



MAKÜ

CPHS

APRIL /NİSAN 2025 VOLUME /CİLT 6 ISSUE /SAYI 1

CURRENT PERSPECTIVES ON HEALTH SCIENCES

Sağlık Bilimlerinde
Güncel Yaklaşımlar

BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
Sağlık Bilimleri Fakültesi

FACULTY OF HEALTH SCIENCES
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY UNIVERSITY

ISSN: 2757-8585



OPEN
ACCESS

Current Perspectives on Health Sciences

Volume / Cilt : 6. Number / Sayı: 1. 2025

Sağlık Bilimlerinde Güncel Yaklaşımlar

Yılda üç kere yayınlanır / Published three times a year

ISSN: 2757-8585

İmtiyaz Sahibi

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Adına

Prof. Dr. Hüseyin DALGAR

Rektör

Editörler Kurulu / Editorial Board

Editör / Editor in Chef

Prof. Dr. Ahmet Hulusi DİNÇOĞLU

Editör Yardımcıları / Associate Editors

Dr. Öğr. Üyesi Handar ÖZDEMİR

Dr. Öğr. Üyesi Özge YEŞİLDİR

Sekreteryası / Editorial Secretarial

Arş. Gör. Hasan ÖZBEK

Redaktör / Redactor

Dr. Öğr. Üyesi Feray GENÇER BİNGÖL

Dr. Öğr. Üyesi Hatice ERDEM ÖNDER

Yazım Editörü / Text Editor

Dr. Öğr. Üyesi Sümeyye KEMANECİ

Dr. Öğr. Üyesi Ayşe UÇAK

Dil Editörü / Text Editor

Dr. Öğr. Üyesi Şevkinaz DOĞAN

İstatistik Editörü / Statistics Editor

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÖZGÜR

Mizanpaj, Sayfa Tasarımı ve Dizgi /

Layout, Page Design and Composition

Arş. Gör. Dr. Cansu BEKAR

Zuhal ÇALIŞKAN

Yönetim Yeri

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

Sağlık Bilimleri Fakültesi Dekanlığı

İstiklal Yerleşkesi 15030 BURDUR

Yayın Kurulu / Publication Board*

Prof. Dr. Zafer GONULALAN, Erciyes Üniversitesi

Prof. Dr. Jamila SMANALİEVA, Technische Universität Dresden

Prof. Dr. Gülşah KANER, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi

Prof. Dr. Maryam RASSOULİ, University of Nizwa

Doç. Dr. Murat TOMRUK, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

Doç. Dr. Sevgül DÖNMEZ, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi

Doç. Dr. Elçin EFTELİ, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

Doç. Dr. Yalçın KANBAY, Artvin Çoruh Üniversitesi

Doç. Özlem GÜNER, Sinop Üniversitesi

Doç. Dr. Adile TÜMER, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi

Doç. Nursel ALP DAL, Munzur Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Eda AÇIKGÖZ ATAY, Hasan Kalyoncu Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Aysel DOĞAN, Toros Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Hülya YILMAZ, Bursa Uludağ Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Saadet ÇÖMEZ, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Merve ÇAMLİBEL, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Ayşe SEZER BALCI, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Handan ÖZDEMİR, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Arif İÇER, Amasya Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Hacı Ömer YILMAZ, Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Gönül KILAVUZ ÖREN, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Gülhan ŞEN, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÖZGÜR, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Buket ŞİMŞEK ARSLAN, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Ruslan Adil Akai Tegin, Kyrgyz-Turkish Manas University

Dr. Jerina RUGJI, UW-Madison Postdoctoral Association

Dr. Muhammad Asim Ali, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

Dr. Ambreen HAMADANİ, Sher-e-Kashmir University

Tüm hakları saklıdır. Bu Derginin tamamı ya da Dergide yer alan bilimsel çalışmaların bir kısmı ya da tamamı Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dekanlığı'nın yazılı izni olmaksızın elektronik, mekanik, fotokopi ya da herhangi bir kayıt sistemiyle çoğaltılamaz, yayınlanamaz.

E-posta: sbgy@mehmetakif.edu.tr

Web Adresi: <https://sbgy.mehmetakif.edu.tr/index.php>

İletişim: 0248 213 3535

Online Makale Gönderme (Online Submission)

<https://dergipark.org.tr/tr/journal/3830/submission/step/manuscript/new>

Dergimizde yayınlanan makaleler, "iThenticate & Turnitin intihal analiz programı" kullanılarak incelenmeye tabi tutulmaktadır.

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

◆ Papers/Makaleler

Original Article/Araştırma Makalesi

Determination of the Hygiene Quality of Food Workers, Surface Areas and Ambient Air in Mass Catering Places

Toplu Beslenme Yerlerinde Gıda Çalışanları, Yüzey Alanları ve Ortam Havası Hijyen Kalitesinin Belirlenmesi

Ahmet Hulusi DİNÇOĞLU, Zühal ÇALIŞKAN, Gizemnur GÜRCAN 31-38

Investigation Of The Effectiveness Of Urolithin-A On Fecal Scores In Calves With Non-Infectious Diarrhea

Ürolitin-A'nın Non-Enfeksiyöz İshalli Buzağılarda Dışkı Skorları Üzerine Etkinliğinin Araştırılması

Deniz ALIÇ URAL, Kerem URAL, Serdar PAŞA, Mehmet GÜLTEKİN, Hasan ERDOĞAN, Songül ERDOĞAN, Cansu BALIKÇI, İdil KIZILKANAT 39-46

Evaluation of the Medical Artificial Intelligence Readiness Status of Medical Faculty Students: A Cross-Sectional Study

Tıp Fakültesi Öğrencilerinin Tıbbi Yapay Zeka Hazır Bulunuşluk Durumlarının Değerlendirilmesi: Kesitsel Bir Çalışma

Fatih DENİZLİ 47-55

Review/Derleme

Reporting of Bibliometric Reviews: Translation of the BIBLIO Checklist into Turkish

Bibliyometrik İncelemelerin Raporlanması: BIBLIO Kontrol Listesinin Türkçe'ye Çevirisi

Esra ÖZKAN, Hatice ÖZSOY, Askeri ÇANKAYA 1-8

Mechanisms of Spasticity and Current Evaluation Methods

Spastisite Mekanizması ve Güncel Değerlendirme Yöntemleri

Sezen KARABÖRKLÜ ARGUT 9-22

Genetic Research and The Future of Nutrition Therapy

Genetik Araştırmalar ve Beslenme Tedavisinin Geleceği

Tuğba KAHVECİOĞLU MÜNGAN, Funda ELMACIOĞLU 23-30



SAĞLIK BİLİMLERİNDE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

CURRENT PERSPECTIVES ON
HEALTH SCIENCES

CPHS



Review

Reporting of Bibliometric Reviews: Translation of the BIBLIO Checklist into Turkish

Bibliyometrik İncelemelerin Raporlanması: BIBLIO Kontrol Listesinin Türkçe'ye Çevirisi

Esra ÖZKAN¹, Hatice ÖZSOY², Askeri ÇANKAYA³

¹Dr. Öğr. Üyesi, Giresun Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Cerrahi Hastalıklar Hemşireliği Anabilim Dalı, Giresun, Türkiye

²Dr. Öğr. Üyesi, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Gölhisar Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu İlk ve Acil Yardım Programı, Burdur, Türkiye

³Dr. Öğr. Üyesi, Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Cerrahi Hastalıklar Hemşireliği Anabilim Dalı, Elazığ, Türkiye

Received 16 March 2024

Accepted 8 October 2024

Published Online 30 April 2025

Article Code CPHS2025-6(1)-1-8.

Keywords

bibliometric analysis
checklist
health

Anahtar kelimeler

bibliyometrik analiz
kontrol listesi
sağlık

Corresponding Author

Askeri ÇANKAYA
askericankaya2156@gmail.com

ORCID

E ÖZKAN
0000-0001-5951-3466

H ÖZSOY
0000-0001-7165-2688

A ÇANKAYA
0000-0002-1637-3106

Abstract

Bibliometric analysis and bibliometric mapping use statistical tools and mathematical methods to examine and evaluate data on the year of study, keywords used, number of citations, topics, authors, countries and organizations around specific variables to reveal quantitative and qualitative data. Existing guidelines guide researchers to present findings from different study designs. To enhance the quality and transparency of health research, the EQUATOR guideline list includes checklists (Enhancing the Quality and Transparency of Health Research). Recently, it is observed that bibliometric analyses are rapidly increasing in the field of health. This study was conducted to translate the BIBLIO checklist added to EQUATOR into the Turkish language, to make it more understandable for researchers in bibliometric studies and to strengthen the reporting of bibliometric studies.

Öz

Bibliyometrik analiz ve bibliyometrik haritalama, nicel ve nitel verileri ortaya koymak adına istatistiksel araçlar ve matematiksel yöntemler kullanarak araştırmaların çalışma yılı, kullanılan anahtar sözcükler, atıf sayısı, konular, yazarlar, ülkeler ve kuruluşlara yönelik verilerin belirli değişkenler etrafında incelenmesi ve değerlendirilmesini sağlamaktadır. Farklı çalışma tasarımlarının bulgularını sunmak adına mevcut kılavuzlar araştırmacılara rehberlik etmektedir. Sağlık araştırmalarının kalite ve şeffaflığını artırmak için EQUATOR kılavuz listesinde kontrol listeleri (Enhancing the Quality and Transparency of Health Research) yer almaktadır. Son zamanlarda sağlık alanında da hızla bibliyometrik analizlerin arttığı gözlemlenmektedir. Bu çalışma, EQUATOR'a eklenmiş BIBLIO kontrol listesinin Türk diline kazandırılması, bibliyometrik çalışmalarda araştırmacılar için daha anlaşılır bir hale getirilmesi ve yapılacak olan bibliyometrik çalışmaların raporlanmasının güçlendirilmesi amacıyla yapıldı.

To cite this article:

Özkan E, Özsoy H, Çankaya A. Reporting of Bibliometric Reviews: Translation of the BIBLIO Checklist into Turkish. Curr Perspect Health Sci. 2025;6(1):1-8.

GİRİŞ

Bibliyometrik analiz, bilimsel verileri titizlikle inceleyen ve niceliksel analiz yöntemleri kullanarak belirli bir alanın evrimsel ayrıntılarını ortaya çıkaran önemli bir araştırma yaklaşımıdır (1). Bu analiz yöntemi, yazılı yayınların niceliksel ve çeşitli parametreler üzerinde gerçekleştirilen detaylı değerlendirmelerini içerir (2).

