	Yağ oranı	Kare ortalamalarının karekökü	HbA1c
26.	Komplikasyon	Enjeksiyon sayısı	Ortalama enerji	Mutlak sapma
27.	Yaş	Vücut sıcaklığı	Ortalama	İğne kullanım sıklığı
28.	Deri kalınlığı	Eğitim	Medyan	Hijort Hareketlilik Katsayısı
29.	SpO ₂	Yaş	Geometrik ort.	İnsülin formu
30.	Şekil Faktör	Sigara	Harmonik ort.	Deri kalınlığı
31.	Yağ Oranı	BKİ	Yaş	Tekil Değer Ayırışım
32.	HbA1c	Ortalama	BIOZ	Aktif El
33.	Tekil değer ayırışım	Çarpıklık	Komplikasyon	%25 kırılmış ortalama
34.	Hijort aktivite katsayısı	İnsülin formu	Değişim katsayısı	Geometrik ort.
35.	BIOZ	Şekil faktör	HbA1c	DM tipi
36.	Aktif kullanılan el	Basıklık	Şekil faktör	Harmonik ort.
37.	Vücuttaki yağ kütlesi	Çeyrekler arası genişlik	Minimum	Medyan
38.	Enjeksiyon sayısı	Hijort hareketlilik katsayısı	Yağ kütlesi	%50 kırılmış ortalama
39.	Değişim katsayısı	%25 kırılmış ortalama	Yağ oranı	Yağ kütlesi
40.	Basıklık	Değişim katsayısı	Deri kalınlığı	Şekil faktör
41.	Günlük toplam insülin dozu	Hijort aktivite katsayısı	Aktif el	Ortalama
42.	BKİ	Tekil değer ayırışımı	BKİ	Ortalama enerji
43.	Çarpıklık	Minimum	Çarpıklık	Kare ortalamalarının karekökü
44.	%5 Ortalama Teager Enerjisi	Geometrik ort.	Günlük toplam insülin dozu	Maximum
45.	Cinsiyet	Mutlak sapma	Tekil değer ayırışımı	Cinsiyet
46.	Merkezi moment	Standart sapma	Cinsiyet	Yağ oranı
47.	Ortalama eğri uzunluğu	Kare ortalamalarının karekökü	Enjeksiyon sayısı	BKİ
48.	İnsülin formu	Standart hata	İnsülin formu	Minimum
49.	Sigara	Ortalama enerji	Eğitim	Sigara
50.	Eğitim	Maximum	Sigara	Yaş
51.	DM tipi	Medyan	DM tipi	Değişim katsayısı
52.	Vücut bölge sayısı	Harmonik ort.	Vücut sıcaklığı	Eğitim
53.	Vücut sıcaklığı	%50 kırılmış ortalama	Vücut bölge sayısı	Vücut sıcaklığı

Özellik sıralama aşamasının ardından önceliklerine göre sıralanan özellikler beş farklı özellik sınıflandırma algoritması ile sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma ultrason ile elde

edilen özelliklerin dahil edildiği (53 özellik; Tablo 6) ve ultrason ölçümüyle elde edilen hiçbir özelliğin dahil edilmediği (50 özellik; Tablo 7) iki duruma göre yapılmış; test sonuçları ayrı tablolarda verilmiştir.

Sonuçlara göre ANOVA, MRMR, Kruskal Wallis ve Ki-kare algoritmalarıyla seçilen özelliklerin sınıflandırma doğruluğu değişiklik göstermiştir. Her algoritma, farklı özellik kombinasyonlarında en iyi sınıflandırıcıları belirlemiştir. Özellikler ultrason verilerinin de dahil edildiği 53-40-30-24-18-12-6 özellik seçerek sınıflandırılmış; en yüksek doğruluk oranı MRMR özellik sıralama algoritması ile 18 özelliğin seçildiği ensemble sınıflandırıcısı ile % 80 oranında elde edilmiştir. Ancak bu orana en yakın oran ise 6 özelliğin seçildiği ki-kare özellik seçme algoritması ve PNN, SVM ve ensemble sınıflandırıcıları kullanılarak %78,6 olarak elde edilmiştir (Tablo 6).

Tablo 6: Ultrason verilerinin dahil edildiği özellik sınıflandırma algoritma sonuçları

	ANOVA	MRMR	KRUSKAL WALLİS	Kİ-KARE
	1. KNN/Cubic: % 74,5	1. SVM/Medium G.: %77,2	1. KNN/Medium: % 77,9	1. Neural Network/Narrow: %78,6
	2. SVM/Linear: %74,5	2. Ensemble/Bagged T.: % 76,6	2. SVM/Medium G.: %75,2	2. SVM/Fine Gaussian: %78,6
6	3. Ensemble/Bagged T.: % 73,1	3. Tree/Coarse: % 76,6	3. Neural Network/Narrow: % 73,1	3. Ensemble/Subspace KNN: % 78,6
	4. Tree/Coarse: % 71,0	4. Neural Network/Wide: % 76,6	4. Ensemble/Boosted T.: % 72,4	4. KNN/Weighted: % 77,2
	5. Neural Network/Narrow: % 69,7	5. KNN/Fine: % 75,9	5. Tree/Coarse: % 66,9	5. Tree/Fine: % :77,2
	1. SVM/Coarse G.: %77,2	1. Ensemble/Subspace KNN: % 77,9	1. Neural Network/Narrow: % 75,2	1. Ensemble/Boosted T: % 77,2
	2. Ensemble/Subspace D.: % 74,5	2. Tree/Coarse: % 76,6	2. SVM/Linear : %75,2	2. Tree/Coarse: % :76,6
12	3. KNN/Cosine: % 73,1	3. SVM/Quadratic: %75,9	3. KNN/Cosine: % 74,5	3. SVM/Medium G.: %76,6
	4. Tree/Coarse: % 71,0	4. KNN/Weighted: % 75,9	4. Ensemble/Subspace D.: % 72,4	4. Neural Network/Narrow: %76,6
	5. Neural Network/Wide: %71,0	5. Neural Network/Wide: % 74,5	5. Tree/Medium T.: % 65,5	5. KNN/Cubic: % 74,5
	1. Neural Network/Medium: %77,2	1. Ensemble/ Bagged T.: % 80,0	1. SVM/Medium G.: %75,2	1. Ensembe/RUSBoosted T.: % 78,6
	2. SVM/Medium G.: %76,6	2. Tree/Coarse: % 76,6	2. KNN/Cosine: % 74,5	2. KNN/Weighted: % 78,6
18	3. KNN/Medium: % 75,2	3. SVM/Medium G.: %75,9	3. Ensemble/Bagged T.: % 73,1	3. Neural Network/Medium: %77,2
	4. Ensemble/Subspace D.: % 74,5	4. KNN/Cosine KNN % 74,5	4. Neural Network/Bilayered: % 72,4	4. SVM/Quadratic: %76,6
	5. Tree/Coarse: % 71,0	5. Neural Network/Wide: % 72,4	5. Tree/Medium T.: % 64,8	5. Tree/Coarse: % 76,6

Tablo 6: Ultrason verilerinin dahil edildiği özellik sınıflandırma algoritma sonuçları
(devam)

24	1. SVM/Medium G.: %77,9	24	1. Ensemble/ Bagged T.: % 78,6	24	1. Ensemble/ Subspace D.: % 77,2	24	1. SVM/Medium G.: %77,9
	2. KNN/Medium: % 75,2		2. SVM/Medium G.: %77,9		2. SVM/Medium G.: %76,6		2. KNN/Weighted: % 77,2
	3. Ensemble/Bagged T.: % 73,8		3. Tree/Coarse: % 76,6		3. Tree/Coarse: % 76,6		3. Tree/Coarse: % 76,6
	4. Neural Network/Medium: %73,1		4. KNN/Weighted: % 76,6		4. KNN/Medium: % 75,2		4. Ensemble/RUSBoosted T.: % 75,9
	5. Tree/Medium: % 59,3		5. Neural Network/Wide: 74,5		5. Neural Network/Narrow: 73,1		5. Neural Network/Narrow: %73,8
30	1. SVM/Medium G.: %77,2	30	1. SVM/Medium G.: %78,6	30	1. SVM/ Medium G.: %76,6	30	1. Ensemble/Subspace KNN: % 75,9
	2. Neural Network/Bilayered: %76,6		2. Ensemble/ RUSBoosted T.: % 76,6		2. Tree/Coarse: % 76,6		2. Tree/Coarse: % 76,6
	3. Tree/Coarse: % 76,6		3. Tree/Coarse.: % 76,6		3. Neural Network/Trilayered: %75,9		3. SVM/Medium G.: %78,6
	4. Ensemble/Subspace D.: % 74,5		4. KNN/Cubic: % 73,1		4. Ensemble/Subspace KNN: % 75,2		4. KNN/Cosine: % 74,5
	5. KNN/Cosine: % 71,0		5. Neural Network/Medium: 73,1		5. KNN/Medium: % 74,5		5. Neural Network/Wide: 73,8
40	1. Neural Network/Wide: % 81,4	40	1. SVM/Quadratic: %77,9	40	1. SVM/ Medium G.: %78,6	40	1. SVM/Quadratic: %78,6
	2. Tree/Coarse: % 76,6		2. Tree/Coarse: % 76,6		2. Ensemble/Subspace KNN: % 77,2		2. KNN/Cosine: % 77,2
	3. SVM/Medium G.: %75,9		3. Ensemble/ Subspace D.: % 75,9		3. Tree/Coarse: % 76,6		3. Tree/Coarse: % 76,6
	4. KNN/Medium: % 75,9		4. Neural Network/Wide: %75,9		4. Neural Network/Wide: %76,6		4. Ensemble/Subspace KNN: % 76,6
	5. Ensemble/Subspace KNN.: % 74,5		5. KNN/Weighted: % 75,9		5. KNN/Cubic: % 74,5		5. Neural Network/Medium: %75,9
53	1. SVM/Quadratic: %78,6	53	1. SVM/Quadratic: %78,6	53	1. SVM/Quadratic: %78,6	53	1. SVM/Quadratic: %78,6
	2. KNN/Cosine: % 76,6		2. KNN/Cosine: % 76,6		2. KNN/Cosine: % 76,6		2. KNN/Cosine: % 76,6
	3. Tree/Coarse: % 76,6		3. Tree/Coarse: % 76,6		3. Tree/Coarse: % 76,6		3. Tree/Coarse: % 76,6
	4. Ensemble/Subspace KNN: % 75,2		4. Ensemble/Subspace KNN: % 75,2		4. Ensemble/Subspace KNN: % 75,2		4. Ensemble/Subspace KNN: % 75,2
	5. Neural Network/Wide: %72,4		5. Neural Network/Wide: %72,4		5. Neural Network/Wide: %72,4		5. Neural Network/Wide: %72,4

Ultrason verilerinin dahil edilmediği özelliklere (50 özellik) aynı özellik sıralama ve sınıflandırma algoritmaları uygulanmıştır. Özellik seçme uygulamasının ardından yapılan özellik sıralamada yukarıda verilen sıralamanın değişmediği sadece ultrason ile elde edilen özelliklerin (deri kalınlığı, subkutan doku kalınlığı, elastikiyet) sıralamadan çıktığı görülmüştür. Bu sebeple özellik sıralama tablosu tekrar verilmemiştir. Sınıflandırma sonuçlarının yer aldığı tabloya göre ki-kare algoritması ile seçilen 18 özellik Ensemble /Boosted Trees, %79,3 doğruluk oranı ile tüm sınıflandırmalar arasında en iyi performansı göstermiştir. Genel olarak, Ensemble tabanlı yöntemler ve SVM /Medium Gaussian sınıflandırıcıları farklı özellik sayıları

ve algoritmalar arasında yüksek doğruluk oranlarıyla öne çıkmıştır. Altı özellik ile yapılan sınıflandırma sonuçlarında üç farklı özellik sıralama algoritması ile çalışan Tree, SVM ve Ensemble sınıflandırıcıları ile % 75,9 doğruluk oranı elde edilirken; MRMR yöntemi ile çalışan KNN sınıflandırıcısı ile % 78,6 oranında doğruluğa ulaşılmıştır (Tablo 7).