"Bibliyometri" terminolojisi 1969 yılında Pritchard tarafından eski "istatistiksel bibliyografya" teriminin yerine kullanılmış ve "matematik ve istatistiksel yöntemlerin kitaplara ve diğer iletişim araçlarına uygulanması" olarak tanımlanmıştır (3,4). Fairthorne (1969) bu kavramın kapsamını genişleterek "kaydedilmiş söylemin ve ona ait davranışların özelliklerinin niceliksel olarak ele alınması" olarak tanımlamıştır (5). Pritchard ise bibliyometriyi "yazılı iletişim süreçleri kullanılarak bir disiplinin doğası ve gelişim sürecine ışık tutmak" olarak tanımlamıştır (3).

Sistematisik inceleme, bibliyometrik analizlerin yürütülmesiyle yakından ilgilidir. Birçok bilim insanı bunu bilimsel sürecin gerekli bir parçası ve başlangıcı olarak görmektedir (6). Sistematisik bir inceleme, genellikle belli bir alana odaklanan literatürün eksiksiz bir biçimde ortaya çıkarılmasına aracılık etmektedir. Sonuç olarak, sağlık bilimlerinde bu tür araştırmaları tartışan ve değerlendiren çok sayıda makale yayınlanmaktadır. Buna karşılık bibliyometri, birçok farklı alanda kullanılan analitik bir uygulamadır (7). Temel olarak konu, yazar, atıflar, başlık gibi çeşitli parametreleri kullanarak nicel yaklaşımları bilimsel alanlara uygulayan bir disiplindir (8). Bu analiz türü, literatürün büyüme sürecini anlamak ve araştırma modellerini izlemek için değerli bir araçtır. Bilim dünyasında veri miktarı hızlı bir şekilde artmaktadır. Bilimin birbiri içindeki iş birliğinin bibliyometrik yöntemleri ile istatistiksel analizlerinin yapılması ya da görsel haritalarının sunulması yapılacak yayınlara ve yayın kalitesine katkı sağlamaktadır (7,9). Ayrıca, bilimsel üretkenlik ve araştırmanın çeşitli yönlerden vurgulanması ve araştırmacıların yayın tercihleri hakkında da faydalı bilgiler sunmaktadır (10).

Bibliyometrik analiz disiplinlerin ileriye dönük eğilimlerini tahmin etmeyi sağlar. Aynı zamanda belirli alanlardaki araştırma durumunu ve gelişme eğilimlerini analiz etmek amacıyla da yaygın olarak kullanılmaktadır (11,12). Bu analitik araç, bilimsel ve teknolojik başarıların temel göstergelerinden biri olarak kabul edilen makaleleri inceler. Yazarlara bilim dünyasındaki ilerlemeleri anlama ve yorumlama imkânı tanımaktadır (13-16). İlâveten sosyal bilimlerdeki temel araştırma yöntemlerinden biri

olan bibliyometrik incelemelerin sağlık alanında da ulusal ve uluslararası literatürde yayın sayısının hızla arttığı saptanmıştır (17-24).

Bibliyometrik Analiz ve İçerik Analizi Arasındaki Farklar

Nicel içerik analizi, belirli bir örneklem içindeki çalışmaların sayısal olarak incelenmesini içerir. Bu süreçte, daha önceden belirlenmiş bir analiz cetveli (kodlama şeması) kullanılarak veriler kodlanır. Kodlama, verilerin belirli kategorilere veya temalara atanması anlamına gelir. Kodlama işlemi tamamlandıktan sonra, bu kategorilerde veya temalarda ne kadar sıklıkla veri bulunduğu sayısal olarak (örneğin, frekans tabloları kullanılarak) analiz edilir. Frekans tabloları, belirli bir kod veya kategori için verilerin kaç kez ortaya çıktığını gösteren tablolarıdır. Bu, hangi temaların veya kategorilerin daha yaygın olduğunu anlamaya yardımcı olur (25). Bibliyometrik çalışmaların kökeni incelendiğinde, bu alandaki ilk uygulamaların "İstatistiksel Bibliyometri" adıyla 1920'li yıllarda ortaya çıktığı görülmektedir. Oldukça köklü bir geçmişe sahip olan bibliyometrik çalışmalar, "İstatistiksel Bibliyometri" kavramının ötesine geçerek, günümüzdeki kavramsal boyutuna 1969 yılında ulaşmıştır (26). Bibliyometrik analizler, bilimsel yayınların çeşitli bibliyometrik bilgilerinden yola çıkarak, bu yayınların performansını (örneğin, etki ve üretkenlik gibi ölçütler) ve bilimsel alanlardaki ilişkilerini analiz eder. Bu analizlerde kullanılan yöntemlerden bazıları, ortak kelime analizi ve ortak atıf analizidir. Bu yöntemlerle, bilimsel yayınların, yazarların, yapılan atıfların, çalışılan ortak konuların ve bunlar arasındaki ilişkilerin (örneğin, kimlerin hangi konularda birlikte çalıştığı gibi) sayısal olarak incelenmesi sağlanır. Kısacası, bibliyometrik analizler, bilimsel çalışmaların etkisini ve bilimsel topluluklar içindeki ağ ilişkilerini nicel verilerle ortaya koyar. Dolayısıyla bibliyometrik analiz içerik analizini kapsayan farklı analiz yöntemleri kullanılarak uygulanan bir metottur (21,25).

Veri Tabanları

Bibliyometrik analiz için ilk aşama, araştırma alanını bilimsel nitelikte sunabilecek en iyi veri kaynağına karar vermektir. Günümüzde bibliyografik incelemede kullanılabilecek veri tabanlarının sayısı oldukça fazladır (örneğin PubMed, EMBASE, SpringerLink, vb.), ancak bunların hepsi bibliyometrik analizlerin kolayca yapılmasına imkân sunmamaktadır. Bibliyometrik bir analizde kullanılan ana bibliyografik veri tabanlarının; Web of Science (WoS), Scopus, Google Scholar, Microsoft Academic ve Dimensions olduğu bilinmektedir (27).

Performans Bibliyometrik Analizi Yapmak İçin Yazılım Araçları

Veriler elde edildikten sonra uzman bir performans analizi sürecinin geliştirilmesidir. Bu süreçte, belirli bir araştırma alanının üretimi ve etkisi hakkında veriler elde edilir. Yayın çekirdeğinden yayın sayısı, atıf sayısı, yüksek atıf alan yayınlar, atıf almayan yayınların sayısı, araştırma alanı sınıflandırması ve normalize edilmiş atıflar gibi çeşitli göstergeler çıkarılabilmektedir. Böylece bibliyometrik veri analizinde kullanılan yazılım araçları, bilimsel değerlendirme için araştırmacıya araştırma sürecinde kullanabileceği yeterli göstergeler sunabilmektedir (27).

Bibliyometrik Analizde Bilimsel Haritalama Yazılım Araçları

Bibliyometrik analiz, farklı değişkenler (yazarlar, kurumlar, ülkeler, vb.) arasındaki ilişkiyi temsil eden bilimsel haritalarla geliştirilebilir. Bu nedenle bir bilimsel haritalama, disiplinlerin, alanların, uzmanlıkların, bireysel makalelerin, yazarların iş birliğini görsel ağlar ile sunmaktadır (27). Bibliyometrik yöntem için ağ analizi yapmada kullanılan birçok yazılım mevcuttur (28-31). (Tablo 1'de bilimsel haritalama analizi araçları ve özellikleri verilmiştir (27).

Görsel Analiz

Görsel analiz, nicel özellikler, coğrafi dağılım, konu dağılımı, kelime sıklığı dağılımı gibi literatürün özelliklerini açıkça tanımlayabilmektedir. Bilgi alanı haritalaması, bilimsel bilginin gelişim sürecini ve yapısal ilişkisini gösteren bir tür görseldir (14). Genel olarak, toplam yayın sayısı ve toplam alıntı

sayısı, üretkenlik ve etki düzeyini yansıtan iki ana perspektif olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır (32). Görsel analiz ile araştırmacıların bir bilgi yapısı oluşturmaya yardımcı olmak, araştırmaların mevcut durumunu makro bir bakış açısıyla anlamak ve hedef araştırma alanlarındaki sıcak noktaları belirlemek mümkündür. En yaygın araştırma yöntemleri arasında küme, eş-oluşum, ortak atıf ve patlama analizi (burst analysis) yer almaktadır. Küme analizi, verileri benzerlik derecelerine göre kategorize eden istatistiksel bir yöntemdir ve belirli bir konudaki çalışma içeriğinin belirli dağılımını ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır (33).

Makale yazımı sırasında araştırmacılara yol göstermek için güncel literatürde kullanılan kılavuzlar mevcuttur. Sağlık araştırmalarının kalite ve şeffaflığını artırmak için EQUATOR kılavuz listesinde kontrol listeleri (Enhancing the Quality and Transparency of Health Research) yer almaktadır (34). Farklı çalışma tasarımlarının bulgularını sunmak adına literatürde bulunan farklı birçok mevcut kılavuz (STROPE, CONSORT, PRISMA) araştırmacılara rehberlik etmektedir. Bu kontrol listeleri raporlama kılavuzları olarak isimlendirilmektedir. Raporlama kılavuzlarının kullanılması makale yazımı sırasında belirli bir akış sunarak, metodolojiye uygunluğu kontrol etmektir. Dolayısı ile dergi editörleri ve hakemlerinin beklentileri konusunda somut bilgi çerçevesinde araştırmacılara bir standardizasyon sunmaktadır (35). Verilen bu bilgiler çerçevesinde güncel literatür incelendiğinde sağlık alanında da bibliyometrik analizlerin artış gösterdiği saptanmış olup; (15,16, 36-38) bu çalışma ile bibliyometrik analize yönelik geliştirilen ve EQUATOR'a eklenmiş olan bibliyometrik kontrol listesinin (39) Türkçe'ye kazandırılması amaçlanmaktadır.

Tablo 1. Bilim Haritalama Analizi Araçlarının Özellikleri

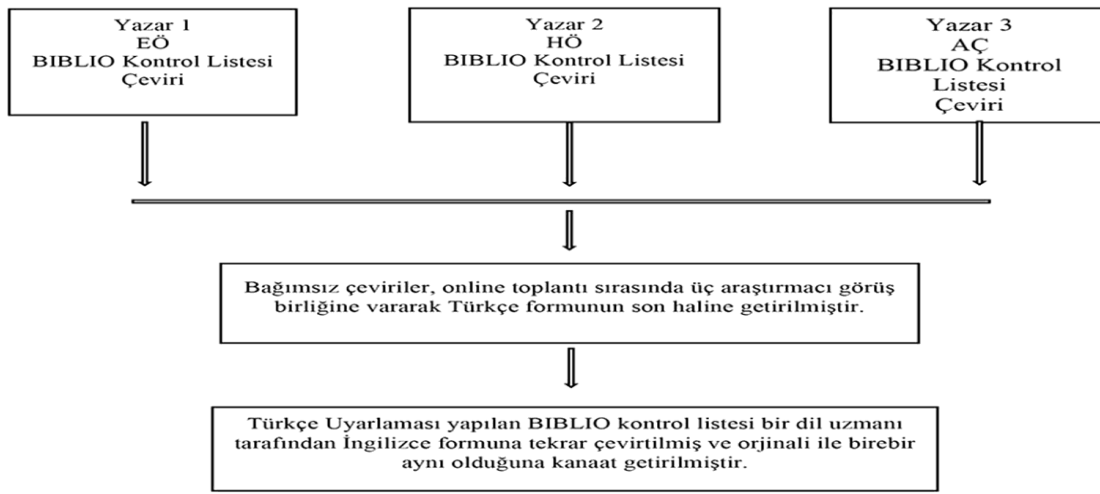
Araçlar	Analiz edilen sürüm	Yıl	Geliştirici	İşletim Sistemi	Kullanıcı arayüzü
Bibexcel	2017	2017	Umeå Üniversitesi (İsveç)	Win	Masaüstü
Biblioshiny		2019	Napoli Federico II Üniversitesi (İtalya)	Runs in R	Web
BiblioMaps	3.2	2018	Lyon Üniversitesi (Fransa)	Runs in Python	Web
CiteSpace	5.5.R2	2019	Drexel Üniversitesi (ABD)	Win	Masaüstü
CitNetExplorer	1.0.0	2014	Leiden Üniversitesi (Hollanda)	Win, OSX, Linux	Masaüstü
SciMAT	1.1.04	2016	Granada Üniversitesi (İspanya)	Win, OSX, Linux	Masaüstü
Sci ² Tool	1.3	2018	Ağ Bilimi Merkezi için Siber Altyapı (ABD)	Win, OSX, Linux	Masaüstü
VOSviewer	1.6.13	2019	Leiden Üniversitesi (Hollanda)	Win, OSX, Linux	Masaüstü

Çeviri Sürecinde Uygulanan Aşamalar

Türkçe çevirisi için bibliyometrik kontrol listesini geliştiren yazardan izin alındı (39). Kontrol listesinin orijinaline uygunluğunu değerlendirmek için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler arasında en sık kullanılan geleneksel ve seri yaklaşımlardır (40). Araştırmada geleneksel yaklaşım yöntemi kullanıldı. Kontrol listesinin, üç araştırmacı tarafından (EÖ, HÖ, AÇ) birbirinden bağımsız bir şekilde Türkçe diline çevirisi yapıldı. Çevirilerin tamamlanmasından sonra çevrimiçi yapılan bir toplantıda her bir ifadenin Türkçe ve İngilizce anlam karşılıkları dikkate alınarak ayrı ayrı kontrol edildi. Kontrol listesinin tüm ifadeleri araştırmacılar tarafından tartışılarak öneriler

doğrultusunda gerekli düzenlemeler yapıldı. Ortak görüş birliği sağlandı ve Türkçe kontrol listesi oluşturuldu. Araştırmacılar tarafından Türkçe çevirisi yapılan bibliyometrik kontrol listesi, bir dil uzmanı tarafından geri çeviri yöntemi ile Türkçe'den İngilizce'ye çevirisi yapıldı. Aradaki tutarlılık, uyum incelendi. Türkçe çevirisi yapılan ölçeğin geri çeviri sonrası İngilizce formu ile orijinal formun karşılaştırılması sonucunda iki formun maddeleri arasında dil açısından benzerlik bulundu. Süreçte izlenen akış diyagramı Şekil 1'de gösterilmektedir.

Bibliyometrik araştırmalarda kullanılmak üzere ele alınacak olan kontrol listesinin Türkçe versiyonu Tablo 2'de sunulmuştur.



Şekil 1. Çeviri Uygulama Sürecine İlişkin Akış Şeması

Tablo 2. Bibliyometrik İncelemelerinin Raporlanması İçin BIBLIO Kontrol Listesi

Bölüm/Konu	Madde No	Kontrol Listesi Maddeleri	Rapor Edilen Sayfa No
Başlık			
Tanımlama	1	Çalışma başlığının bibliyometrik bir inceleme olarak tanımlanması	
Konular/Başlıklar	2	İncelenen temel konular/başlıklar ve zaman aralığının belirtilmesi	
Özet			
Yapılandırılmış özet	3	Yapılandırılmış özet (uygun olduğu şekilde): konunun önemi, yöntemler, bulgular (temel bulgular) ve sonuçlar	
Giriş/Konunun Önemi			
Gerekçe/Açıklama	4	Mevcut bilgi ve epidemiyolojik bilgilerin ifade edilmesi	
Amaçlar	5	Amaç(lar)ın veya soru(lar)ın açıklanması	
Yöntem(ler)			
Veri tabanları (veri kaynakları)	6	Tüm bilgi kaynaklarının açıklanması (örneğin elektronik veri tabanları, çalışma yazarlarıyla iletişim, deneme kayıtları veya diğer resmi bir yayın sürecinden geçmemiş literatür kaynakları v.b.)	
Tarama yöntemleri	7	Tarama için anahtar kelimeler ve sistematikleştirme kriterlerinin belirlenmesi (arama tarihi, dil, belge türü).	
Zaman aralığı	8	İncelemenin kapsadığı dönem ve gerekçesinin belirtilmesi	
Uygunluk kriterleri	9	Tüm dahil etme ve hariç tutma kriterlerinin; dil, çalışma tasarımı, yayın türü ve zaman aralığının açıklanması	

Tablo 2. Bibliyometrik İncelemelerinin Raporlanması İçin BIBLIO Kontrol Listesi (devamı)

Bölüm/Konu	Madde No	Kontrol Listesi Maddeleri	Rapor Edilen Sayfa No
Veri düzenleme (veri seçim yöntemi)	10	Konu ile ilişkisi olmayan makalelerin dışlanması; tekrarlayan ve konu dışı makalelerin dahil edilmemesi (başlık, özet ve içerik değerlendirildikten sonra).	
Kalite değerlendirmesi (isteğe bağlı)	11	Kontrol listesi kullanılarak makalelerin üç yazar tarafından değerlendirilmesi	
Veri sentezi	12	Özetleme, işleme, birleştirme, tablolar veya şematik gösterimler için kullanılan yöntemlerinin açıklanması Verilerin nasıl analiz edildiğinin açıklanması	
Bulgular			
Tanımlayıcı bulgular (istatistikler)	13	- Tarama ve dahil edilme sürecinin ayrıntılarını bir akış diyagramında sunulması - Atıf sayısı (yayın sayısı, yayın yılı, belge türü, yayınlandığı ülke, en yüksek etkiye sahip makaleler, etkili yazarlar, etkili makaleler, en yüksek üretime sahip yazarlar, en iyi dergiler, en iyi kurumlar, ...)	
Şematik harita ve eğilim (trend)	14	Atıfları, dergileri, yazarları, en iyi dergileri, zaman içindeki eğilimleri, güncel literatürü ve ilgili göstergeleri (uygun olduğu şekilde) sunmak için uygun bir yazılım kullanarak şematik haritaların ve eğilimlerin özetlenmesi ve/veya sunulması (41-45).	
Tablolaştırılması ve özetlenmesi	15	Genel öneri: İncelenen çalışmalar farklı alt başlıklar ve farklı senaryolara göre özetlenebilir ve düzenlenebilir. Ne olursa olsun, sonuçların her bir alt başlığı kapsayan ayrı tablolarda sunulması gerekmektedir. Aşağıda, bulguların özetlenmesine yardımcı olabilecek bazı seçenekler yer almaktadır. Seçenek 1 - Sunumun tarihsel bir bakış açısıyla başlatılması [konuyla ilgili ilk yayın ne zaman ve kim tarafından yapıldı]. - İncelenen makalelerin rapor edilmesi. Bulgular ayrı bir tabloda listelenmelidir. Ayrıca, inceleme türünün de belirtilmesi (kapsam belirleme incelemesi, anlatı incelemesi, sistematik inceleme ve meta-analiz). - Bulguların çalışma tasarımlarına ve ana çalışma türlerine göre özetlenmesi Seçenek 2 - Sunumun tarihsel bir bakış açısıyla başlatılması [konuyla ilgili ilk yayın ne zaman ve kim tarafından yapıldı]. - İncelenen makalelerin rapor edilmesi. Bulgular ayrı bir tabloda listelenmelidir. Ayrıca, derleme türü (kapsamlı inceleme, anlatısal inceleme, sistemik inceleme ve meta-analiz) belirtilmelidir. - Bulguların sonuç ölçütlerine veya popülasyonlara göre özetlenmesi. Örneğin, bkz. (46). Seçenek 3 - Sunumun tarihsel bir bakış açısıyla başlatılması [konuyla ilgili ilk yayın ne zaman ve kim tarafından yapıldı]. - İncelenen makalelerin rapor edilmesi. Bulgular ayrı bir tabloda listelenmelidir. Ayrıca, inceleme türünün de belirtilmesi (kapsam belirleme incelemesi, anlatı incelemesi, sistematik inceleme ve meta-analiz). - Bulguların konseptte göre özetlenmesi (47). Seçenek 4. - Sunumun tarihsel bir bakış açısıyla başlatılması [konuyla ilgili ilk yayın ne zaman ve kim tarafından yapıldı]. - İncelenen makalelerin rapor edilmesi. Bulgular ayrı bir tabloda listelenmelidir. Ayrıca, inceleme türünün de belirtilmesi (kapsam belirleme incelemesi, anlatı incelemesi, sistematik inceleme ve meta-analiz). - Bulguları, ana konuyla ilgili farklı alt başlıklara göre özetleyin (48).	
Bulguların Sentezi	16	Bulguların mümkün olduğunca sentezlenmesi, eksikliğin belirlenmesi ve bir model, hipotez vb. önerilmesi (Mevcut ise).	
Tartışma			
Kanıt Özeti	17	Ana bulguların özetlenmesi. Bulgular daha "genel" veya "erişilebilir" terimlerle sunulması	
Yorumlama	18	Bulgularla uyumlu yorum eklenmesi. Bildirilen sonuçlar, benzerlikler ve farklılıklar için açıklamalar etkili olacaktır.	
Güçlü yönler ve sınırlılıklar	19	Güçlü yönleri ve sınırlılıkları tartışılması	
Sonuç(lar)	20	Araştırma soruları ve amaçları açısından sonuçların genel bir yorumunun sunulması, ayrıca potansiyel etkilerinin de değerlendirilmesi.	

SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak, bibliyometrik çalışmaların şeffaf ve doğru raporlanması için BIBLIO kontrol listesi, Montazeri ve arkadaşları tarafından 2023 yılında geliştirilmiştir. Bu kontrol listesinin, EQUATOR'a eklenen İngilizce versiyonunun Türkçe çevirisinin de Türk araştırmacılara rehberlik edeceği düşünülmektedir.

Bibliyometrik çalışmalar, sağlık alanındaki araştırmalarda önemli bir rol oynamaktadır. Bu çalışmaların şeffaf ve doğru bir şekilde raporlanması, araştırma sonuçlarının güvenilirliğini artırır ve bilimsel literatüre katkı sağlar. Montazeri ve arkadaşları tarafından 2023 yılında geliştirilen ve EQUATOR'a İngilizce versiyonu eklenen BIBLIO kontrol listesi, bu amaçla araştırmacılara rehberlik etmekte ve bilimsel kaliteyi artıracığı düşünülmektedir. Bu kontrol listesi, araştırmacıların bibliyometrik çalışmalarını detaylı ve eksiksiz bir şekilde raporlamalarını sağlayarak, literatürdeki bilgi birikimine katkıda bulunmayı amaçlamaktadır.

EQUATOR ağı kapsamında yer alan ve sağlık araştırmalarının metodolojik kalitesini ve şeffaflığını artırmayı amaçlayan diğer kılavuzlara benzer şekilde, BIBLIO'nun da kullanımı, araştırmacılar ve yazarlar için önemli avantajlar sunma potansiyeline sahiptir. Bu kılavuz, okuyuculara her bir maddenin gerekliliğini kanıta dayalı bir çerçevede sunarak metodolojik farkındalık kazandırmayı hedeflemektedir. Aynı zamanda, yazarların bibliyometrik incelemelerde hangi unsurların dâhil edilmesi gerektiğine dair ihtiyaç duyduğu rehberliği sağlamaya yönelik olarak tasarlanmıştır. BIBLIO'nun, yayımlanan bibliyometrik çalışmaların metodolojik kalitesini artıracığı öngörülmektedir. Hakemler, editörler ve diğer ilgili okuyucular için de bu kılavuzun, ilgili çalışmaları değerlendirirken faydalı bir referans kaynağı oluşturacaktır. Ayrıca, dergi editörlerinin yazarları, bibliyometrik incelemelerini sunarken BIBLIO kontrol listesini kullanmaya yönlendirmelerinin, bilimsel raporlama standartlarının güçlendirilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmanın hemşirelik ve klinik alanlarda da önemli katkılar sağlayacağı öngörülmektedir. Hemşirelik mesleği, kanıta dayalı uygulamaları desteklemek için sağlam bilimsel temellere dayanmalıdır. Bu kontrol listesinin yaygın kullanımı, hemşirelik araştırmalarının metodolojik kalitesini artırarak, mesleki uygulamalara daha güvenilir ve geçerli kanıtlar sunacaktır.

Ayrıca, klinik alandaki araştırmacılar ve uygulayıcılar için, doğru ve kapsamlı raporlamalar, hasta bakımı ve sağlık hizmetlerinin iyileştirilmesine yönelik yeni stratejiler geliştirilmesine olanak tanıyacaktır.

Böylece, hemşirelik ve diğer sağlık bilimleri alanlarında yapılan bibliyometrik çalışmalar, sadece akademik dünyaya değil, aynı zamanda hasta bakımı ve klinik uygulamalara da somut faydalar sağlayacaktır.

Teşekkür ▪ Acknowledgement: BIBLIO kontrol listesinin orijinal kaynağının Türkçe'ye uyarlaması için izin veren yazar Montazeri A.'ya teşekkür ederiz. ▪ We would like to thank the author Montazeri A. for permission to adapt the original source of the BIBLIO checklist into Turkish.

Çıkar çatışması ▪ Conflict of interest: Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan ederler. ▪ The authors declare that they have no conflict of interest.

Yazarlık katkısı ▪ Author contributions: Çalışmanın tasarımı: EÖ, HÖ, AÇ; İlgili literatürün taranması: EÖ, HÖ, AÇ; Makale taslağının oluşturulması: EÖ, HÖ, AÇ; İçerik için eleştirel gözden geçirme: EÖ, HÖ, AÇ; Yayınlanacak versiyonun son onayı: EÖ, HÖ, AÇ ▪ Study design: EÖ, HÖ, AÇ; Literature review: EÖ, HÖ, AÇ; Draft preparation: EÖ, HÖ, AÇ; Critical review for content: EÖ, HÖ, AÇ; Final approval of the version to be published: EÖ, HÖ, AÇ

Maddi Destek ▪ Financial support: Yazarlar maddi destek almadıklarını beyan ederler. ▪ The authors declare that they received no financial support.

KAYNAKLAR

1. Donthu N, Kumar S, Mukherjee D, Pandey N, Lim WM. How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*. 2021;133(2021):285–296.
2. Ellegaard O, Wallin JA. The bibliometric analysis of scholarly production: How great is the impact? *Scientometrics*. 2015;105(3):1809–1831.
3. Pritchard A. Statistical bibliography or bibliometrics? *Journal of Documentation*. 1969;25(4):348–349.
4. Lu Y, de Vries WT. A bibliometric and visual analysis of rural development research. *Sustainability*. 2021;13(11):6136.

5. Fairthorne RA. Empirical hyperbolic distributions for bibliometric description and prediction. *Journal of Documentation*. 1969;25(4):319–343.
6. Tranfield D, Denyer D, Smart P. Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. *British Journal of Management*. 2003;14(3):207–222.
7. Ellegaard O. The application of bibliometric analysis: disciplinary and user aspects. *Scientometrics*. 2018;116(1):181–202.
8. Hussain A, Fatima N, Kumar D. Bibliometric analysis of the “Electronic Library” journal (2000–2010). *Webology*. 2011;8(1):1–10.
9. Bornmann L, Stefaner M, Anegón FDM, Mutz R. Ranking and mapping of universities and research-focused institutions worldwide based on highly-cited papers: A visualisation of results from multi-level models. *Online Information Review*. 2014;38(1):3–25.
10. Abdi A, Idris N, Alguliyev RM, Aliguliyev RM. Bibliometric analysis of IP&M journal (1980–2015). *Journal of Scientometric Research*. 2018;7(1):54–62.
11. Koskinen J, Isohanni M, Paajala H, Jaaskelainen E, Nieminen P, Koponen H, et al. How to use bibliometric methods in evaluation of scientific research? An example from Finnish schizophrenia research. *Nordic Journal of Psychiatry*. 2008;62(2):136–143.
12. Wang Q, Li R. Natural gas from shale formation: A research profile. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016. p. 1–6.
13. Wang Q, Su M, Li R. Is China the world’s blockchain leader? Evidence, evolution and outlook of China’s blockchain research. Vol. 264, *Journal of Cleaner Production*. 2020. p. 1–20.
14. Wang Q, Su M. Integrating blockchain technology into the energy sector - From theory of blockchain to research and application of energy blockchain. *Computer Science Review*. 2020;37(1002275):1–24.
15. Giménez-Espert M del C, Prado-Gascó VJ. Bibliometric analysis of six nursing journals from the Web of Science, 2012–2017. *Journal of Advanced Nursing*. 2019;75(3):543–554.
16. Özkan E, Sürmeli Ş. Cerrahi alan enfeksiyonuna yönelik bibliyometrik analiz ve bilim haritalama: tanımlayıcı araştırma. *Türkiye Klinikleri Journal of Nursing Sciences*. 2023;15(3):584–592.
17. Baysal E, Baysal E. Hemşirelik eğitiminde kaçış odası yöntemi ile ilgili araştırmaların bibliyometrik analizi: tanımlayıcı araştırma. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi*. 2024;2(3):136–47.
18. Ozkan E. Pressure injuries in different disciplines: a bibliometric analysis. *Health Academy Kastamonu*. 2023;9(1):134–43.
19. Bayrak NG, Özkan E. Bibliometric analysis of studies on child abuse and negligence. *Gümüşhane University Journal of Health Sciences*. 2024;13(2):554–60.
20. Sert E, Kendirkıran G. Last 10 years of articles on nursing and burnout: bibliometric analysis. *Türkiye Klinikleri Journal of Nursing Sciences*. 2023;15(4):1190–1198.
21. Ozkan E. Intensive care unit carbon footprint : A bibliometric and document content analysis. *Nursing in Critical Care*. 2024;1–8.
22. Al Hajri AK. Succession planning and leadership development in nursing : a bibliometric analysis (2000-2023). *Nursing Research and Practice*. 2024; 2024:1–12.
23. Oermann MH, Bailey HE, Carter-Templeton H, Condy C, Wrigley J, Ledbetter LS. Bibliometric analysis of nursing education reviews. *Nurse Education Today*. 2024; 139:106217.
24. Aydogdu ALF. Trends of publications on transformational leadership in nursing: a bibliometric analysis. *Leadership in Health Services*. 2024;37(1):34–52.
25. Cesur-Karşı D, Doğuşcan G, Gelberi B-C. Türkiye’deki iletişim araştırmalarına güncel bir bakış: bir bibliyometrik inceleme ve içerik analizi. *Akademik İncelemeler Dergisi*. 2024;19(1):23–45.
26. Yorulmaz M, Kaya S, Dergisi D, Analiz B. Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi’nde yayımlanan makalelerin bibliyometrik ve içerik analizi. 2020;4(2):138–55.
27. Moral-Muñoz JA, Herrera-Viedma E, Santisteban-Espejo A, Cobo MJ. Software tools for conducting bibliometric analysis in science: An up-to-date review. *Profesional de la Informacion*. 2020;29(1):1–20.
28. Cobo MJ, López-Herrera AG, Herrera-Viedma E, Herrera F. Science mapping software tools: Review, analysis, and cooperative study among tools. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*. 2011;62(7):1383–402.