Tablo 7: Ultrason verilerinin dahil edilmediği
LH tespitinde özellik sınıflandırma algoritma sonuçları

ANOVA		MRMR		KRUSKAL WALLİS		Kİ-KARE	
1.	Tree/Coarse: % 75,9	1.	KNN/Medium: % 78,6	1.	SVM/Medium G.: %75,9	1.	Ensemble/Bagged T.: % 75,9
2.	Ensemble/Subspace D.: % 75,2	2.	Tree/Fine: % 76,6	2.	KNN/Weighted: % 74,5	2.	SVM/Medium G.: %75,2
3.	KNN/Cosine: % 74,5	3.	SVM/Medium G.: %75,9	3.	Neural Network/Medium: % 74,5	3.	KNN/Medium: % 73,8
6	4. SVM/Linear: %74,5	6	4. Ensemble/RUSBoosted T.: % 75,2	6	4. Ensemble/Subspace D.: % 73,8	6	4. Neural Network/Narrow: %72,4
5.	Neural Network/Medium: %68,3	5.	Neural Network/Bilayered: %75,2	5.	Tree/Medium: % 68,3	5.	Tree/Medium: % 69,7
1.	Ensemble/Subspace D.: % 77,2	1.	SVM/Linear: %64,7	1.	SVM/Medium G.: %76,6	1.	SVM/Medium G.: %76,6
2.	Tree/Coarse: % 75,9	2.	KNN/Cosine: % 63,7	2.	Ensemble/Subspace D.: % 75,2	2.	Ensemble/Bagged T.: % 75,2
3.	SVM/Coarse G.: %74,5	3.	Ensemble/Bagged: % 63,5	3.	KNN/Cosine: % 72,4	3.	KNN/Cosine: % 74,5
12	4. Neural Network/Narrow: %74,5	12	4. Neural Network/Trilayered: % 61,7	12	4. Neural Network/Bilayered: %69,7	12	4. Neural Network/Trilayered: %70,3
5.	KNN/Cosine: % 70,3	5.	Tree/Medium: % 60,2	5.	Tree/Medium T.: % 66,9	5.	Tree/Medium: % 69,7
1.	Ensemble/Subspace D.: % 75,9	1.	SVM/Quadratic: %75,9	1.	SVM/Medium G.: %75,2	1.	Ensemble/Boosted T.: % 79,3
2.	SVM/Quadratic: %75,2	2.	KNN/Weighted % 75,9	2.	Ensemble/Boosted T.: % 74,5	2.	SVM/Medium G.: %75,9
3.	Tree/Medium: % 74,5	3.	Ensemble/Subspace D.: % 73,8	3.	KNN/Cosine: % 73,1	3.	KNN/Weighted: % 75,2
18	4. Neural Network/Wide: %73,8	18	4. Neural Network/Medium: % 73,8	18	4. Neural Network/Wide: %71,0	18	4. Neural Network/Bilayered: %73,1
5.	KNN/Medium: % 71,7	5.	Tree/Medium: % 72,4	5.	Tree/Medium T.: % 67,6	5.	Tree/Medium: % 70,3

5. TARTIŞMA

Klinik karar destek sistemleri, klinik karar verme süreçlerinde sağlık profesyonellerine yardımcı olarak hem uygulayıcı performansını hem de hasta sonuçlarını iyileştiren bilgisayar tabanlı uygulamalardır (Çiriş et al 2020). Hemşirelerin ve diğer sağlık profesyonellerinin hızlı ve doğru karar alması (Sutton et al 2020) güncel ve kanıta dayalı bilgiler ışığında bakım kalitesini artırması, dolayısıyla hata yapma oranlarının azaltılması ve standart bakımın sağlanması gibi birçok konuda avantaj sağlamaktadır. Bu sistemler aynı zamanda sağlık profesyonellerinin kendilerine olan özgüvenlerini artırmakta ve uzun dönemde maliyeti azaltarak ekonomik sürdürülebilirliğe katkıda bulunmaktadır. LH tespiti için kullanılan inspeksiyon ve palpasyon yöntemlerinin yetersizliği ve altın standart olarak belirlenen ultrason yönteminin maliyetli ve zaman kaybına neden olması sebebiyle klinikte tercih edilmemesi klinik karar destek sisteminin gerekliliğini ortaya koymuştur. Bu çalışma ultrasonun sadece bir kontrol yöntemi olarak kullanılıp LH tespitinin yapay zekâ tarafından yapıldığı hemşirelik alanındaki ilk çalışmadır. Ayrıca LH tespiti için daha önce hiçbir çalışmada kullanılmayan (SpO₂, PPG, BIOZ vb.) birçok özelliğin de yer aldığı 53 özelliğin bulunduğu geniş bir veri setinin varlığı, bu verilerin makine öğrenmesi yöntemi sırasında dört ayrı özellik seçme ve beş ayrı sınıflandırıcı tarafından test edilmesi, LH'yi etkileyen faktörlerin logistic regresyon yöntemiyle de değerlendirilerek sonuçların karşılaştırılması ve örneklem büyüklüğünün diğer çalışmalara göre daha yüksek olması gibi birçok sebep bu çalışmanın özgün değerini oluşturmaktadır. Bu çalışmanın sonucunda hastaya yapılan fizyolojik ölçümlerin dahil edilerek oluşturulduğu karar destek sisteminde MRMR özellik seçme algoritmasında seçilen 18 özellik ile ensemble sınıflandırıcısıyla % 80 oranında doğruluk elde edilmiştir. Ayrıca ki-kare özellik seçme algoritmasında seçilen ilk altı özellik ve PNN, SVM ve ensemble sınıflandırıcıları ile %78,6 oranında doğruluk elde edilmiştir. Literatür incelendiğinde LH tespitine yönelik sınırlı sayıda çalışma olduğu görülmüştür. Bandari ve ark. (2022) yakın zamanda 103 hastadan elde ettikleri 135 LH içeren ve

214 sağlıklı ultrason görüntüsünü makine öğrenim yöntemlerinden olan evrişimli sinir ağını kullanarak LH tespiti otomatikleştirmeyi amaçlamıştır. Çalışmaya 19 yaşın üzerindeki en az iki yıldır günde bir kez insülin kullanan bireyler dahil edilmiştir. Sadece ultrason görüntülerinin kullanılarak yapılan çalışmanın sonucunda %76 oranında bir başarı elde edilmiştir. Geliştirilen KKDS'lerin doğruluk oranları kullanıldıkları alana göre değişmektedir. Alınacak kararların aciliyeti ve önemi nedeniyle kritik durumlar için geliştirilen KKDS'lerin başarı oranının daha yüksek olması istenirken; klinik kılavuzların eksik olduğu veya tam olarak geliştirilmediği durumlarda bu oranın daha düşük olması başarılı olarak kabul edilebilmektedir. (Etemadi and Khashei 2022; Larburu et al 2017). Örneğin; akut karın vakaları gibi kritik durumlar için geliştirilen KKDS'ler % 99 gibi son derece yüksek doğruluk oranları ile başarılı değerlendirilirken; erken meme kanseri tedavisine başlama kararı için geliştirilen KKDS başarı oranı %80,9 oranı ile alana katkı sağlamıştır (Han et al 2023). Şizofreni spekturum bozukluklarının teşhisi için geliştirilen KKDS %66-82 arasında bir doğruluk oranı göstermiştir (Razzouk et al 2006). Hastaneye başvuran hastaların tanısını doğrulamak için geliştirilen KKDS'nin tanı için yaptığı ilk tahminin başarı oranı %75,46 olarak bulunmuştur (Tao et al 2020). Bu KKDS'ler başarılı olarak değerlendirilmiş ve buldukları alana katkı sağlamıştır. Bu nedenle, LH tespitinin kullanım amacı göz önünde bulundurulduğunda elde edilen %78,6'lık başarı oranıyla bu çalışmanın güvenilir ve klinikte uygulanabilir olduğu söylenebilir.

Mevcut çalışma sonuçları sınıflandırıcılar açısından incelendiğinde KNN, SVM ve ensemble sınıflandırıcılarının diğer sınıflandırıcılara göre daha ön plana çıktığı görülmektedir. Makine öğreniminin temel sınıflandırıcıları olan bu üç modelin her biri farklı avantajlara sahip, farklı mekanizmalarla çalışan modellerdir. Açıklanabilir yapay zekâ (XAI), birbirinden farklı bu modellerin karar alma mekanizmaları arkasındaki mantığı açıklayabilmeyi hedeflemektedir. XAI, bu modelleri insanlar için bir kara kutu olmaktan çıkarıp daha açık ve anlaşılır hale getirerek kullanıcılar için daha güvenilir ve şeffaf sonuçların elde edilmesine yardımcı olur (Sardar, Das and Pandey, 2023, Khakurel and Rawat 2022). Bu açıdan bakacak olursak; en yakın komşu veriyi referans alarak çalışan KNN (İncir et al 2024), uygulanması ve anlaşılması kolay bir algoritmadır. Sınıflandırma ve regresyon için güçlü bir model olan SVM'ler daha çok kara kutu şeklinde işlev görürler (Agar et al 2024, Setzu et al 2021). Aldıkları

kararların sınırlarını belirlemenin zor olduğu bu yöntemde anlaşılabilirliği ve şeffaflığı artırmak için çeşitli XAI teknikleri geliştirilmiştir. Birden fazla modeli birleştiren topluluk öğrenimi (Ensemble), etkinliği yüksek olan, anlaşılabilirliği ve karar alma süreçlerinin yorumlanması zor olan kara kutu yapısına sahip bir yöntemdir (Obregon and Jung 2022). Bu yöntemlerin XAI ile entegrasyonu halinde yorumlanabilirliği, şeffaf ve güvenilirliği önemli oranda artırdığına dair çalışmalar mevcuttur (Belghachi 2023, Sheela and Girisha 2024, Setzu et al 2021, Alelyani, Alshammari, Almuhanha and Asan 2024, Yagin et al 2023, Karthik 2024, Jhumka et al 2023). Bu çalışmada geliştirilen karar destek sisteminin de XAI ile entegre edilmesi halinde sonuçların şeffaflığı ve güvenilirliğini artırabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmada LH tespiti için dört ayrı özellik seçme algoritmasında (ANOVA, MRMR, Kruskal Wallis, Ki-kare) sıralanan özelliklerden insülin kullanımı, rotasyon, doğru rotasyon, elastikiyet, SpO₂ ve PPG'den elde edilen bazı özelliklerin LH varlığıyla ilişkili olarak ön plana çıktığı görülmüştür. LH'nin risk faktörlerini belirlemeye yönelik literatürde yer alan birçok çalışmada da olduğu gibi bu çalışmada da LH varlığıyla ilişkili önde gelen özelliklerden biri enjeksiyon bölgeleri arasındaki uygunsuz rotasyondur. Rotasyon yapmama veya doğru rotasyon yapmama özellik seçme yöntemlerinin öncelikli seçtiği özelliklerden olmasının yanında yapılan logistic regresyonda da benzer sonuçlara ulaşılmış; LH varlığıyla ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Thewjitcharoen ve ark. (2020) tarafından açıklanamayan hipoglisemi ataklarını belirlemek için 400 insülin kullanan hasta ile yapılan çalışmada enjeksiyon bölgeleri arasındaki yanlış rotasyonun LH ile ilişkili olduğu görülmüştür. Singha ve ark. (2021)'nin %45,2'sinde LH ve %4,2'sinde lipoatrofi tespit ettiği hasta grubunda yanlış rotasyonun lipodistrofisi olmayan gruba göre daha yaygın olduğu belirlenmiştir. Lombardo ve ark. (2022)'nin 212 DM'li hastada LH prevalansını %44,3 olarak buldukları çalışmada yanlış rotasyonun LH ile ilişkili olduğu gösterilmiştir. Hawa ve ark. (2023) nın insülin kullanan 506 DM'li hasta üzerinde yaptığı çalışmada da enjeksiyon bölgesinin yanlış döndürülmesinin LH ile anlamlı şekilde ilişkili olduğunu ortaya konulmuş; çok değişkenli logistic regresyon analizinde, enjeksiyon yanlış rotasyonun LH ile ilişkili tek bağımsız faktör olduğu tespit edilmiştir. Jemai ve ark. (2024)'nin vaka sunumunda ise DM hastası olan bireyin karın bölgesinde LH tespitinin ardından hastanın rotasyon yapmayıp daha az ağırlı olması nedeniyle LH'li

bölgeye insülin enjeksiyonu yapması sonucu lipohipertrofik bölgenin daha da büyüdüğü belirlenmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuç diğer araştırmalardan elde edilen bulgularla benzerdir.