29. Sangam SL, Mogali SS. Mapping and visualization softwares tools: a review. In: Content Management in Networked Environment. 2012. p. 1–12.
30. Pradhan P. Science mapping and visualization tools used in bibliometric & scientometric studies: An overview. *Inflibnet*. 2016;23(4):19–33.
31. Chen C. Science mapping: a systematic review of the literature. *Journal of Data and Information Science*. 2017;2(2):1–40.
32. Wang S, Zhou H, Zheng L, Zhu W, Zhu L, Feng D, et al. Global trends in research of macrophages associated with acute lung injury over past 10 years: a Bibliometric analysis. *Frontiers in Immunology*. 2021;12(669539):1–11.
33. Ai Y, Xing Y, Yan L, Ma D, Gao A, Xu Q, et al. Atrial fibrillation and depression: A bibliometric analysis from 2001 to 2021. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. 2022;9(775329):1–12.
34. Equator Network. Reporting guidelines for main study types. 2022. <https://www.equator-network.org/>
35. Babaoğlu AB, Tekindal M, Büyükuysal MÇ, Tözün M, Elmalı F, Bayraktaroğlu T, ve ark. Epidemiyolojide gözlemsel çalışmaların raporlanması: STROBE kriterlerinin Türkçe uyarlaması. *Batı Karadeniz Tıp Dergisi*. 2021;5(1):86–93.
36. Zhao J, Liu X, Zhang W, Xing Y, Cho SW, Hao Y. Evidence-based nursing outputs and hot spot analysis of the last 5 years in mainland China: Results of a bibliometric analysis. *International Journal of Nursing Practice*. 2018;24(2):1–9.
37. Yesilbas H, Kantek F. Trends and hot topics in nurse empowerment research: A bibliometric analysis. *Japan Journal of Nursing Science*. 2022;19(2):1–12.
38. Akyüz HÖ, Alkan S. Overview on pressure ulcers studies based on bibliometric methods. *IberoAmerican Journal of Medicine*. 2022;01(2022):18–23.
39. Montazeri A, Mohammadi S, M.Hesari P, Ghaemi M, Riazi H, Sheikhi-Mobarakeh Z. Preliminary guideline for reporting bibliometric reviews of the biomedical literature (BIBLIO): a minimum requirements. *Systematic Reviews*. 2023;12(1):1–10.
40. Hançer M. Translations of scales from written language to another language and different approaches used. *Journal of Balıkesir University Social Sciences Institute*. 2003 Dec;6(10):47–59.
41. McDougal L, Dehingia N, Cheung WW, Dixit A, Raj A. COVID-19 burden, author affiliation and women's well-being: A bibliometric analysis of COVID-19 related publications including focus on low-and middle-income countries. *eClinicalMedicine*. 2022; 52: 101606.
42. Henstock L, Wong R, Tsuchiya A, Spencer A. Behavioral theories that have influenced the way health state preferences are elicited and interpreted: A bibliometric mapping analysis of the time trade-off method with VOSviewer visualization. *Front Health Serv*. 2022; 2: 848087.
43. Bodea F, Bungau SG, Negru AP, Radu A, Tarce AG, Tit DM, et al. Exploring new therapeutic avenues for ophthalmic disorders: Glaucoma-related molecular docking evaluation and bibliometric analysis for improved management of ocular diseases. *Bioengineering*. 2023; 10(8): 983.
44. Sang XZ, Wang CQ, Chen W, Rong H, Hou LJ. An exhaustive analysis of post-traumatic brain injury dementia using bibliometric methodologies. *Front Neurol*. 2023; 14: 1165059.
45. Ramli MI, Hamzaid NA, Engkasan JP, Usman J. Respiratory muscle training: a bibliometric analysis of 60 years' multidisciplinary journey. *Biomed Eng Online*. 2023; 22(1): 50.
46. Akosman I, Kumar N, Mortenson R, Lans A, De La Garza Ramos R, Eleswarapu A, et al. Racial differences in perioperative complications, readmissions, and mortalities after elective spine surgery in the United States: A systematic review using AI-assisted bibliometric analysis. *Glob Spine J*. 2023: 21925682231186759.
47. Tavousi M, Mohammadi S, Sadighi J, Zarei F, Kermani RM, Rostami R, Montazeri A. Measuring health literacy: A systematic review and bibliometric analysis of instruments from 1993 to 2021. *Plos One*. 2022; 17(7): e0271524.
48. Montazeri A. Health-related quality of life in breast cancer patients: A bibliographic review of the literature from 1974 to 2007. *J Exp Clin Cancer Res*. 2008; 27: 32.



SAĞLIK BİLİMLERİNDE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

CURRENT PERSPECTIVES ON
HEALTH SCIENCES

CPHS



Review

Mechanisms of Spasticity and Current Evaluation Methods

Spastisite Mekanizması ve Güncel Değerlendirme Yöntemleri

Sezen KARABÖRKLÜ ARGUT¹

¹Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

Received 26 Jun 2024

Accepted 4 November 2024

Published Online 30 April 2025

Article Code CPHS2025-6(1)-9-22.

Abstract

Spasticity, characterized by increased muscle tone and exaggerated reflexes, is a common clinical manifestation in various neurological conditions, including stroke, cerebral palsy, and multiple sclerosis. A precise and thorough evaluation of spasticity is critical for effective treatment planning and accurate prognosis monitoring. This article seeks to investigate the complex mechanisms underlying spasticity and offers a comprehensive analysis of contemporary methods used in its assessment. By deepening their understanding of the mechanisms driving spasticity and utilizing innovative diagnostic tools, healthcare professionals can contribute to the advancement of treatment strategies and improve outcomes for individuals affected by spasticity-related complications. Future research aimed at integrating both active and passive motor assessments, alongside patient self-reports, will enable a more holistic understanding of spasticity and enhance the precision of its evaluation. Assessing spasticity through the combined consideration of active and passive factors will lead to a deeper comprehension of the condition, significantly improving the accuracy of diagnostic evaluations.

Öz

Spastisite, artmış kas tonusu ve abartılı reflekslerle karakterize edilen; inme, serebral palsi ve multipl skleroz gibi çeşitli nörolojik hastalıklarda yaygın olarak görülen klinik bir belirtidir. Spastisitenin doğru ve kapsamlı şekilde değerlendirilmesi, etkili tedavi planlaması ve prognoz takibi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu makale, spastisitenin altında yatan karmaşık mekanizmaları araştırmayı ve spastisiteyi değerlendirmede kullanılan güncel yöntemleri geniş bir bakış açısıyla ele almayı amaçlamaktadır. Sağlık profesyonellerinin, spastisite mekanizmalarını daha iyi anlayarak yenilikçi değerlendirme araçlarından faydalanması, tedavi stratejilerinin geliştirilmesine ve spastisite ile ilişkili sorunları olan bireyler için sonuçların iyileştirilmesine katkı sağlayacaktır. Gelecekteki araştırmaların, aktif ve pasif motor değerlendirmelerini birleştirmeye ve hasta öz bildirimlerini dahil etmeye odaklanması ile, spastisiteyi daha bütüncül bir perspektiften anlamak ve değerlendirme doğruluğunu artırmak mümkün olacaktır. Aktif ve pasif yönleri bir arada değerlendirilerek, spastisite hakkında daha derinlemesine bir anlayış elde edilebilir ve bu durum, değerlendirme doğruluğunu önemli ölçüde artırabilir.

Keywords

Assessment
clinical approach
scales
spasticity

Anahtar kelimeler

değerlendirme
klinik yaklaşım
ölçekler
spastisite

Corresponding Author

Sezen KARABÖRKLÜ ARGUT
s.karaborkluargut@iuc.edu.tr

ORCID

S KARABÖRKLÜ ARGUT
0000-0002-7466-8105

To cite this article:

Karabörklü Argut S. Mechanisms of Spasticity and Current Evaluation Methods. Curr Perspect Health Sci. 2025;6(1):9-22.

GİRİŞ

Spastisite, piramidal sistemin etkilendiği inme, serebral palsi ve multipl skleroz gibi çeşitli nörolojik hastalıklarda ortaya çıkan, bireyin yaşam kalitesini olumsuz yönde etkileyen klinik bir motor bulgudur. Hareket kısıtlılığı, deformite ve ağrı gibi sorunlarla birlikte görülebilir (1). Klinik olarak, iskelet kaslarının hızlı ve pasif harekete karşı gösterdiği fizyolojik direnç artışı şeklinde kendini gösteren spastisitenin tarihsel gelişimine bakıldığında, günümüzde kabul gören tanımının nispeten yeni olduğu söylenebilir. Spazm (spasmos) terimi, Hipokrat tarafından çok uzun bir süre önce tanımlanmış olmasına rağmen, literatürde "spastisite" terimi ilk kez 1829 yılında Good tarafından kullanılmıştır (2,3). Spastisite için günümüzde hala geçerliliğini koruyan tanım ise 1980 yılında Lance tarafından yapılmıştır. Lance, spastisiteyi, tonik gerilme reflekslerinde hıza bağımlı bir artış ile karakterize edilen ve üst motor nöron lezyonlarının bir bileşeni olarak ortaya çıkan bir motor bozukluk olarak tanımlamıştır (4). Daha güncel ve kapsamlı bir tanıma göre ise spastisite; dışarıdan uygulanan kas gerilmesine karşı hız ve kas uzunluğuna bağlı olarak artan direnç şeklinde ortaya çıkan, beyin sapından kaynaklanan hipereksitasyon yollarının aşırı aktivitesi ve bunun sonucunda gelişen abartılı gerilme refleksi yanıtları ile karakterize bir durumdur (5).

Spastisitenin doğru ve kapsamlı şekilde değerlendirilmesi, etkili tedavi planlaması ve prognoz takibi açısından büyük önem taşımaktadır (6). Bu derleme çalışmasının amacı, spastisitenin patofizyolojisini kapsamlı bir şekilde ele alarak, günümüzde sıkça kullanılan mevcut değerlendirme yöntemlerini ve teknolojik gelişmeler ışığında önerilen güncel yaklaşımları karşılaştırmalı olarak incelemektir. Çalışma, spastisiteyi değerlendirirken kullanılan yöntemlerin avantajlarını ve sınırlamalarını gözden geçirip, yeni yöntemlerin klinik pratikteki uygulanabilirliğini, alanda yapılan araştırmaların bulgularını analiz etmeyi hedeflemektedir. Bu bağlamda, spastisite değerlendirmesine yönelik etkili ve güvenilir yöntemler hakkında okuyuculara kapsamlı bir literatür incelemesi sunarak, klinik karar verme süreçlerine rehberlik etmeyi amaçlamaktadır.

Kas Tonusu Mekanizması

Spastisite mekanizmasını daha iyi anlayabilmek için, normal kas tonusu mekanizmalarının ayrıntılı bir şekilde incelenmesi gerekmektedir. Normal kas tonusu, korteksten gelen inhibitör ve eksitator etkilerin

alfa motor nöronlar ve spinal internöronlar düzeyinde birleşmesiyle oluşur ve iskelet kasının dinlenme halindeki durumunu tanımlar. Başka bir ifadeyle tonus, istirahat halindeki kasta pasif hareket sırasında hissedilen fizyolojik gerginliği ifade eder. Dinlenme halindeki kasta mevcut olan bu fizyolojik tonus, kasların gelen uyarılara karşı hazırlıklı olmasını sağlarken, aynı zamanda eklemlerde aşırı hareketliliğin önlenmesine de katkıda bulunur (7). Kas tonusu, hiyerarşik ve karşılıklı anatomik bağlantılar sonucu ortaya çıkan karmaşık ve dinamik bir durumdur. Kas tonusu, motor nöronların sürekli ancak düşük düzeyde aktivasyonu ile korunur ve bu aktivasyon, hem merkezi sinir sistemi hem de kas-iskelet sistemi arasındaki kompleks etkileşimlerin bir sonucudur. Bu etkileşimler, postürün korunması, motor kontrol ve hareketin düzgün gerçekleştirilmesi açısından kritik bir öneme sahiptir (8).

Normal kas tonusunun oluşumunu sağlayan motor kontrol hiyerarşisi, birden fazla merkezi ve periferik yapı ile sistemin etkileşimini içerir. Bu hiyerarşi, serebral korteks, bazal ganglionlar, beyincik, beyin sapındaki retiküler sistem, omurilik ve kas lifi bileşenlerini kapsar. Spinal kontrol esas olarak kas içiği ve omurilikteki internöronlar arasındaki etkileşimle sağlanırken, supraspinal kontrol ise kolaylaştırıcı (eksitator) ve baskılayıcı (inhibisyon) uzun yollar ile düzenlenir (9). İnhibisyon ağırlıklı regülasyon sağlayan yapılar arasında pre-motor korteks, bazal gangliyonlar, serebellum ve beyin sapının retiküler formasyonunun bulber kısmı yer alır. Eksitasyon ağırlıklı regülasyondan sorumlu yapılar ise beyin sapının retiküler formasyonunun pontin kısmı, vestibulo-spinal yollar ve medulla spinalisteki gama motor nöronlardır. Ayrıca, santral ve periferik mekanizmalar arasındaki bağlantıyı sağlayan medulla spinalis düzeyindeki internöronlar da tonus regülasyonunda önemli bir rol oynamaktadır (Tablo 1) (8,9).

Periferde yer alan kas ve tendonlardaki gerim algılayıcı reseptörler, yani kas içiği ve golgi tendon organı, kasın ve tendonun durumuna ilişkin bilgiyi algılayarak merkezi sinir sistemine iletir. Bu geri bildirim, kas tonusunun düzenlenmesine katkıda bulunan santral mekanizmaları harekete geçirir. Kas içiği ve golgi tendon organı, kas hücrelerinin aktivitesine ilişkin geri bildirim sağlayan kritik yapılardır (10). Kas içiği, kasın uzunluğuna ve hızına duyarlı iki ana tip afferent lif içerir. Grup I afferent lifler, hareketin hızına duyarlıdır; grup II afferent lifler ise kasın boyuna duyarlıdır. Kas içiğinin uyarılması, ilgili kasın (agonist kas) refleks kontraksiyonuna neden olur.

Buna karşın, Golgi tendon organı, tendonlardaki gerilime duyarlıdır. Uyarıldığında, agonist kas için refleks relaksasyon tepkisi meydana getirir. Bu mekanizma, motor nöron havuzuna duysal nöronlar aracılığıyla geri bildirim sağlar ve böylece kas tonusunun aşırı artmasını önleyerek kaslardaki gerilimi dengelemede rol oynar (11).

Refleks arkı, medulla spinalisin dorsal kök ganglionlarındaki duysal nöronların hücre gövdeleri ve bu nöronların motor nöronlar ile olan bağlantıları aracılığıyla oluşur (8, 9). Bu bağlantı, mono- ya da polisaptik yollarla spinal internöronlar üzerinden tamamlanır. Medulla spinalisin ön boynuzunda yer alan alfa motor nöronların aksonları, periferik sinirler boyunca ilerleyerek nöromusküler kavşakta kas hücreleriyle bağlantı kurar. Nöromusküler kavşakta, alfa motor nörondan gelen elektriksel sinyallerin iletimi sonucunda asetilkolin salgılanır. Asetilkolin, kas hücresinin membranındaki reseptörlere bağlanarak iyon kanallarının açılmasını sağlar ve bu süreç, kas hücresinin kontraksiyonunu başlatır (8). Bu mekanizmalar, motor kontrolün hassas bir şekilde gerçekleştirilmesini ve kas tonusunun sağlıklı bir şekilde düzenlenmesini mümkün kılar. Kas içiği ve golgi tendon organları gibi periferik reseptörlerden gelen duysal geri bildirimler, kasların dinamik ve statik gerginliklerini sürekli olarak düzenleyerek, hareketin koordinasyonu ve postüral stabilitenin korunmasında önemli rol oynar.

Elektromiyografik (EMG) değerlendirmelerde kas tonusu, sıklıkla gevşemiş durumdaki bazal EMG aktivitesiyle ilişkilendirilir. Ancak, kas tonusu yalnızca EMG ile tespit edilen motor ünite aktivasyonu yoluyla ortaya çıkan aktif ya da kontraktıl bir bileşenle sınırlı değildir (9). Bunun ötesinde, EMG tarafından algılanamayan ve nöral aktiviteden bağımsız bir pasif veya viskoelastik bileşen de bulunmaktadır (8). Bu viskoelastik bileşen, kas tonusunun önemli bir parçasını oluşturur ve çeşitli biyolojik yapılar ile süreçlere bağlıdır. Sarkomerik düzeyde aktin-miyozin

çapraz köprüleri, kas liflerinin viskozitesi ve elastikiyeti, kontraktıl olmayan proteinler (desmin, titin vb.), hücresel ozmotik basınç ve kas çevresindeki bağ dokusu gibi unsurlar bu bileşeni etkileyen başlıca faktörler arasında yer alır. Dolayısıyla, kas tonusu hem aktif kasılma süreçlerini hem de pasif viskoelastik özellikleri içeren çok yönlü bir olgudur (8-10). Bu bağlamda, kas tonusunun anlaşılması, yalnızca motor ünitelerin aktivasyonuna değil, aynı zamanda kas dokusunun biyomekanik özelliklerine ve yapısal bileşenlerine dair kapsamlı bir değerlendirmeyi gerektirmektedir.

Spastisite Mekanizmaları

Spastisite, kas tonusunun düzenlenmesinde önemli rol oynayan eksitator ve inhibitör sinyaller arasındaki hassas dengenin bozulmasıyla ortaya çıkan bir durumdur. Bu bozulma, propriyoseptif reflekslerin spinal seviyede disinhibisyonu ile sonuçlanır ve kasların istemsiz, sürekli kasılı kalmasına yol açar (11). Spastisitenin patofizyolojisi incelendiğinde, hem spinal hem de supraspinal düzeydeki mekanizmaların rol oynadığı görülmektedir. Bu mekanizmaların daha iyi anlaşılması, spastisiteye yönelik tedavi yaklaşımlarının da geliştirilmesine katkı sağlar.

Nöral Mekanizmalar

Spastisite oluşumunda etkili olan nöral mekanizmalar, supraspinal veya spinal kaynaklı nedenlerden kaynaklanır ve spastisitenin şiddetini ile klinik seyrini belirleyen ana unsurlardır (12). Nöral mekanizmalar merkezi sinir sisteminde tonus regülasyonunu sağlayan inhibitör ve eksitator uyarılar arasındaki dengenin eksitasyon yönünde bozulması, alfa motor nöronun uyarılabilme eşiğinin azalması, gama motor nöron spontan deşarjının artışı ve internöronlar aracılığıyla sağlanan resiprokal ve otojenik inhibisyonun bozulması gibi faktörlerin bir veya birkaçının kombinasyonunu içerebilir (12, 13).

Tablo 1. Bilim Haritalama Analizi Araçlarının Özellikleri

İnter Nöronlar	İnhibisyon Tipi	İnhibisyon	Fasilitasyon
Grup I a	Resiprokal	Antagonist kasın alfa motor nöronu	Agonist ve sinerjist kasların alfa motor nöronu
Grup I b	Otojenik	Agonist ve sinerjist kasların alfa motor nöronu	Antagonist kasın alfa motor nöronu
Grup II	Grup II inhibisyonu	Fleksör kasların alfa motor nöronu	Ekstansör kasların alfa motor nöronu
Renshaw	Rekürrens	Kendisini uyararak alfa motor nöron/antagonisti inhibe eden I a internöronu	-

Lezyon ya da bozukluk motor korteks veya inen yollardan (kortikospinal traktus, vestibülospinal traktus, retikülospinal traktus) kaynaklanıyorsa supraspinal mekanizma, medulla spinalis düzeyinde refleks ark bileşenlerinden kaynaklanıyorsa spinal mekanizma söz konusudur.

Supraspinal mekanizmalar, merkezi sinir sisteminin üst merkezlerinde (özellikle motor korteks ve inen yolaklar) meydana gelen hasar ya da disfonksiyonlardan kaynaklanır. Özellikle motor korteks ve beyin sapındaki yolaklardan (kortikospinal traktus, vestibülospinal traktus, retikülospinal traktus) omuriliğe inen inhibitör sinyaller, kas tonusunun düzenlenmesinde kritik bir rol oynar (13). Bu sinyallerin bozulması, omurilikteki reflekslerin kontrolsüz bir şekilde artmasına ve spastisite gelişmesine yol açar. Motor kortekste oluşan bir hasar, inen yolaklardan gelen inhibe edici sinyalleri zayıflatır. Bu durum, kaslarda aşırı eksitasyona yol açar ve refleks kasılmaların şiddetlenmesine neden olur. Benzer şekilde, retikülospinal ve vestibülospinal yolaklardaki bozukluklar, kasların kontrolsüz bir şekilde kasılmasına ve postüral bozulmalara yol açabilir. Supraspinal düzeydeki inhibe edici sinyallerin zayıflaması, alfa motor nöronların daha düşük eşeğe sahip olmasına ve bu nöronların aşırı uyarılmasına neden olur (8).