Literatür incelendiğinde LH bölgesinden SpO₂ ve PPG ölçümünün yapıldığı herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmanın analiz sonuçlarında LH tespit edilen bölgelerde SpO₂ değerleri LH tespit edilmeyen bölgelere göre daha yüksek olarak ölçülmüştür. Literatür incelendiğinde insülinin damar sistemi üzerinde anjiyogenez ve vazodilatasyon etkisinin olduğunu açıklayan çalışmalar mevcuttur (Fu, Yu, Li, Park and King 2021, Islam et al 2020, Andrew et al 2021). İnsülinin anjiyogenez etkisi ve tekrarlayan insülin iğne enjeksiyonları LH'li bölgelerde kılcal damarlar oluşmasına; insülinin vazodilatasyon etkisi ise LH'li bölgede kan akışını artırarak daha yüksek saturasyon değerlerinin ölçülmesine neden olabilir. Ayrıca, bölgede doku fibrozisi gelişimi nedeniyle oksijen tüketimi azalabilir. Tüm bu nedenler LH'li bölgede SpO₂ değerinin daha yüksek ölçülmesine yol açmış olabilir. Periferik dolaşımdaki kan hacmi değişikliklerini ifade eden PPG verilerinden özellik çıkarma yöntemi ile elde edilen başta hijort hareketlilik katsayısı, hijort karmaşıklık katsayısı, %5 ortalama teager enerjisi olmak üzere bazı özelliklerin özellik sıralama algoritmalarında LH varlığıyla ilişkili olarak ön plana çıktığı görülmüştür. Bu durumun benzer şekilde insülinin anjiyogenez ve vazodilatasyon etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Özellik sıralama algoritmaları ve regresyon sonuçlarına bakıldığında LH tespitinde önemli bir diğer özellik, kullanılan insülin iğnesinin uzunluğudur. Bu çalışmada, iğne uzunluğu 5 mm olan bireylerde LH riskinin, referans grup olan 4 mm iğne kullanan bireylere göre yaklaşık 2,75 kat arttığı görülmüştür. Bergenstal ve ark. tarafından (2015) obez (beden kitle indeksi ≥ 30) diyabetli hastalarda 4 mm \times 32 gauge kalem iğnesi ile verilen insülinin, 8 mm \times 31 gauge ve 12,7 mm \times 29 gauge iğne ile eşdeğer glisemik kontrolü sağlayıp sağlamadığını belirlemek amacıyla yapılan çalışmada 4 mm iğne uzunluğuyla diğer iğnelere göre daha az ağrı ile sızıntıda artış olmadan eşdeğer glisemik kontrolün sağlandığı görülmüştür. 4 mm uzunluğundaki iğneler obez bireyler dahil tüm DM hastalarına kullanmaları için önerilmiştir. Sürücü ve Okuraslan (2018) tarafından Tip 2 DM'li 436 birey üzerinde yapılan çalışmada LH görülme sıklığının iğne uzunluğuyla birlikte arttığı saptanmıştır. İğne uzunluğunun LH gelişimini etkileyen önemli bir bağımsız faktör olduğu ve 12 mm iğne kullanan

hastalarda LH'nin 8 mm iğne kullananlara göre 7,41 kat daha yaygın olduğu belirlenmiştir. Hashem ve ark. (2021) tarafından yapılan çalışmada 74 katılımcıdan ultrason ile yapılan taramada alt karın ve uyluk bölgelerinde daha sık olduğu belirlenen nodül şeklindeki LH'lerin derinlikleri ile insülin iğne uzunluğu arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Hawa ve ark. (2023) tarafından yapılan çalışmada da LH varlığıyla insülin iğne uzunluğu arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Literatürle uyumlu olarak bu çalışmada da iğne uzunluğu LH oluşumunda önemli bir faktör olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada LH varlığıyla ilişkilendirilen özellikler arasında deri kalınlığı ve subkutan doku kalınlığı yer almaktadır. Yapılan özellik seçme algoritmalarında subkutan doku kalınlığının ön sıralarda seçildiği görülmektedir. Subkutan doku kalınlığının LH olan bölgelerde anlamlı oranda arttığı saptanmıştır. Literatür incelendiğinde LH'li bölgelerde yağ hücrelerinin sayısındaki ve boyutundaki büyüme gibi nedenlerle subkutan dokunun kalınlığının artacağı bildirilmiştir (Fujikura et al 2005; Hahem and Care 2020). Bu bağlamda subkutan dokunun LH'yi etkileyen bir özellik olarak KKDS'de yer alması beklendiği bir sonuçtur.

Deri kalınlığı ise özellik seçme algoritmalarında daha alt sıralarda yer almıştır. Ayrıca deri kalınlığının LH olan ve olmayan grupta da anlamlı fark oluşturmadığı görülmüştür. Murao ve ark. (2022) tarafından yapılan çalışmada ise 52 DM hastasının lipohipertrofik bölgeden ölçülen deri kalınlığının arttığı bulunmuştur. Hashem ve ark. (2021) tarafından ortalama 18 yıldır insülin enjeksiyonu yapan 74 Tip 1 DM'li hasta üzerinde yapılan çalışmada ise LH varlığına bakılmaksızın insülin enjeksiyon yapılan tüm vücut bölgelerindeki dermal kalınlıkta artış olduğu bulunmuştur. Çalışma sonuçları arasındaki uyumsuzluğun nedeni örneklem büyüklüğü, özellikleri, insülin kullanma süre ve sıklığı arasındaki farklılıktan ortaya çıkmış olabilir. Deri kalınlığının LH üzerindeki etkisinin net bir şekilde ortaya konulması için daha fazla çalışma yapılmasına gereksinim olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmada yapılan özellik seçme algoritmalarında ilk 10 özellik arasında yer alan özelliklerden biri biyoempedanstır (BIOZ). BIOZ vücut dokularının elektrik akımına karşı gösterdiği toplam empedansı (rezistans ve reaktans) ölçen, vücut kompozisyon analizinde sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Güvenli, invaziv olmayan, hızlı ve

ekonomik bir yöntem olması nedeniyle, klinik uygulamalarda ve araştırmalarda tercih edilmektedir. Vücut yağ yüzdesi, yağsız vücut kütlesi ve vücut su miktarı gibi parametreleri değerlendirmenin yanı sıra, vücuttaki sıvı dengesizliklerini tespit etmek için de kullanılmaktadır (Canbolat 2018, Anand, Yu, Lowe and Kalra 2021, Nikolaev and Shchelykalina 2021). Çalışmamızda LH olan ve olmayan bölgeler arasında BIOZ açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Literatür incelendiğinde LH ile BIOZ arasındaki ilişki üzerine yapılmış herhangi bir çalışma olmadığı görülmüştür. Normal koşullarda vücuttaki farklı dokuların elektrik akımına cevabının farklı olması beklenir. Bu sebeple bu durum birkaç şekilde açıklanabilir. Bunlardan ilki ölçümlerin genellikle deri yüzeyi üzerinden yapılması ve derin dokuların etkisinin yeterince algılanamaması nedeniyle, subkutan dokuda meydana gelen LH'nin etkisi ölçümlere tam olarak yansımamış olabilir. Ek olarak, LH'de kan akışı azalmış olabilir ancak bu azalma BIOZ ölçümlerinde fark oluşturacak kadar büyük olmayabilir. Daha hassas ölçüm cihazları kullanılarak LH-BIOZ ilişkisi derinlemesine araştırılabilir.

Bu çalışmada KKDS için yapılan özellik seçme algoritmasında vücuttaki yağ kütlesi ve yağ oranı ön planda seçilmezken; regresyon sonucuna göre vücut yağ oranındaki her birimlik artışın LH riskini artırdığı belirlenmiştir. İnsülin güçlü bir anti lipolitik ve lipogenik etkiye sahiptir (Kadiyala, Wallton and Sathyapalan 2014, Rydén et al 2019). Ancak bu etki, sadece enjeksiyon yapılan bölgeyle sınırlıdır ve sistemik yağ kütlesine doğrudan yansımaz. Bu sebeple, toplam vücut yağ kütlesi LH'dan bağımsız kalabilir. Vücut yağ oranı, genellikle insülin duyarlılığı ve metabolik durumla ilişkilidir (Rydén et al 2019). LH varlığı ile vücut yağ oranı arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar sınırlı sayıda. Yüksek yağ oranı olan bireylerde insülin direnci daha yaygındır ve bu da daha yüksek insülin dozları gerektirir. Daha yüksek insülin dozları, enjeksiyon bölgelerinde LH riskini artırabilir. Bu durum, vücut yağ oranı ile LH arasındaki ilişkiyi açıklar, ancak toplam yağ kütlesi bu sürecin doğrudan bir belirleyicisi olmayabilir. Yağ kütlesi, kilogram cinsinden vücuttaki toplam yağ miktarını ifade ederken; yağ oranı, bu kütleliğin vücut ağırlığına göre yüzdesel dağılımını gösterir. Bu nedenle, daha yüksek yağ oranı, belirli bölgelerde insüline yanıtı ve LH gelişme olasılığını artırabilir. Ancak toplam yağ kütlesi bu bölgesel etkiden bağımsız kalabilir. Bu nedenler dikkate alındığında yağ oranının LH ile ilişkili olmasının anlamlı olduğu söylenebilir.

Çalışma sonuçları incelendiğinde logistic regresyon sonuçlarına göre hasta yaşı, diyabet süresi, kronik komplikasyon varlığı, insülin formu ve HbA1c değişkenlerinin LH riskine anlamlı bir etkisi olmadığı görülmüştür. Literatürde mevcut çalışmanın sonuçlarını destekleyen çalışmalar mevcut olduğu gibi farklı sonuçlara sahip çalışmalar da mevcuttur. Hawa ve ark. (2023) tarafından insülin kullanan 506 DM'li hasta üzerinde yapılan çalışmada tek değişkenli analiz sonuçlarına göre günlük enjeksiyon sayısının daha fazla olması, iğnelerin tekrarlanan kullanımı, enjeksiyon bölgesinin yanlış döndürülmesi, insülinin uzun süre kullanımı, toplam insülin dozu ve HbA1c yüksekliğinin LH ile anlamlı düzeyde ilişkili olduğu ortaya konulmuştur. Aynı çalışmada yapılan çok değişkenli logistic regresyon analizinde ise, enjeksiyon bölgesinin yanlış döndürülmesi LH ile ilişkili tek bağımsız faktör olarak bulunmuştur. Çalışma sonuçları genel olarak benzerlik göstermekle birlikte ortaya çıkan farklılıkların örneklem büyüklüğü ve örneklemin sahip olduğu özelliklerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Barola ve ark. (2018) tarafından yapılan kalem veya insülin pompası kullanan, ortalama yaş 17,1 yıl olarak belirlenmiş, üç ay ve üzerinde bir süre boyunca kalem ve/veya insülin iğnesi ile deri altı insülin alan 372 Tip 1 DM'li hastada yapılan çalışma sonuçlarına göre enjeksiyon alanı, rotasyon, BKİ ve insülin rejimi LH'nin en iyi öngörücüleri olarak belirlenmiştir. Çok değişkenli logistic regresyon sonuçlarına göre cinsiyet, HbA1c, toplam insülin dozu, enjeksiyon cihazları ve iğne uzunluğunun LH üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı görülmüştür. LH ile ilişkili risk faktörleri ile yapılan çalışmalar literatürde oldukça fazladır ve örnekleri çoğaltmak mümkündür. Ancak genel olarak bakıldığında diğer çalışmalardan elde edilen sonuçlar ile bizim sonuçlarımız arasındaki farklılıkların örneklem özellikleri DM tipi (Deng et al 2018) yaş ve demografik özellikleri, örneklem büyüklüğü (Al Hayek et al 2016; Gentile et al 2021; Barola et al 2018), LH varlığını değerlendirme yöntemleri (bazıları ultrason ile bazıları klinik muayene ile) (Al Ajlouni et al 2015, Luo et al 2021, Korkmaz et al 2022) örneklemin coğrafi konumundaki farklılıklar (Al Hayek et al 2016, AlJaber et al 2020, Kumar et al 2021), eğitim ve farkındalık eksikliği (Abu Ghazaleh et al 2018) gibi nedenlerden kaynaklandığını söylemek mümkündür.

Vücut sıcaklığı KKDS için yapılan özellik seçme algoritmasında ön planda seçilmezken; LH olan ve olmayan grupta da anlamlı fark oluşturmadığı görülmüştür. Ancak yakın zamanda yapılan bir çalışmada, ultrason ve palpasyon yöntemlerine göre

kızılötesi görüntülerin kullanımının diyabetli hastalarda LH tanısı için ağrısız, hızlı ve uygulaması kolay bir seçenek olup olmadığını belirlemek amaçlanmıştır. Uygulama karın bölgesinden yapılmış, yüksek çözünürlüklü ve hassas kızılötesi kamera kullanılarak karından farklı açılardan birçok görüntü alınmıştır. Çalışmada, termografi yöntemiyle LH'li ve sağlıklı dokulardan elde edilen görüntüler incelendiğinde LH tespit edilen bölgelerde sıcaklık farkının sağlıklı dokulara göre daha fazla olduğu görülmüştür. LH tanısının kontrolü ise ultrason ve palpasyon yöntemiyle yapılmıştır. Yapılan pilot çalışma sonuçlarına bakıldığında kızılötesi ışınların 29 LH'li hastanın sadece 14'ünde LH tespitini net olarak yapabildiği (Kalthener et al 2018). Bizim çalışmamızda ise karın bölgesinden yapılan sıcaklık ölçümlerine göre LH olan ve olmayan gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. İki çalışmanın sonuçları arasında net bir çıkarımda bulunmak zor olmakla birlikte vücut ısısını ölçen araçların ve ölçüm tekniklerinin farklı olması sonuçları etkilemiş olabilir. Sonuç olarak geliştirilen KKDS için elastikiyet, insülin kullanımı, SpO2, doğru rotasyon, subkutan doku kalınlığı, %5 ortalama teager enerjisi ve insülin formu özellikleri ilk altı özellik içerisinde yer almıştır. Ki-kare özellik seçme algoritmasında seçilen bu özelliklerle PNN, SVM ve ensemble sınıflandırıcıları ile %78,6 doğruluk elde edilmiştir. Buna göre; “Geliştirilen karar destek sistemi insülinin neden olduğu lipohipertrofiyi tespit etmede geçerli ve güvenilir bir yöntemdir.” hipotezi (Hipotez 1) kabul edilmiştir. Geliştirilen KKDS'nin diyabet hemşireleri başta olmak üzere sağlık profesyonellerinin klinikte kullanımı için uygun olduğu düşünülmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırmada;

- Dört ayrı özellik seçme algoritmasına göre enjeksiyon bölgeleri arasında doğru rotasyon yapma, iğne uzunluğu, doku elastikiyeti, subkutan doku kalınlığı, SpO₂ ve PPG'den elde edilen hijort kareketlilik katsayısı, hijort karmaşıklık katsayısı, %5 ortalama teager enerjisi özelliklerinin LH varlığı/yokluğunda ön plana çıkan özellikler olduğu,
- Tüm sonuçlar incelendiğinde sınıflandırma algoritmalarından KNN, SVM ve Ensemble yöntemlerinin diğerlerine göre daha ön plana çıktığı,
- Geliştirilen KKDS'de makine öğrenme algoritmaları sonucunda LH varlığı ile en çok ilişkili bulunan altı özellik kullanılarak ANOVA algoritması ile KNN %74,5, MRMR algoritması ile SVM %77,2, Kruskal Wallis algoritması ile KNN %77,9 ve Ki-kare algoritması ile Neural Network, SVM ve Ensemble sınıflandırıcıları ile % 78,6 doğruluk elde edildiği,
- İnsülin enjeksiyon bölgeleri arasında doğru rotasyon yapma, insülin iğne uzunluğu ve vücuttaki yağ oranı ile LH oluşumu arasında anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir.

Diyabet hemşireleri için öneriler;

- Diyabet hemşireleri uygun insülin enjeksiyon teknikleriyle ilgili eğitim ve bilgi sağlamanın yanında LH değerlendirmesini rutin haline getirmelidir.
- KKDS'ler rutin klinik değerlendirmeler ve doku analizleri için hızlı ve güvenilir bir araç olarak kullanılabilir. Diyabet yönetiminde bu tür teknolojilerin kullanımı teşvik edilmelidir. Hemşirelere bu tür sistemleri etkin bir şekilde kullanabilmesi için gerekli eğitimler verilmelidir.

Hemşirelik araştırmaları için öneriler;

- LH oluşumunun uzun vadeli etkilerini ve sistemin öngörü performansını değerlendirmek için farklı özelliklere sahip daha büyük örneklem büyüklüğü ile uzun süreli hasta takibi yapılabilir.
- Literatürde LH ile SpO₂, PPG, BIOZ özellikleri arasındaki ilişkiyi açıklayan çalışma bulunmamaktadır. LH ile doku ve/veya deri sıcaklığı arasındaki ilişkiye dair yapılan çalışmalar ise sınırlıdır. LH'nin yaygınlığını azaltmak için bu dokunun tanınması ve özelliklerinin bilinmesi, diğer faktörlerle arasındaki ilişkinin açıklanması için daha çok çalışma yapılmalıdır.
- KKDS'ye yaşam tarzına yönelik (beslenme, egzersiz, stres vb.) parametreler dahil edilerek, performansı değerlendirilebilir.
- KKDS'den elde edilen sonuçların daha güvenilir ve şeffaf olması için XAI ile entegre edilerek, doğruluğu ve anlaşılabilirliği artırılabilir.
- Hastaların KKDS'yi kullanabildiği bir modül geliştirilebilir (hastaların enjeksiyon yerlerini ve uygulama alışkanlıklarını sisteme kaydedebileceği bir mobil uygulama gibi)
- Enjeksiyon bölgelerinin görsel analizini yapabilecek yapay zekâ destekli görüntüleme sistemleri entegre edilebilir.
- KKDS'nin sağlık çalışanları ve hastalar tarafından kabul edilebilirliğini değerlendiren çalışmalar yapılabilir.

ARAŞTIRMANIN SINIRLILIKLARI

Bu araştırma, yalnızca tek bir merkezde yürütölmüş olması nedeniyle elde edilen bulguların genellenebilirliği açısından sınırlıdır. Ayrıca LH varlığıyla ilişkili bulunan iğne uzunluğu, hastaların çalışma sırasında kullandıkları iğne uzunluğu dikkate alınarak deđerlendirilmiŐtir. Geçmişte kullanılan farklı iğne uzunluklarının etkisi göz ardı edilmiştir. KKDS'nin etkin ve sürdürülebilir bir şekilde kullanımı, klinik iş akıŐına entegrasyonu ve sağlık profesyonellerinin sistemi benimsemesiyle yakından ilişkilidir. Ancak, çalışmada bu entegrasyon sürecine dair detayların, kullanıcı deneyimlerinin ve sistemin uzun vadeli performansının kapsamlı bir şekilde ele alınmamıŐ olması, araştırmanın diğer önemli sınırlılıkları arasında yer almaktadır. Bu sınırlılıkların giderilmesine yönelik olarak, gelecekteki çalışmalarda sistemin klinik iş akıŐına entegrasyonuna dair süreçlerin daha ayrıntılı bir şekilde incelenmesi, sağlık profesyonellerinin sistemi benimseme ve kullanım deneyimlerinin değerlendirilmesi ve uzun vadeli performansın hasta sonuçlarına etkisinin ortaya konması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Abdellatif A, Bouaud J, Nghiem D, Lafuente-Lafuente C, Belmin J, Seroussi, B. (2020). Clinical decision support systems in nursing homes: A scoping review. *Studies in Health Technology and Informatics*, 270, 542–546.
- Abu Ghazaleh H, Hashem R, Forbes A, Dilwayo TR, Duaso M, Sturt J, Halson-Brown S, Mulnier H. (2018). A Systematic Review of Ultrasound-Detected Lipohypertrophy in Insulin-Exposed People with Diabetes. *Diabetes Ther*, 9(5):1741-1756.
- Agar, M., Aydin, S., Cakmak, M., Koc, M., & Togacar, M. (2024). Detection of thymoma disease using mRMR feature selection and transformer models. *Diagnostics (Basel)*, 14(19), 2169.
- Al Ajlouni M, Abujbara M, Batieha A, Ajlouni K. (2015). Prevalence of lipohypertrophy and associated risk factors in insulin-treated patients with type 2 diabetes mellitus. *International journal of endocrinology and metabolism*, 13(2).
- Al Hayek AA, Robert AA, Braham RB, Al Dawish MA. (2016). Frequency of lipohypertrophy and associated risk factors in young patients with type 1 diabetes: A cross-sectional study. *Diabetes Therapy*, 7(2), 259–267.
- Alelyani T, Alshammari, MM, Almuhanha A, Asan O. (2024). Explainable Artificial Intelligence in Quantifying Breast Cancer Factors: Saudi Arabia Context. In *Healthcare*, 12(10), 1025.
- AlJaber AN, Sales I, Almigbal TH, Wajid S, Batais MA. (2020). The prevalence of lipohypertrophy and its associated factors among Saudi patients with type 2 diabetes mellitus. *Journal of Taibah University Medical Sciences*, 15(3), 224-231.
- Almadhor A, Sattar U, Al Hejaili A, Ghulam Mohammad U, Tariq U, Ben Chikha H. (2022). An efficient computer vision-based approach for acute lymphoblastic leukemia prediction. *Frontiers in Computational Neuroscience*, 16, 1083649.

- American Diabetes Association Professional Practice Committee (ADA PPC) (2022). Classification and Diagnosis of Diabetes: Standards of Medical Care in Diabetes—2022. *Diabetes Care*, 45(Supplement_1), S17–S38.
- American Diabetes Association Professional Practice Committee (ADA PPC) (2024). Diagnosis and Classification of Diabetes: Standards of Care in Diabetes—2024. *Diabetes Care*, 47(Supplement_1), S20–S42.
- American Diabetes Association (ADA). (2021). Pharmacologic Approaches to Glycemic Treatment: Standards of Medical Care in Diabetes-2021. *Diabetes Care*, 44(Supplement_1), S111-S124.
- American Diabetes Association (ADA). (2023). Standards of Medical Care in Diabetes. Retrieved from *Diabetes Care National Institute of Diabetes and Kidney Diseases*.
- Anand G, Yu Y, Lowe A, Kalra A. (2021). Bioimpedance analysis as a tool for hemodynamic monitoring: Overview, methods and challenges. *Physiological Measurement*, 42(3), 03TR01.
- Andrew MNW, Warmke N, Mercer B, Watt NT, Mughal R, Smith J, Cubbon RM. (2021). Endothelial insulin receptors promote VEGF-A signaling via ERK1/2 and sprouting angiogenesis. *Endocrinology*, 162(8), bqab104.
- Araujo SM, Sousa P, Dutra I. (2020). Clinical Decision Support Systems for Pressure Ulcer Management: Systematic Review. *JMIR Med Inform*, 16;8(10):e21621.
- Arda Sürücü H, Okur Arslan H. (2018). Lipohypertrophy in individuals with type 2 diabetes: Prevalence and risk factors. *Journal of Caring Sciences*, 7(2), 67–74.
- Arı A, Ayaz F, Hanbay D. (2019). EMG sinyallerinin kısa zamanlı fourier dönüşüm özellikleri kullanılarak yapay sinir ağları ile sınıflandırılması. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 31(2), 443-451.
- Arora S, Agrawal NK, Shanthaiah DM, Verma A, Singh S, Patne SC, Goyal S. (2021). Early detection of cutaneous complications of insulin therapy in type 1 and type 2 diabetes mellitus. *Primary Care Diabetes*, 15(5), 859–864.

- Bandari E, Beuzen T, Habashy L, Raza J, Yang X, Kapeluto J, Madden K. (2022). Machine learning decision support for detecting lipohypertrophy with bedside ultrasound: Proof-of-concept study. *JMIR Formative Research*, 6(5), e34830.
- Bania RK, Halder A. (2021). R-HEFS: Rough set-based heterogeneous ensemble feature selection method for medical data classification. *Artificial Intelligence in Medicine*, 114, 102049.
- Barola, A., Tiwari, P., Bhansali, A., Grover, S., & Dayal, D. (2018). Insulin-related lipohypertrophy: Lipogenic action or tissue trauma? *Frontiers in Endocrinology*, 9, 638.
- Belghachi M. (2023). A Review on Explainable Artificial Intelligence Methods, Applications, and Challenges. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Informatics (IJEEI)*, 11(4), 1007-1024.
- Bergental RM, Strock ES, Peremislov D, Gibney MA, Parvu V, Hirsch LJ. (2015). Safety and efficacy of insulin therapy delivered via a 4mm pen needle in obese patients with diabetes. *Mayo Clinic Proceedings*, 90(3), 329–338.
- Berner, E. S. (2007). *Clinical decision support systems* (Vol. 233). New York: Springer Science+ Business Media, LLC.
- Berner ES, La Lande TJ. (2016). Overview of clinical decision support systems. *Clinical decision support systems: Theory and practice*, 1-17.
- Bertuzzi F, Meneghini E, Bruschi E, Luzi L, Nichelatti M, Epis O. (2017). Ultrasound characterization of insulin-induced lipohypertrophy in type 1 diabetes mellitus. *Journal of Endocrinological Investigation*, 40(10), 1107–1 113.
- Blanco M, Hernández MT, Strauss KW, AmayaM. (2013). Prevalence and risk factors of lipohypertrophy in insulin-injecting patients with diabetes. *Diabetes & Metabolism*, 39(5), 445–453.
- Bolli GB, Porcellati F, Lucidi P, Fanelli CG. (2021). The physiological basis of insulin therapy in people with diabetes mellitus. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 175, 108839.