Spinal mekanizmalar ise, omurilik düzeyinde yer alan refleks arklar ve internöronlar arasındaki etkileşimlere dayanır. Omurilikteki refleks kontrolü, propriyoseptif reseptörlerden gelen duysal geri bildirimlerle düzenlenir ve normal şartlarda omurilikteki internöronlar aracılığıyla sağlanan inhibitör sinyaller, reflekslerin aşırı olmasını önler (10). Ancak spinal düzeyde meydana gelen patolojiler, bu inhibitör sinyallerin bozulmasına ve reflekslerin kontrolsüz şekilde artmasına yol açar (12). Alfa motor nöronların uyarılabilirlik eşeğinin azalması, bu nöronların daha düşük seviyede uyarıcılarla tetiklenmesine yol açar. Gama motor nöronların spontan deşarjının artması ise, kas içiciklerinin aşırı duyarlı hale gelmesine neden olur ve refleksif kasılmaların şiddetlenmesine katkıda bulunur (12,13). İnternöron aracılı inhibisyonun bozulması, kas grupları arasındaki koordinasyonu ve dengeyi etkileyerek antagonist kasların düzgün bir şekilde çalışmasını engeller. Özellikle resiprokal ve otojenik inhibisyon mekanizmalarının bozulması, refleks aktivitesinin kontrolsüz şekilde artmasına yol açar (14).

Spastisitenin gelişiminde bu iki nöral mekanizma genellikle birlikte çalışır. Üst motor nöron hasarları, omurilikteki motor devrelerin inhibe edilmesini

zorlaştırarak reflekslerin artmasına ve spastisiteye yol açar. Spinal düzeydeki mekanizmalar ise bu refleks aktivitesinin kontrolsüz hale gelmesinden sorumludur. Sonuç olarak, spastisiteye neden olan nöral mekanizmalar, merkezi sinir sistemindeki tonus regülasyonunu sağlayan eksitator ve inhibitör uyarılar arasındaki dengenin eksitasyon lehine bozulması, alfa motor nöronların uyarılabilirlik eşeğinin düşmesi, gama motor nöronların spontan deşarjında artış ve internöronlar aracılığıyla sağlanan resiprokal ve otojenik inhibisyonun bozulması gibi faktörlerin bir veya birkaçının kombinasyonunu içerebilir (12,15).

Non-Nöral Mekanizmalar

Spastisitenin klinik sonuçları, kas ve eklem düzeyinde gözlemlenen yapısal ve fonksiyonel değişiklikleri kapsamaktadır. Bu non-nöral mekanizmalar, kas ve eklemlerin fizyolojik özelliklerinde zamanla ortaya çıkan bozulmalarla ilişkilidir ve spastisitenin ilerleyen aşamalarında belirgin bir rol oynar (16). Spastisitenin erken dönemlerinde, kasın pasif gerilime karşı gösterdiği direnç hıza bağımlı bir karakter taşıırken, non-nöral mekanizmaların devreye girmesiyle bu direnç giderek hızdan bağımsız hale gelir. Bu durum, zamanla kas ve eklemlerde deformitelerin gelişmesine ve hastanın fonksiyonel kapasitesinin daha da sınırlanmasına yol açar (15-17).

Non-nöral mekanizmalar, spastisitenin ilerlemesiyle birlikte kas ve eklemlerde görülen yapısal değişikliklerle karakterizedir. Bu mekanizmalar kapsamında kaslarda ve eklemlerde viskoelastik özelliklerin değişmesi, sarkomerlerin yerini yağ ve bağ dokusunun alması ve ekstraselüler matrikste titin birikimi sonucunda elastikiyetin kaybı gibi süreçler yer almaktadır (14). Bu yapısal değişiklikler, kasın viskoelastik özelliklerinde bozulmalara, elastikiyet kaybına ve kas fonksiyonunun kademeli olarak azalmasına yol açar (13). Non-nöral mekanizmalar sonucunda, kas dokusunun kontraktıl kapasitesi azalır ve kasların üretebileceği maksimum kuvvet önemli ölçüde düşer. Ek olarak, eklemler ve çevresindeki bağ dokularında meydana gelen değişiklikler, kas-iskelet sisteminin fonksiyonel bütünlüğünü olumsuz etkileyerek spastisiteye bağlı postüral bozukluklar ve hareket kısıtlılıklarının gelişmesine neden olur (17).

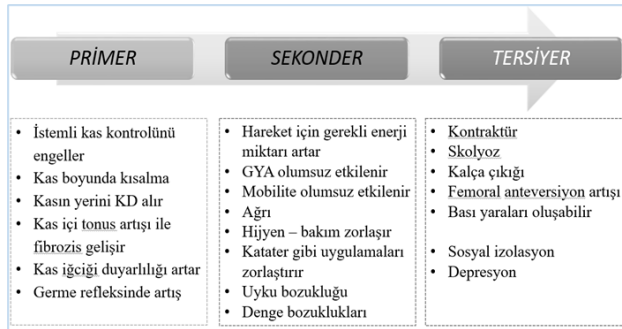
Sonuç olarak, spastisite, yalnızca nöral mekanizmalarla açıklanamayacak kadar karmaşık bir patofizyolojik sürecin ürünü olduğu görülmektedir. Spastisitenin ortaya çıkmasında ve şiddetlenmesinde hem nöral (artmış motor nöron eksitabilitesi, gama motor nöron aktivitesinin artışı,

inhibitör yolların disfonksiyonu) hem de non-nöral (kas ve eklemlerde viskoelastik değişiklikler, yağ ve bağ dokusu infiltrasyonu, elastikiyet kaybı) mekanizmalar önemli rol oynar (13,15-17).

Spastisitenin Klinik Özellikleri

Hipertoni kavramı altında yer alan spastisite, klinik olarak artmış kas tonusu, hiperaktif derin tendon refleksleri, kas güçsüzlüğü ve zayıf koordinasyon ile karakterize edilen bir motor bozukluktur. Bu klinik özellikler, merkezi sinir sistemindeki lezyonun oluş zamanı, büyüklüğü, lokalizasyonu ve dağılımına bağlı olarak farklı şekillerde ortaya çıkmaktadır (1,15).

Spastisite, yalnızca motor sistemi etkileyen bir patoloji olmayıp, pek çok sorunu da beraberinde getirmektedir. Spastisitenin neden olduğu birincil problemler, zaman içinde ikincil ve üçüncül komplikasyonlara dönüşebilmekte ve bu durum hastaların günlük yaşam aktivitelerini belirgin ölçüde kısıtlayarak yaşam kalitesinde ciddi düşüşlere neden olabilmektedir (18). Şekil 1’de, spastisitenin neden olduğu birincil, ikincil ve üçüncül problemlere örnekler sunulmuştur.



GYA: günlük yaşam aktiviteleri, KD: konnektif doku.

Şekil 1. Spastisitenin neden olduğu klinik problemler

Spastisitenin çoğunlukla olumsuz etkiler doğurduğu ve bu etkilerin tedavi gerektirdiği bilinmektedir. Bununla birlikte, bazı nörolojik hastalıkların karmaşık klinik tabloları içinde spastisitenin olumlu etkilerinin de bulunabileceği göz önünde bulundurulmalı ve spastisite tedavisinde klinik karar sürecinde bu faktörler dikkate alınmalıdır. Dolayısıyla, spastisite yalnızca gerektiği ölçüde ve doğru yaklaşımla tedavi edilmelidir. Spastisitenin pozitif olarak kabul edilebilecek etkileri aşağıdaki şekilde sıralanabilir (13,15):

- Ekstansör spastisite ayakta durma ve yürüme fonksiyonlarına destek olabilir,
- Kas atrofisini geciktirme potansiyeline sahiptir,

• Venler üzerinde oluşturduğu pompalama etkisi sayesinde ödemi ve derin ven trombozu riskini azaltabilir,

• Kemik üzerinde oluşturduğu stres, kemik mineralizasyonunu pozitif etkileyerek osteoporoz oluşumunu kısmen geciktirebilir,

• Torasik ve abdominal kasların spastisitesi öksürmeye ve bronşiyal sekresyonların temizlenmesine yardımcı olabilir.

Spastisitenin klinik özelliklerinin yanı sıra, spastisiteyi etkileyen faktörlerin de göz önünde bulundurulması önemlidir. Bu faktörler, hem spastisitenin değerlendirilmesi hem de tedavi sürecinde dikkate alınmalıdır. Spastisite, çeşitli tıbbi, çevresel ve kişisel etkenlerden etkilenmektedir. Tıbbi etkenler arasında kontraktürler, enfeksiyonlar (örn. tırnak enfeksiyonları, idrar yolu enfeksiyonları), dekübit ülserleri, egzema gibi cilt lezyonları ve kas-iskelet sistemi patolojileri yer almaktadır (17). Bireysel etkenler ise depresyon, stres, korku, yorgunluk, duygusal bozukluklar ve mental etkilenim düzeyi olarak sıralanabilir. Ayrıca, spastisite, aşırı sıcak veya soğuk ortamlar, yüksek nem oranı, gürültü ve fazla uyaran gibi çevresel faktörlerden de olumsuz etkilenmektedir (16).

Spastisitenin Değerlendirilmesi

Spastisite, genellikle yaşam boyu süren kronik bir durumun parçasıdır. Spastisitenin etkin bir şekilde yönetilebilmesi için bu durumun özelliklerinin ayrıntılı olarak bilinmesi, hastanın spastisite tablosunun kapsamlı şekilde analiz edilmesi ve uygun multidisipliner yaklaşımlar ile klinik kararların alınması gerekmektedir. Bu doğrultuda, spastisitenin değerlendirilmesi yalnızca tedavi öncesinde değil, tedavi sırasında yapılan ara kontrollerde de düzenli ve ayrıntılı bir şekilde gerçekleştirilmelidir. Bu süreç, tedavinin dinamik olarak planlanmasını, klinik prognozunu farklı evrelerde izlenmesini, ilerleme veya gerilemelerin saptanmasını ve hastanın ihtiyaçlarına uygun olarak tedavi programında gerekli güncellemelerin yapılmasını sağlayacaktır.