- Büyükkeçeci M, Okur MC. (2022). A comprehensive review of feature selection and feature selection stability in machine learning. *Gazi University Journal of Science*, 36(4), 1506–1520.
- Campinos C, Le Floch JP, Petit C, Penfornis A, Winiszewski P, Bordier L, Lepage M, Fermon C, Louis J, Almain C, Morel D, Hirsch L, Strauss KW. (2017). An effective intervention for diabetic lipohypertrophy: Results of a randomized, controlled, prospective multicenter study in France. *Diabetes Technology & Therapeutics*, 19(11), 623–632.
- Canbolat E. (2018). Biyoelektrik impedans analizi parametrelerinden faz açısının, tanısal kriter olarak olası rolü. *Annals of Health Sciences Research*, 7(1), 58–65.
- Capozzoli A, Cerquitelli T, Piscitelli MS. (2016). Enhancing energy efficiency in buildings through innovative data analytics technologies. In *Pervasive Computing: Next Generation Platforms for Intelligent Data Collection* (pp. 353–389). Academic Press.
- Captieux M, Pearce G, Parke H, Wild S, Taylor SJ, Pinnock H. (2017). Supported self-management for people with type 2 diabetes: A meta-review of quantitative systematic reviews. *The Lancet*, 390, S32.
- Chadha N, Zaveri MA, Sarvaiya JN. (2016). Optimal feature extraction and selection techniques for speech processing: A review. 2016 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP), 1669–1673.
- Chakraborty PP, Bhattacharjee R. (2010). Injection site lipoatrophy: A rare complication of recombinant human insulin. *Journal of the Association of Physicians of India*, 58, 630.
- Choi J, Song E, Lee S. (2018). L-tree: A local-area-learning-based tree induction algorithm for image classification. *Sensors*, 18(1), 306.
- Cıbuk M, Budak U, Guo Y, İnce MC, Şengür A. (2019). Efficient deep features selections and classification for flower species recognition. *Measurement*, 137, 7–13.

- Çiriş Yıldız C, Başbüyük M, Yıldırım D. (2020). Klinik karar destek sistemlerinin hemşirelikte kullanımı. İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu Dergisi, 8(2), 483–495.
- Deng N, Zhang X, Zhao F. (2018). Prevalence of lipohypertrophy in insulin-treated diabetes patients: A systematic review and meta-analysis. Journal of Diabetes Investigation, 9(3), 536–543.
- Di Lazzaro G, Ricci M, Al-Wardat M, Schirinzi T, Scalise S, Giannini F, Mercuri NB, Saggio G, Pisani, A. (2020). Technology-based objective measures detect subclinical axial signs in untreated, de novo Parkinson's disease. Journal of Parkinson's Disease, 10(1), 113–122.
- Diabetes Canada Clinical Practice Guidelines Expert Committee, Punthakee, Z, Goldenberg R, Katz P. (2018). Definition, Classification and Diagnosis of Diabetes, Prediabetes and Metabolic Syndrome. Canadian Journal of Diabetes, 42(Supplement_1), S10-S15.
- Dunn Lopez K, Gephart SM, Raszewski R, Sousa V, Shehorn LE, Abraham J. (2017). Integrative review of clinical decision support for registered nurses in acute care settings. Journal of the American Medical Informatics Association, 24(2), 441–450.
- Emhan Ö, Akın M. (2019). Filtreleme tabanlı öznelik seçme yöntemlerinin anomali tabanlı ağ saldırısı tespit sistemlerine etkisi. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 10(2), 549–559.
- Ertürk E. Diabetes Mellitusun Tanısı ve Tiplendirilmesi. Editörler: Prof. Dr. Şazi İmamoğlu Prof. Dr. Canan Özyardımcı Ersoy, 58.
- Etemadi S, Khashei M. (2022). Accuracy versus reliability-based modelling approaches for medical decision making. Computers in Biology and Medicine, 141, 105138.
- Famulla S, Hövelmann U, Fischer A, Coester HV, Hermanski L, Kaltheuner M, Kaltheuner L, Heinemann L, Heise T, Hirsch L. (2016). Insulin injection into lipohypertrophic tissue: Blunted and more variable insulin absorption and

- action and impaired postprandial glucose control. *Diabetes Care*, 39(9), 1486–1492.
- Faselis C, Katsimardou A, Imprialos K, Deligkaris P, Kallistratos M, Dimitriadis K. (2020). Microvascular Complications of Type 2 Diabetes Mellitus. *Current Vascular Pharmacology*, 18(2), 117-124.
- Fitch MI, Fliedner MC, O'Connor M. (2015). Nursing perspectives on palliative care 2015. *Annals of Palliative Medicine*, 4, 150–155.
- Frid AH, Hirsch LJ, Menchior AR, Morel DR, Strauss KW. (2016). Worldwide injection technique questionnaire study: Injecting complications and the role of the professional. *Mayo Clinic Proceedings*, 91(9), 1224–1230.
- Frid A, Hirsch L, Gaspar R, Hicks D, Kreugel G, Liersch J, Letondeur C, Sauvanet JP, Tubiana-Rufi N, Strauss K; Scientific Advisory Board for the Third Injection Technique Workshop. (2010). New injection recommendations for patients with diabetes. *Diabetes & Metabolism*, 36(Suppl 2), S3–S18.
- Fu J, Yu MG, Li Q, Park K, King GL. (2021). Insulin's actions on vascular tissues: Physiological effects and pathophysiological contributions to vascular complications of diabetes. *Molecular Metabolism*, 52, 101236.
- Fujikura J, Fujimoto M, Yasue S, Noguchi M, Masuzaki H, Hosoda K, Tachibana T, Sugihara H, Nakao K. (2005). Insulin-induced lipohypertrophy: report of a case with histopathology. *Endocrine journal*, 52(5), 623-628.
- Gad AG, Sallam KM, Chakraborty RK, Ryan MJ, Abohany AA. (2022). An improved binary sparrow search algorithm for feature selection in data classification. *Neural Computing and Applications*, 34(18), 15705–15752.
- Gentile S, Guarino G, Strollo F. (2023). Unexpected evolution of a monster case of insulin-induced skin lipohypertrophy. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 206, 110994.
- Gentile S, Guarino G, Corte TD, Marino G, Fusco A, Corigliano G, Colarusso S, Piscopo M, Improta MR, Corigliano M, Martedì E, Oliva D, Russo V, Simonetti R, Satta E, Romano C, Alfarone C, Vetrano A, Martino C, Lamberti C, Vecchiato A, Cozzolino G, Brancario C, Strollo F; AMD-OSDI Study

- Group on Injection Techniques and Nefrocenter Research & Nyx Start-up Study Group. (2020). Insulin-induced skin lipohypertrophy in type 2 diabetes: A multicenter regional survey in Southern Italy. *Diabetes Therapy*, 11(9), 2001–2017.
- Gentile S, Guarino G, Della Corte T, Marino G, Fusco A, Corigliano G, Colarusso S, Piscopo M, Improta MR, Corigliano M, Martedi E, Oliva D, Russo V, Simonetti R, Satta E, Romano C, Vaia S, Strollo F; AMD-OSDI Study Group on Injection Techniques; Nefrocenter Network and Nyx Start-up Study Group. (2021). Lipohypertrophy in elderly insulin-treated patients with type 2 diabetes. *Diabetes Therapy*, 12(1), 107–119.
- Gentile S, Guarino G, Giancaterini A, Guida P, Strollo F; AMD-OSDI Italian Injection Technique Study Group. (2016). A suitable palpation technique allows to identify skin lipohypertrophic lesions in insulin-treated people with diabetes. *Springerplus*, 5(1), 1–7.
- George D, Mallery M. (2010). *SPSS for Windows Step by Step: A Simple Guide and Reference, 17.0 Update (10a ed.)*. Boston: Pearson.
- Gorska-Ciebiada M, Masierek M, Ciebiada M. (2020). Improved insulin injection technique, treatment satisfaction and glycemic control: Results from a large cohort education study. *Journal of Clinical and Translational Endocrinology*, 19, 100217.
- Gradel AKJ, Porsgaard T, Lykkesfeldt J, Seested T, Gram Nielsen S, Kristensen NR, Refsgaard, HHF. (2018). Factors affecting the absorption of subcutaneously administered insulin: effect on variability. *Journal of diabetes research*, 2018(1), 1205121.
- Grassi G, Scuntero P, Trepiccioni R. (2014). Optimizing insulin injection technique and its effect on blood glucose control. *Journal of Clinical and Translational Endocrinology*, 1, 145–150.
- Gupta SS, Gupta KS, Gathe SS, Bamrah P, Gupta SS (2018). Clinical implications of lipohypertrophy among people with type 1 diabetes in India. *Diabetes Technology & Therapeutics*, 20(6), 483–491.

- Han C, Pan Y, Liu C, Yang X, Li J, Wang K, Sun Z, Liu H, Jin G, Fang F, Pan X, Tang T, Chen X, Pang S, Ma L, Wang X, Ren Y, Liu M, Liu F, Jiang M, Zhao J, Lu C, Lu Z, Gao D, Jiang Z, Pei J. (2023). Assessing the decision quality of artificial intelligence and oncologists of different experience in different regions in breast cancer treatment. *Frontiers in Oncology*, 13, 1152013.
- Hashem R, Care P. (2020). *Ultrasound Classification and Grading of Lipohypertrophy and Its Impact on Glucose Variability in Type 1 Diabetes (the TITANIC Study): An Exploratory Study* (Doctoral dissertation, King's College London).
- Hashem R, Mulnier H, Abu Ghazaleh H, Halson-Brown S, Duaso M, Rogers R, Karalliedde J, Forbes A. (2021). Characteristics and morphology of lipohypertrophic lesions in adults with type 1 diabetes with ultrasound screening: An exploratory observational study. *BMJ Open Diabetes Research and Care*, 9(2), e002553.
- Hawa A, Teng CL, Devaraj NK, Saadatun A, Rawaida AL, Chong FY, Syamimi Y, Danial D, Lim PW. (2023). Prevalence and associated factors of lipohypertrophy in insulin-injected patients with diabetes in selected primary care clinics in Peninsular Malaysian: A cross-sectional study. *Malaysian Family Physician*, 18, 37.
- Heinemann L. (2010). Insulin absorption from lipodystrophic areas: A (neglected) source of trouble for insulin therapy?. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 4(3), 750–753.
- Hernar I, Haltbakk J, Broström A. (2017). Differences in depression, treatment satisfaction, and injection behavior in adults with type 1 diabetes and different degrees of lipohypertrophy. *Journal of Clinical Nursing*, 26(23–24), 4583–4596.
- Hira ZM, Gillies DF. (2015). A review of feature selection and feature extraction methods applied on microarray data. *Advances in Bioinformatics*, 2015(1), 198363.

- Hirsch LJ, Strauss KW. (2019). The injection technique factor: What you don't know or teach can make a difference. *Clinical Diabetes*, 37, 227–233.
- <https://my.clevelandclinic.org/health/diseases/22928-lipohypertrophy> (Erişim Tarihi: 12.10.2024)
- International Diabetes Federation (IDF). (2021). *IDF Diabetes Atlas* (10th ed.). <https://diabetesatlas.org> (Erişim Tarihi: 12.10.2024)
- Islam MT, Henson GD, Machin DR, Bramwell RC, Donato AJ, Lesniewski LA. (2020). Aging differentially impacts vasodilation and angiogenesis in arteries from the white and brown adipose tissues. *Experimental Gerontology*, 142, 111126.
- İncir R, Yağanoğlu M, Bozkurt F. (2024). A study on effective feature extraction and genetic algorithm-based feature selection method in fake news detection classification using machine learning approaches. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14(3).
- Jemai C, Mehrez A, Dhieb N, Htira Y, Mami FB. (2024). Lipodystrophy with an uncommon clinical presentation in a patient with insulin-requiring type 2 diabetes mellitus. *Cureus*, 16(11).
- Jhumka K, Auzine MM, Heenaye-Mamode Khan M, Casseem SM, Fedally SA, Mungloo-Dilmohamud Z. (2023). Explainable Chronic Kidney Disease (CKD) Prediction using Deep Learning and Shapley Additive Explanations (SHAP). In *Proceedings of the 2023 7th International Conference on Advances in Artificial Intelligence* (pp. 29-33).
- Ji L, Sun Z, Li Q, Qin G, Wei Z, Liu J, Chandran AB, Hirsch LJ. (2017). Lipohypertrophy in China: Prevalence, risk factors, insulin consumption, and clinical impact. *Diabetes Technology & Therapeutics*, 19(1), 61–67.
- Kadiyala P, Walton S, Sathyapalan T. (2014). Insulin-induced lipodystrophy. *British Journal of Diabetes*, 14(4), 131–133.
- Kaltheuner L, Kaltheuner M, Heinemann L. (2018). Lipohypertrophic skin changes in patients with diabetes: Visualization by infrared images. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 12(6), 1152–1158.

- Kamrul-Hasan A, Paul AK, Âmin MN, Gaffar MAJ, Asaduzzaman M, Saifuddin M, Mustari M, Alam MJ, Shahid MM, Nahid-UI-Haque KM, Alam MS, Rahman MM, Talukder SK, Kader MA, Akter F, Hannan MA, Chanda PK, Bakar MA, Selim S. (2020). Insulin injection practice and injection complications: Results from the Bangladesh Insulin Injection Technique Survey. *European Endocrinology*, 16(1), 41–48.
- Kapeluto JE, Paty BW, Chang SD, Meneilly GS. (2018). Ultrasound detection of insulin-induced lipohypertrophy in type 1 and type 2 diabetes. *Diabetic Medicine*, 35(10), 1383–1390.
- Karthik N. (2024). Explainable Artificial Intelligence for Prediction of Diabetes using Stacking Classifier. In *2024 IEEE International Conference on Electronics, Computing and Communication Technologies (CONECCT)* (pp. 1-5). IEEE.
- Kavas PÖ, Bozkurt MR, Kocayiğit İ, Bilgin C. (2023). Machine learning-based medical decision support system for diagnosing HFpEF and HFrEF using PPG. *Biomedical Signal Processing and Control*, 79, 104164.
- Khakurel U, Rawat DB. (2022). Evaluating explainable artificial intelligence (XAI): algorithmic explanations for transparency and trustworthiness of ML algorithms and AI systems. In *Artificial Intelligence and Machine Learning for Multi-Domain Operations Applications IV* (Vol. 12113, pp. 65-75). SPIE.
- Khosravizadeh O, Ahadinezhad B, Maleki A, Yousefy S, Momeni Z. (2024). Diabetes self-care activities among patients with type 2 diabetes: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Diabetes in Developing Countries*, 44(1), 10-19.
- Koç E, Şengül Atılğan Y, Uyar Özkaya A, Gökçe B. (2012). Klinik karar destek sistemleri kullanımına yönelik bir araştırma: Acıbadem Hastanesi örneği. *IX. Ulusal Tıp Bilişimi Kongresi*, 64–74.
- Korkmaz FN, Gökçay Canpolat A, Güllü S. (2022). Determination of insulin-related lipohypertrophy frequency and risk factors in patients with diabetes. *Endocrinología, Diabetes y Nutrición (English Edition)*, 69(5), 354-361.

- Kumar R, Gupta RD, Shetty S, Prabhu CS, Sathyakumar K, Mruthyunjaya MD, Mahesh D, Jebasingh FK, Inbakumari M, Christina F, Asha HS, Paul TV, Thomas N. (2021). Lipohypertrophy in insulin injecting patients with diabetes mellitus: an under-recognized barrier for glycemic control. *International Journal of Diabetes in Developing Countries*, 41(2), 329.
- Thomas N. (2021). Lipohypertrophy in insulin injecting patients with diabetes mellitus: an under-recognized barrier for glycemic control. *International Journal of Diabetes in Developing Countries*, 41, 329-336.
- Labory J, Njomgue-Fotso E, Bottini S. (2024). Benchmarking feature selection and feature extraction methods to improve the performances of machine-learning algorithms for patient classification using metabolomics biomedical data. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 23, 1274–1287.
- Larburu N, Muro N, Macía I, Sánchez E, Wang H, Winder J, Boaud J, Séroussi B. (2017). Augmenting guideline-based CDSS with experts' knowledge. In *International Conference on Health Informatics* (Vol. 6, pp. 370-376). SciTePress.
- Lawrence SE, Albanese-O'Neill A, Besançon S, Black T, Bratina N, Chaney D, Cogen FR, Cummings EA, Moreau E, Pierce JS, Richmond E, Mahmud FH. (2022). ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines 2022: Management and support of children and adolescents with diabetes in school. *Pediatr Diabetes*, 23(8):1478-1495.
- Li M, Wang H, Shang Z, Yang Z, Zhang Y, Wan H. (2020). Ependymoma and pilocytic astrocytoma: Differentiation using radiomics approach based on machine learning. *Journal of Clinical Neuroscience*, 78, 175–180.
- Liang X, Zhu L, Huang DS. (2017). Multi-task ranking SVM for image cosegmentation. *Neurocomputing*, 247, 126–136.
- Lin Y, Lin L, Wang W, Hong J, Zeng H. (2022). Insulin-related lipohypertrophy: Ultrasound characteristics, risk factors, and impact of glucose fluctuations. *Endocrine*, 75(3), 768–775.

- Liu G, Mao S, Kim JH. (2019). A mature-tomato detection algorithm using machine learning and color analysis. *Sensors*, 19(9), 2023.
- Liu Z, Yao G, Zhang Q, Zhang J, Zeng X. (2020). Wavelet scattering transform for ECG beat classification. *Computational and mathematical methods in medicine*, 2020(1), 3215681.
- Lombardo F, Bombaci B, Alibrandi A, Visalli G, Salzano G, Passanisi S. (2022). The impact of insulin-induced lipodystrophy on glycemic variability in pediatric patients with type 1 diabetes. *Children (Basel)*, 9(7), 1087.
- Lu D, Yu H, Wang Z, Chen Z, Fan J, Liu X, Zhai J, Wu H, Yu X, Cai K. (2021). Classification of metastatic and non-metastatic thoracic lymph nodes in lung cancer patients based on dielectric properties using adaptive probabilistic neural networks. *Frontiers in Oncology*, 11, 640804.
- Luo D, Shi Y, Zhu M, Wang H, Yan D, Yu J, Ji J, Liu X, Fan B, Xu Y, Zhang M, He W, Xu J, Yang T. (2021). Subclinical lipohypertrophy: Easily ignored complications of insulin therapy. *Journal of Diabetes and its Complications*, 35(3), 107806.
- Madden GR, German Mesner I, Cox HL, Mathers AJ, Lyman JA, Sifri CD, Enfield KB. (2018). Reduced *Clostridium difficile* tests and laboratory-identified events with a computerized clinical decision support tool and financial incentive. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, 39(6), 737–740.
- Mader JK, Fornengo R, Hassoun A, Heinemann L, Kulzer B, Monica M, Nguyen T, Sieber J, Renard E, Reznik Y, Ryś P, Stozek-Tutro A, Wilmot EG. (2024). Relationship between lipohypertrophy, glycemic control, and insulin dosing: A systematic meta-analysis. *Diabetes Technology & Therapeutics*, 26(5), 351–362.
- McKnight PE, Najab J. (2010). Kruskal-Wallis test. *The Corsini Encyclopedia of Psychology*, 1–1.
- Muhyaddin R, Abd-Alrazaq AA, Househ M, Alam T, Shah Z. (2020). The impact of clinical decision support systems (CDSS) on physicians: A scoping review. *Studies in Health Technology and Informatics*, 272, 470–473.

- Murao S, Murao K, Nagata T, Shimizu M, Miyai Y. (2022). Repeated insulin injection without site rotation affects skin thickness: Ultrasonographic and histological evaluation. *Journal of Diabetes Investigation*, 13(6), 997–1003.
- Nawaz A, Hasham MA, Shireen M, Iftikhar M. (2023). Prevalence of lipohypertrophy and its associations in insulin-treated diabetic patients. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, 39(1), 209.
- Nikolaev DV, Shchelykalina SP. (2021). Bioimpedance analysis of human body composition: medical applications, terminology. *Clinical nutrition and metabolism*, 2(2), 80-91.
- Nogales RE, Benalcázar ME. (2023). Analysis and evaluation of feature selection and feature extraction methods. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 16(1), 153.
- Obregon J, Jung JY. (2022). Explanation of ensemble models. In *Human-Centered Artificial Intelligence* (pp. 51-72). Academic Press.
- Oğur NB, Kotan M, Balta D, Yavuz BÇ, Oğur YS, Yuvacı HU, Yazıcı E. (2023). Detection of depression and anxiety in the perinatal period using Marine Predators Algorithm and kNN. *Computers in Biology and Medicine*, 161, 107003.
- Olaolu AM, Abdulsalam SO, Mope IR, Kazeem GA. (2018). A comparative analysis of feature selection and feature extraction models for classifying microarray datasets. *Computers & Information Systems Journal*, 29, 1.
- Osanaiye O, Cai H, Choo KKR, Dehghantanha A, Xu Z, Dlodlo M. (2016). Ensemble-based multi-filter feature selection method for DDoS detection in cloud computing. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, 2016(1), 1–10.
- Osheroff JA, Teich J, Levick D, Saldana L, Velasco F, Sittig D, Rogers K, Jenders R. (2012). *Improving outcomes with clinical decision support: An implementer's guide*. Chicago, IL: Healthcare Information and Management Systems Society (HIMSS).

- Pahuja V, Punjot P, Fernandes G, Chatterjee N. (2019). Exploring the factors associated with lipohypertrophy in insulin-treated type 2 diabetes patients in a tertiary care hospital in Mumbai, India. *International Journal of Diabetes in Developing Countries*, 39(3), 426–431.
- Patni N, Garg A. (2022). Lipodystrophy for the Diabetologist: What to Look For. *Current Diabetes Reports*, 22(9), 461-470.
- Peng S, Xu M, Zhao H, Yang H, Zhang L, Hu S, Liu H, She Y, Lee M, Li H. (2022). Gender differences in prevalence and clinical correlates of lipohypertrophy in insulin-exposed patients with diabetes mellitus. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity*, 15, 3871–3887.
- Pillai M, Adapa K, Shumway JW, Dooley J, Das SK, Chera BS, Mazur L. (2022). Feature engineering for interpretable machine learning for quality assurance in radiation oncology. In *MEDINFO 2021: One World, One Health – Global Partnership for Digital Innovation* (pp. 460–464). IOS Press.
- Pozzuoli GM, Laudato M, Barone M, Crisci F, Pozzuoli B. (2018). Errors in insulin treatment management and risk of lipohypertrophy. *Acta Diabetologica*, 55, 67–73.
- Rahman MM, Islam A, Charni S, Bensmail H, Hilbel T, Belhaouari SB. (2023). A Novel Feature Extraction Technique for ECG Arrhythmia Classification Using ML. In *2023 IEEE Intl Conf on Dependable, Autonomic and Secure Computing, Intl Conf on Pervasive Intelligence and Computing, Intl Conf on Cloud and Big Data Computing, Intl Conf on Cyber Science and Technology Congress (DASC/PiCom/CBDCCom/CyberSciTech)* (pp. 0615-0621). IEEE.
- Rashidi M, Ghodrati M, Samali B, Mohammadi M. (2018). *Decision Support Systems*. InTech. doi: 10.5772/intechopen.79390
- Ray A, Chaudhuri AK. (2021). Smart healthcare disease diagnosis and patient management: Innovation, improvement, and skill development. *Machine Learning with Applications*, 3, 100011.

- Razzouk D, Mari JDJ, Shirakawa I, Wainer J, Sigulem D. (2006). Decision support system for the diagnosis of schizophrenia disorders. *Brazilian journal of medical and biological research*, 39, 119-128.
- Rydén M, Petrus P, Andersson DP, Medina-Gómez G, Escasany E, Corrales Cordón P, Dahlman I, Kulyté A, Arner P. (2019). Insulin action is severely impaired in adipocytes of apparently healthy overweight and obese subjects. *Journal of Internal Medicine*, 285(5), 578–588.
- Salem HA, Caddeo G, McFarlane J, Patel K, Cochrane L, Soria D, Henley M, Lund J. (2018). A multicentre integration of a computer-led follow-up of prostate cancer is valid and safe. *BJU International*, 122(3), 418–426.
- Santos FCD, Snigurska UA, Keenan GM, Lucero RJ, Modave F. (2023). Clinical decision support systems for palliative care management: A scoping review. *Journal of Pain and Symptom Management*, 66(2), e205–e218.
- Sardar TH, Das S, Pandey BK. *Explainable AI (XAI) (2023): Concepts and Theory. In Medical Data Analysis and Processing using Explainable Artificial Intelligence* (pp. 1-18). CRC Press.
- Sariköse S, Şenol Çelik S. (2024). The effect of clinical decision support systems on patients, nurses, and work environment in ICUs: A systematic review. *Computers, Informatics, Nursing*, 42(4), 298–304.
- Satman I, Omer B, Tutuncu Y, Kalaca S, Gedik S, Dinccag N, Karsidag K, Genc S, Telci A, Canbaz B, Turker F, Yilmaz T, Cakir B, Tuomilehto J; TURDEP-II Study Group. (2013). Twelve-year trends in the prevalence and risk factors of diabetes and prediabetes in Turkish adults. *European Journal of Epidemiology*, 28(2), 169-180.
- Sekse RJT, Hunskår I, Ellingsen S. (2018). The nurse's role in palliative care: A qualitative meta-synthesis. *Journal of Clinical Nursing*, 27(1-2): e21-e38.
- Setzu, M., Guidotti, R., Monreale, A., Turini, F., Pedreschi, D., & Giannotti, F. (2021). Glocalx-from local to global explanations of black box ai models. *Artificial Intelligence*, 294, 103457.

- Shahsavarani AM, Azad Marz Abadi E, Hakimi Kalkhoran M, Jafari S, Qaranli S(2015). Clinical decision support systems (CDSSs): State of the art review of literature. *International Journal of Medical Reviews*, 2(4), 299–308.
- Shankar P, Anderson N. (2018). Advances in sharing multi-sourced health data on decision support science 2016–2017. *Yearbook of Medical Informatics*, 27(01), 16–24.
- Sheela BP, Girisha H. (2024). An Explainable Artificial Intelligence (XAI) Framework for Deep Learning Based Classification to Generate Textual Explanations on Predicted Images. *International Journal of Intelligent Engineering & Systems*, 17(6).
- Sheikhan M, Bejani M, Gharavian D. (2013). Modular neural-SVM scheme for speech emotion recognition using ANOVA feature selection method. *Neural Computing and Applications*, 23(1), 215–227.
- Shen M, Shi Y, Zheng S, Fan H, Xu J, Yang T. A (2021). A systematic survey of physicians' insights into lipohypertrophy. *Frontiers in Public Health*, 9, 738179.
- Sim KH, Hwang MS, Kim SY, Lee HM, Chang JY, Lee MK. (2014). The appropriateness of the length of insulin needles based on determination of skin and subcutaneous fat thickness in the abdomen and upper arm in patients with type 2 diabetes. *Diabetes & Metabolism Journal*, 38(2), 120–133.
- Singha A, Bhattacharjee R, Dalal BS, Biswas D, Choudhuri S, Chowdhury S. (2021). Associations of insulin-induced lipodystrophy in children, adolescents, and young adults with type 1 diabetes mellitus using recombinant human insulin: A cross-sectional study. *Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism*, 34(4), 503-508.
- Smith M, Clapham L, Strauss K. (2017). UK lipohypertrophy interventional study. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 126, 248–253.
- Solis-Herrera C, Triplitt C, Reasner C, DeFronzo RA, Cersosimo E. (2018). Classification of Diabetes Mellitus. In: Feingold KR, Anawalt B, Blackman MR, Boyce A, Chrousos G, Corpas E, de Herder WW, Dhatariya K, Dungan

K, Hofland J, Kalra S, Kaltsas G, Kapoor N, Koch C, Kopp P, Korbonits M, Kovacs CS, Kuohung W, Laferrère B, Levy M, McGee EA, McLachlan R, New M, Purnell J, Sahay R, Shah AS, Singer F, Sperling MA, Stratakis CA, Trencé DL, Wilson DP, editors. Endotext [Internet]. South Dartmouth (MA): MDText.com, Inc.; 2000.

Souza-Pereira L, Ouhbi S, Pombo N. (2021). Quality-in-use characteristics for clinical decision support system assessment. *Computers in Biology and Medicine*, 207, 106169.

Sutton RT, Pincock D, Baumgart DC, Sadowski DC, Fedorak RN, Kroeker KI. (2020). An overview of clinical decision support systems: Benefits, risks, and strategies for success. *NPJ Digital Medicine*, 3(1), 17.

Sürücü HA, OKur Arslan H. (2018). Lipohypertrophy in individuals with type 2 diabetes: prevalence and risk factors. *Journal of Caring Sciences*, 7(2), 67.

Tabachnick BG, Fidell LS. (2013). *Using multivariate statistics* (6th ed.). Boston: Pearson.

Tams CG, Euliano NR. (2015). Creating clinical decision support systems for respiratory medicine. *Proceedings of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 5335–5338.

Tanaka T, Kusakabe T, Ebihara K, Aizawa-Abe M, Aotani D, Yorifuji T, Satoh M, Ogawa Y, Nakao K. (2021). Practice guideline for lipodystrophy syndromes—clinically important diseases of the Japan Endocrine Society (JES). *Endocrine Journal*, 68, 1027–1042.

Tandon N, Kalra S, Balhara YPS, Baruah MP, Chadha M, Chandalia HB, Prasanna Kumar KM, Madhu SV, Mithal A, Sahay R, Shukla R, Sundaram A, Unnikrishnan AG, Saboo B, Gupta V, Chowdhury S, Kesavadev J, Wangnoo SK (2017). Forum for injection technique and therapy expert recommendations, India: The Indian recommendations for best practice in insulin injection technique. *Indian Journal of Endocrinology and Metabolism*, 21, 600–617.

- Tao L, Zhang C, Zeng L, Zhu S, Li N, Li W, Zhang H, Zhao Y, Zhan S, Ji H. (2020). Accuracy and effects of clinical decision support systems integrated with BMJ best practice–aided diagnosis: interrupted time series study. *JMIR medical informatics*, 8(1), e16912.
- Taunk K, De S, Verma S, Swetapadma A. (2019). A brief review of nearest neighbor algorithm for learning and classification. 2019 International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICCS). India, 2019,1255-1260.
- Tăuțan AM, Ionescu B, Santarnecchi E. (2021). Artificial intelligence in neurodegenerative diseases: A review of available tools with a focus on machine learning techniques. *Artificial Intelligence in Medicine*, 117, 102081.
- TEMĐ (2020). *Diabetes Mellitus ve Komplikasyonlarının Tanı, Tedavi ve İzlem Kılavuzu*. Ankara: Türkiye Endokrinoloji ve Metabolizma Derneği.
- TEMĐ (2022). *Diyabetes Mellitus ve Komplikasyonlarının Tanı, Tedavi ve İzlem Kılavuzu*. Ankara: Türkiye Endokrinoloji ve Metabolizma Derneği.
- TEMĐ (2024). *Diabetes Mellitus ve Komplikasyonlarının Tanı, Tedavi ve İzlem Kılavuzu*. Ankara: Türkiye Endokrinoloji ve Metabolizma Derneği.
- Thewjitcharoen Y, Prasartkaew H, Tongsumrit P, Wongjom S, Boonchoo C, Butadej S, Nakasatien S, Karndumri K, Veerasomboonsin V, Krittiyawong S, Himathongkam T. (2020). Prevalence, risk factors, and clinical characteristics of lipodystrophy in insulin-treated patients with diabetes: An old problem in a new era of modern insulin. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity*, 13, 4609–4620.
- Toğaçar M, Ergen B, Cömert Z. (2020). Detection of lung cancer on chest CT images using minimum redundancy maximum relevance feature selection method with convolutional neural networks. *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, 40(1), 23-39.
- Toh ZA, Berg B, Han QYC, Hey HWD, Pikkarainen M, Grotle M, He HG. (2024). Clinical decision support system used in spinal disorders: Scoping review. *Journal of Medical Internet Research*, 26, e53951.

- Turan N, Aydın GÖ, Kaya N. (2019). Subkütan enjeksiyon uygulamasında güncel yaklaşımlar. *Sağlık Bilimleri ve Meslekleri Dergisi*, 6(2), 406-411.
- T. C. Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü (2023). Türkiye Diyabet Programı 2023-202. <https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/birimler/saglikli-beslenme-ve-hareketli-hayat-db/Dokumanlar/Programlar/Turkiye-Diyabet-Programi.pdf> (Erişim Tarihi: 12.10.2024)
- Ucieklak D, Mrozinska S, Wojnarska A, Malecki MT, Klupa T, Matejko B. (2022). Insulin-induced lipohypertrophy in patients with type 1 diabetes mellitus treated with an insulin pump. *International Journal of Endocrinology*, 9169296.
- Vicino, F. (1998). The probabilistic neural network. *Substance Use & Misuse*, 33, 335–352. <https://doi.org/10.3109/10826089809115869>
- Viiigimaa M, Sachinidis A, Toumpourleka M, Koutsampasopoulos K, Alliksoo S, Titma T. (2020). Macrovascular complications of type 2 diabetes mellitus. *Current Vascular Pharmacology*, 18(2), 110-116.
- Vijithananda SM, Jayatilake ML, Hewavithana B, Gonçaves T, Rato LM, Weerakoon BS, Kalupahana TD, Silva AD, Dissanayake KD. (2022). Feature extraction from MRI ADC images for brain tumor classification using machine learning techniques. *Biomedical Engineering Online*, 21(1), 52.
- Wang K, Zhang S, Liu C, Chen Y. A meta-analysis and meta-regression on the prevalence of lipohypertrophy in diabetic patients on insulin therapy. *Therapie*. 2021 Nov-Dec;76(6):617-628.
- Wang F, Zhen Z, Wang B, Mi Z. (2018). Comparative study on KNN and SVM-based weather classification models for day-ahead short-term solar PV power forecasting. *Applied Sciences*, 8(1), 28.
- Wang J, Jiang X, Zhao L, Zuo S, Chen X, Zhang L, Lin Z, Zhao X, Qin Y, Zhou X, Yu XY. (2020). Lineage reprogramming of fibroblasts into induced cardiac progenitor cells by CRISPR/Cas9-based transcriptional activators. *Acta Pharmaceutica Sinica B*, 10(2), 313–326.

- Wang Q, Li G, Hang Y, Chen S, Qiu Y, Zhao W. (2023). Material classification and aging time prediction of structural metals using laser-induced breakdown spectroscopy combined with probabilistic neural network. *Materials (Basel)*, 16(16), 5599.
- Wang W, Huang R, Chen Y, Tu M. (2021). Values of ultrasound for diagnosis and management of insulin-induced lipohypertrophy: A prospective cohort study in China. *Medicine*, 100(29), e26507.
- Venkateswaran K, Kasthuri N, Shobika R, Kiruthiga R. (2014). A Systematic Study of Feature Extraction Algorithms. *International Journal of Applied Engineering Research*, 9(23):19403-19420
- World Health Organization (WHO). (2020). HEARTS D: diagnosis and management of type 2 diabetes (No. WHO/UCN/NCD/20.1).
- Wu J, Hicks, C. (2021). Breast cancer type classification using machine learning. *Journal of Personalized Medicine*, 11(2), 61.
- Xu XH, Carvalho V, Wang XH, Qiu SH, Sun ZL. (2020). Lipohypertrophy: Prevalence, clinical consequence, and pathogenesis. *Chinese Medical Journal (English Edition)*, 134(1), 47–49.
- Yagin FH, Cicek İB, Alkhateeb A, Yagin B, Colak C, Azzeh M, Akbulut S. (2023). Explainable artificial intelligence model for identifying COVID-19 gene biomarkers. *Computers in Biology and Medicine*, 154, 106619.
- Yıldırım A, Hacıhasanoğlu AB, Bozdemir N, Hacıhasanoğlu Aşıl, R. (2020). Diyabet Öz Yönetiminde Çok Disiplinli Ekip Yaklaşımı. *Turkish Journal of Family Medicine and Primary Care*, 14(3), 479-491
- Yu J, Wang H, Zhu M, Yan D, Fan B, Shi Y, Shen M, Liu X, He W, Luo D, Xu J. (2021). Detection sensitivity of ultrasound scanning vs. clinical examination for insulin injection-related lipohypertrophy. *Chinese Medical Journal*, 135(3), 353–355.
- Yuan J, Chen Y, Xuan Y, Cao L, Zhu J, Wang F, Zhou X, Ye Q, Liao L, Zheng Y, Zhou Q, Chen X, Chen M, Zhou W. (2016). Can the upper inner side of the

thigh become a new option for insulin injection?. *Current Medical Research and Opinion*, 32(7), 1319-1324.

Zeinali Y, Story BA. (2017). Competitive probabilistic neural network. *Integrated Computer-Aided Engineering*, 24(2), 105–118.

Zhang G, Romo-Anselmo E, Kwa T, Cohen O, Vigersky R, Chattaraj S. (2023). Advances in insulin infusion set in the new era of automated insulin delivery: A systematic review. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 17(2), 302–313.

Zhou G, E H, Kuang Z, Tan L, Xie X, Li J, Luo H. (2022). Clinical decision support system for hypertension medication based on knowledge graph. *Computers in Biology and Medicine*, 227, 107220.

EKLER

EK 1

Etik Kurul Onay Yazısı



EK 2

T.C. Sakarya Valiliği İl Sağlık M¼d¼rl¼đ¼ İzin Yazısı



EK 3

Tübitak Karar Yazısı



EK 4

Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu

Sayın Katılımcı;

Bu katıldığınız çalışma bilimsel bir araştırma olup, araştırmanın adı “**Diyabetli Bireylerde İnsülinin Neden Olduğu Lipohipertrofiyi Tespit Etmeye Yönelik Bir Karar Destek Sisteminin Geliştirilmesi**”dir. Lipohipertrofi (LH), diyabetli bireylerde özellikle aynı bölgeye tekrar tekrar insülin enjeksiyonu uygulanması sonucunda deri altında meydana gelen şişliklerdir. Diyabetli hastalar bu bölgelere insülin uyguladıklarında insülin emiliminde ve etkisinde farklılıklar oluşmaktadır. Bu durum, kan şekeri takibinin iyi yapılamamasına sebep olmakta; kan şekerinin olması gereken değer aralığının üzerine çıkma ya da altına düşme riskinde artışa sebep olmaktadır. Ayrıca, kan şekerinin yükselmesi sonucunda göz, böbrek, beyin ve kalp gibi organlarımız etkilenmektedir. Bu sebeple diyabetli hastalarda deri altında oluşan ve lipohipertrofi olarak adlandırılan bu şişliklerin insülin uygulanan karın, kol ve bacak bölgelerinde olup olmadığının taranması ve takibi çok önemlidir.

Lipohipertrofi, hastalar tarafından genellikle fark edilememekte, sağlık çalışanları tarafından ise yeterince takibi iyi yapılamamaktadır. Lipohipertrofiyi belirlemek için kullanılan en iyi yöntem günümüzde ultrason incelemesidir. Ancak bu yöntem günlük kullanım için uygun olmayıp zaman kaybına ve yüksek maliyete neden olmaktadır. Bu nedenle, lipohipertrofinin tespit edilebilmesi için kullanımı güvenli, ağrısız, hızlı, nispeten düşük maliyetli ve uygulaması kolay bir teknolojiye ihtiyaç vardır. Bu teknolojiye ulaşabilmemiz için sizden bazı ölçümler yapmamız gerekmektedir. Öncelikle sizden bazı kişisel ve hastalığınıza dair bilgiler alındıktan sonra ultrasonografi ve diğer ek ölçümleri yapılacaktır. Araştırma size herhangi bir risk ve rahatsızlık vermeyeceği gibi daha sıkı takip edileceğiniz için size yarar sağlayacaktır. Yapacağımız tarama ile lipohipertrofi varlığı hakkında bilgi sahibi olunacaktır. Bunun dışında size herhangi bir uygulama yapılmayacaktır. Araştırmaya 218 hasta alınması planlanmaktadır. Bu araştırmada sizin için herhangi bir risk yoktur. Araştırma hakkında ek bilgiler almak veya herhangi bir yan etkiyi bildirmek için 05422512100 nolu telefondan Doç. Dr. Havva SERT’e ulaşabilirsiniz.

Araştırmanın sonuçları bilimsel amaçla kullanılacaktır ve araştırma yayınlandığında kimlik bilgileriniz verilmeyecektir. Bu araştırmada yer almanız nedeniyle size herhangi bir ödeme yapılmayacaktır. Ayrıca araştırma kapsamında uygulamalar

sebebiyle sosyal güvenlik kuruluşundan hiçbir ücret istenmeyecektir. Bu araştırma Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi tarafından ve TÜBİTAK tarafından desteklenmesi planlanmaktadır. Bu araştırmada yer almak tamamen sizin isteğinize bağlıdır. Araştırmada yer almayı reddedebilirsiniz, bu durum herhangi bir cezaya ya da sizin yararınıza engel duruma yol açmayacaktır. Size ait tüm tıbbi ve kimlik bilgileriniz gizli tutulacaktır, ancak araştırmacılar ve resmi makamlar gerektiğinde tıbbi bilgilerinize ulaşabilir. Sizde istediğinizde tıbbi bilgilerinize ulaşabilirsiniz. Çalışmanın sonucu size bildirilmeyecektir. Bu formu imzalamakla siz veya yasal temsilciniz söz konusu erişime izin vermiş olacaksınız.

Çalışmaya Katılma Onayı

Yukarıda yer alan ve araştırmaya başlanmadan önce gönüllüğe verilmesi gereken bilgileri okudum ve sözlü olarak dinledim. Aklıma gelen tüm soruları araştırmacıya sordum, yazılı ve sözlü olarak bana yapılan tüm açıklamaları ayrıntılarıyla anlamış bulunmaktayım. Çalışmaya katılmayı isteyip istemediğime karar vermem için bana yeterli süre tanındı. Araştırmaya gönüllü olarak katıldığımı, istediğim zaman gerekçeli veya gerekçesiz olarak araştırmadan ayrılabileceğimi biliyorum. Bu koşullar altında, bana ait tıbbi bilgilerin gözden geçirilmesi, transfer edilmesi ve işlenmesi konusunda araştırma yürütücüsüne veya yürütücünün belirleyeceği bir sağlık mensubuna yetki veriyor ve söz konusu araştırmaya ilişkin bana yapılan katılım davetini hiçbir zorlama ve baskı olmaksızın büyük bir gönüllülük içerisinde; kabul ediyorum.

Gönüllünün Adı Soyadı:

İmza:

Tarih:

Yasal Temsilcinin

Adı-Soyadı:

İmza:

Tarih:

Görüşme Tanığının

Adı-Soyadı:

İmza:

Tarih:

Açıklamayı Yapan Araştırmacının

Adı-Soyadı:

İmza:

Tarih:

Araştırmayı Kabul Ediyorum:

Evet

Hayır



EK 5

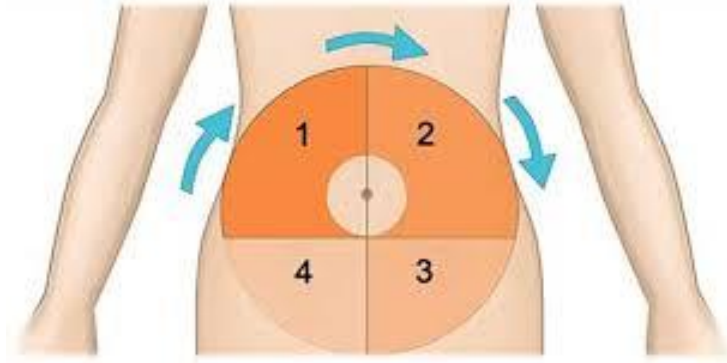
LH Tarama Formu

Hasta No:

Hastanın Adı-Soyadı:

Tarih:

1.KADRAN	2.KADRAN
Deri kalınlığı:	Deri kalınlığı:
Subkutan doku kalınlığı:	Subkutan doku kalınlığı:
Lipohipertrofi varlığı: a. Evet b. Hayır	Lipohipertrofi varlığı: a. Evet b. Hayır
Nodül: a. Var b. Yok Evre:	Nodül: a. Var b. Yok Evre:
AP: TR:	AP: TR:
Alan:	Alan:
Renk:	Renk:
Sertlik:	Sertlik:
4. KADRAN	3. KADRAN
Deri kalınlığı:	Deri kalınlığı:
Subkutan doku kalınlığı:	Subkutan doku kalınlığı:
Lipohipertrofi varlığı: a. Evet b. Hayır	Lipohipertrofi varlığı: a. Evet b. Hayır
Nodül: a. Var b. Yok Evre:	Nodül: a. Var b. Yok Evre:
AP: TR:	AP: TR:
Alan:	Alan:
Renk:	Renk:
Sertlik:	Sertlik:



EK 6

Hasta Bilgi Formu

Anket No:.....

Hastanın Adı-Soyadı:

Tarih:.....

Tel:

BİREYLERE İLİŞKİN TANIMLAYICI BİLGİLER

1. Yaş: Boy: Kilo: BKİ:

2.Cinsiyet: Erkek () Kadın ()

3.Eğitim Durumu:

Okur yazar değil() İlkokul () Ortaokul() Lise() Üniversite()
Lisansüstü()

4.Sigara kullanımı: Hayır () Evet ()yıldır

5.Diyabet Tipi: Tip 1 DM () Tip 2 DM()

6.Diyabet süresi: 1-5 yıl() 5-10 yıl () ≥ 10 yıl ()

7.Kronik komplikasyon varlığı

Retinopati() Nefropati () Nöropati () KAH ()

SVH () Periferik Vasküler Hastalık () Diyabetik ayak ()

8. İnsülin kullanma durumu: Hayır () Evet ()

9. İnsülin kullanma aracı: İnsülin pompası(SCİİ) () İnsülin kalem ()

10. İnsülin kullanma yılı : ≤ 2 () 3-9() ≥ 10 ()

11. Günlük insülin enjeksiyon sayısı: 1() 2 () 3 () 4 ()

12. İnsülin enjektörü kullananlarda iğne uzunluğu:

4 mm () 5mm() ≥ 6 mm ()

13. Günlük insülin dozu:

Bolus doz:

Bazal doz:

14. Kullanılan vücut bölge sayısı (karın, kol bacak):

Tek bölge() İki bölge() Üç bölge()

15.İğnelerin yeniden kullanım durumu: Hayır () Evet ()

16.İğnenin yeniden kullanım sıklığı: <4 kez () ≥4 kez()

17. Enjeksiyon bölgelerinde rotasyon yapma : Hayır () Evet ()

18. Rotaston yapıyorsa; Yanlış rotasyon () Doğru Rotasyon ()

19. Aktif kullanılan el: Sağ () Sol () Her ikisi ()

20. Glikozile hemoglobin (HbA1c) değeri:

<7 () 7-7.9() 8-8.9() ≥9()

21. Deri direnci:

1. Kadran: 2. Kadran: 3. Kadran : 4. Kadran:

22. Subkutan dokunun vücut sıcaklığı:

1. Kadran: 2. Kadran: 3. Kadran : 4. Kadran

23. PPG değeri:

1. Kadran: 2. Kadran: 3. Kadran : 4. Kadran

24. SpO2 değeri:

1. Kadran: 2. Kadran: 3. Kadran : 4. Kadran

25. Nabız sayısı:

1. Kadran: 2. Kadran: 3. Kadran : 4. Kadran

ÖZGEÇMİŞ

I. Bireysel Bilgiler

Adı-Soyadı : Kübra ÜÇGÜL

Uyruğu : TC

Yabancı dili : İngilizce

II. Eğitimi (tarih sırasına göre yeniden eskiye doğru)

2020-2025- Sakarya Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü- Hemşireliği ABD
(Doktora)

2015- 2018- Koç Üniversitesi Hemşirelik (Yüksek Lisans)

2011- 2014- Koç Üniversitesi Hemşirelik Yüksekokulu (Lisans)

III. Ünvanları (tarih sırasına göre eskiden yeniye doğru)

Öğretim Görevlisi / Sakarya Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Hemşirelik
Bölümü (2019-Halen)

IV. Mesleki Deneyimi

Hemşire / Haydarpaşa Numune Hastanesi (2015-2018)

Hemşire / Karasu Devlet Hastanesi (2018-2019)

Öğretim Görevlisi / Sakarya Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Hemşirelik
Bölümü (2019-Halen)

V. Üye Olduğu Bilimsel Kuruluşlar

-

VI. Bilimsel İlgi Alanları

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

Gulbahar Eren Merve, **Üçgül Kübra**, Sert Havva. Effectiveness of Interventions on Death Anxiety and Fear in Adults with Chronic Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. Omega (Westport). 2023 Mar 29:302228231167725. doi: 10.1177/00302228231167725.

Sert Havva, Gulbahar Eren Merve, **Ucgul Kubra**. Occupational fatigue, compassion competence and caring behaviours of intensive care nurses: A structural equation modelling approach. *Nurs Crit Care*. 2024 Jan 4. doi: 10.1111/nicc.13027.

Sert Havva, Horzum M. Barış, Eren Merve Gülbahar, Pelin Meryem, & **Ucgul Kubra**. (2024). The disaster of the century, Kahramanmaraş earthquake: A qualitative study on the experiences of the earthquake victims and search and rescue teams. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 107, 104462.

Sert Havva, Gulbahar Eren Merve, Meşe Tunç Aylın, **Üçgöl Kübra** & Çevirme Ayşe. (2024). Effectiveness of spiritual and religious interventions in patients with cardiovascular diseases: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Health Psychology*.

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında (Proceedings) basılan bildiriler

Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

VII. Bilimsel Etkinlikleri

Ödüller

Projeleri

Havva SERT, Mehmet Barış HORZUM, Merve GÜLBAHAR EREN, Meryem PELİN, **Kübra ÜÇGÖL**. Depremzedelerin ve Arama-Kurtarma Ekiplerinin Afet Önleme ve Müdahalesine Yönelik Deneyimleri: Ulusal Afet Önleme ve Müdahale Eylem Planına Hazırlık. Tübitak 1002 C. Top. Bütçe: 45.000,00 TL (Tamamlandı).

VIII. Diğer Bilgiler

Kurslar ve katıldığı eğitim seminerleri