Klinik değerlendirme:

Spastisitenin klinik değerlendirilmesi, hastanın öyküsünün ve fizik muayenesinin kapsamlı bir şekilde ele alınmasıyla başlar. Klinik değerlendirme, spastisitenin sıklığı, şiddeti, lokalizasyonu, süresi, uyku ve günlük yaşam aktiviteleri üzerindeki etkileri ile daha önce denenilen tedaviler ve kullanılan ilaçların incelenmesini içerir.

Anamnezde hastanın tıbbi ve ailesel geçmişi, önceki tedaviler, kullanılan ilaçlar ve sosyoekonomik koşullar mutlaka değerlendirilmelidir. Spastisitenin önemli bir subjektif klinik semptomu olan ağrı, bu patolojiyi etkileyebilecek veya spastisiteden etkilenen bir faktördür (19). Bu bağlamda, ağrının tipi, lokalizasyonu, süresi ve şiddeti detaylı şekilde sorgulanmalıdır. Hastanın fonksiyonel durumu, günlük yaşam aktivitelerini gerçekleştirebilme düzeyi ve sosyal katılım seviyesi subjektif değerlendirme ölçekleri aracılığıyla belirlenmelidir (6). Ayrıca hastanın bir bakım verene ihtiyaç duyup duymadığı ve bakım verenin özellikleri de incelenmelidir. Bireyin kognitif ve emosyonel durumu, hem değerlendirme sürecini hem de tedavi sonuçlarını etkileyebileceğinden mutlaka dikkate alınmalıdır (6,12). Bununla birlikte, hastanın ve bazı durumlarda ailesinin öncelikli hedefleri (fonksiyonel iyileşme, ağrı yönetimi, öz bakım, estetik kaygılar vb.) değerlendirme sürecinde göz önünde bulundurulmalıdır.

Spastisitenin klinik değerlendirilmesinde birden fazla yöntem bulunmaktadır. En temel yöntemlerden biri olan inspeksiyon (gözlem), hasta kapıdan içeri girdiği anda başlamalıdır. Hastanın hangi aktiviteleri ne kadar yardımla yapabildiği belirlenmeli ve oturma, sırtüstü yatma gibi farklı pozisyonlarda dinlenme postürleri gözlemlenmelidir. Kas tonusu değerlendirilmeden önce, ilgili eklem aktif ve pasif hareket açıklıkları ölçülmeli ve spastisite değerlendirmesini etkileyebilecek deformiteler ya da kontraktürler gibi bulgular varsa kaydedilmelidir. Spastisitenin yalnızca tek bir pozisyonda değerlendirilmesi yanıltıcı olabileceğinden, farklı pozisyonlarda değerlendirilmesi önem arz etmektedir (6).

Modifiye Ashworth Skalası (MAS), spastisite değerlendirmesinde klinikte en yaygın kullanılan yöntemdir. Bu değerlendirme yöntemi, hastanın rahat bir pozisyonda bulunduğu sırada uygulanır. İlgili eklem, pasif olarak, tekrarlayıcı ve hızlı bir şekilde hareket ettirilir ve kasın gösterdiği dirence göre spastisite şiddeti evrelendirilir (Tablo 2). MAS, herhangi bir ekipman gerektirmemesi ve klinikte kolayca uygulanabilmesi nedeniyle yaygın olarak tercih edilmektedir (20). Literatürde yer alan çeşitli

çalışmalarda, MAS'ın inme ve serebral palsili hastalarda güvenilir olduğu gösterilmiştir (21-23); örneğin, kalça fleksörlerinde orta ila iyi düzeyde güvenilirlik ($ICC=0,61\sim0,87$) sunmuştur (21).

MAS klinikte yaygın olarak kullanılan bir yöntem olmasına rağmen, çeşitli endişeler bildirilmiştir (20, 24). Bu endişeler arasında, güvenilir değerlendirmeler için yeterli eğitim ve standart tekniklerin gerekliliği, yalnızca pasif harekete karşı direnci ölçen sınırlı bir yöntem olması, direncin hıza bağlı bileşenini izole etmemesi ve kontraktil olmayan yumuşak doku özellikleri, eklem sertliği ve gerilme refleksi yanıtlarından etkilenmesi bulunmaktadır (24). Diğer yandan bir klinik çalışmada, MAS temelinde makine öğrenimi modelleriyle desteklenen otomatik bir spastisite değerlendirmesi geliştirmek amaçlanmış; daha spesifik ve veri odaklı bir sınıflandırıcı önerilmiştir (25). Önerilen model, dirsek hareketi, miyo-elektrik sinyali ve kas kuvveti gibi nicel veri girdilerini, 0'dan 4'e kadar tahmin ederek MAS ölçeğine dönüştürmektedir. Çalışmada sınıflandırıcının performansının, özellikle 2. ve 3. MAS seviyeleri için daha kapsamlı veri setleri toplayarak geliştirilebileceğini rapor etmişlerdir (25). Bu çalışma sıklıkla kullanılan klinik değerlendirme yöntemleri ile teknolojik gelişmelerin entegrasyonu açısından umut vericidir.

Tardieu Skalası (TS), spastisitenin değerlendirilmesi için geliştirilmiş geçerli ve güvenilir bir ölçektir ve hipertonus ile kontraktürü ayırt etmede yarar sağlar (26,27). TS ile kas tonusunun şiddeti, belirlenmiş değişik hızlarda (V1, V2, V3) değerlendirilir. V2; ekstremitenin yerçekimi ile düşüş hızını ifade etmektedir ve diğer iki hızın standardizasyonu için kullanılır. V1; mümkün olduğunca yavaş, V3; mümkün olduğunca hızlı şeklinde tanımlanır. Eklem hareketi sırasında direnç artışının saptandığı ilk açı değeri kaydedilir (R1). Hareket açıklığının sonundaki açı ile kıyaslanır (R2). İki ölçüm arasındaki fark spastisite şiddeti olarak yorumlanır (Tablo 3). TS, yavaş ve hızlı hızlardaki direnci ayırt edebilmesine rağmen, önemli derecede eğitim ve deneyim gerektirmesi ve yalnızca pasif direnci ölçmesi, zayıf yanları olarak kabul edilmektedir (27,28).

Tablo 2. Tardieu Skalasına göre Spastisite Evrelendirmesi

Modifiye Ashworth Skalası	
0	Tonus artışı yok
1	Hareket açıklığının sonunda yakalama ve gevşeme veya minimal bir direnç ile karakterize hafif tonus artışı mevcut
1+	Eklem hareket açıklığının yarıdan azı boyunca, minimal direncin izlendiği hafif kas tonusu artışı mevcut
2	Kas tonusu tüm eklem hareket açıklığı boyunca ve daha fazla artmış, fakat eklemler kolayca hareket ettirilebiliyor
3	Pasif hareketi zorlaştıran belirgin tonus artışı mevcuttur
4	Etkilenen kısımlar fleksiyon ve ekstansiyonda rijittir

Tablo 3. Tardieu Skalasına göre Spastisite Evrelendirmesi

Derece	Tanımlama
0	Pasif hareket boyunca direnç yok
1	Pasif hareket boyunca hafif direnç ancak herhangi bir spesifik açıda yakalama hissi yok
2	Pasif hareket spesifik açıda yakalama hissi ile kesilir daha sonra rahatlama olur
3	Basınç devam ettirildiğinde spesifik bir açıda oluşan 10 saniyeden daha az devam eden yorgunluk oluşturan klonus
4	Basınç devam ettirildiğinde spesifik bir açıda oluşan 10 saniyeden daha fazla devam eden yorgunluk oluşturan klonus
Değerlendirilemeyen	Tutarsız ölçümler ya da farklı açılarda yakalama hissi olduktan sonra rahatlama olmaması

Modifiye Tardieu Skalası (MTS), ekstremitelerde değerlendirme pozisyonlarını genişletmiş; yavaş ve hızlı pasif germe arasındaki göreceli farkı belirleyerek kas kontraktürünün dinamik bileşenini ortaya çıkarmak üzere geliştirilen, TS'in güncellenmiş versiyonudur (26). MTS yüksek güvenilirliğe (ICC=0.847) sahiptir (27) ve hızla bağımlı değerlendirme protokolü nedeniyle, Ashworth veya MAS'a kıyasla daha uygun bir değerlendirme aracı olarak kabul edilmektedir (28).

Triple Spasticity Scale (TSS), spastik kastaki değişiklikleri yakalamak için hareket hızı, klonus durumu ve dinamik kas uzunluğunu dikkate alır. TSS, üç alt bileşenden oluşur: I) Artan direnç ve artan hız, II) Klonusun süreklilik zamanı ve III) dinamik kas uzunluğu (29). TSS puanları, 0 ile 10 arasında değişir, 0 spastisite olmadığını, 10 ise ciddi spastisiteyi gösterir. TSS toplam puanının test-tekrar test güvenilirliği yüksek düzeyde bulunmuştur (ICC = 0,905~0,918) (30).

MAS, TS ve TSS spastisitenin klinik değerlendirmesinde en sık kullanılan, pratik, geçerli ve kabul görmüş değerlendirme yöntemleridir. Bu yöntemlere ek olarak kullanılan diğer ölçekler arasında Modifiye Penn Spazm Ölçeği, Australian Spasticity Assessment Scale (ASAS), Sayısal Oranlama Ölçeği (NRS-S; Numeric Rating Scale for Spasticity), Hypertonia assessment tool ve Multipl Skleroz Spastisite Ölçeği (MSSS) sayılabilir. Bu ölçekler çoğunlukla spastisite şiddetini belirlemekten ziyade hipertonisite türlerini ayırmak için kullanılmaktadır (6,24).

Bu ölçekler arasında diğerlerine göre nispeten daha yeni ve güncel olanlar NRS-S ve MSSS'dir (24). NRS-S; son 24 saat içinde hastanın algıladığı ortalama spastisiteyi 0-10 arasında derecelendirmesine dayanır. Sıfır değeri 'spastisite yok' olarak ifade edilirken, on değeri 'en şiddetli spastisite' anlamına gelmektedir. Ancak hastanın spastisite algısı gerçek spastisiteden farklı olabileceği için güvenilirliği düşük bir testtir (31). MSSS ise multipl skleroz tanılı hastalar için geliştirilmiş olup, hastanın spastisitenin etkilerini

nasıl algıladığı değerlendirilir. Kas sertliği, ağrı ve huzursuzluk, kas spazmı, günlük yaşam aktiviteleri, vücut hareketleri, yürüyüş, emosyonel durum ve sosyal fonksiyonları içeren 8 alt başlıktan oluşmaktadır. Multipl skleroz tanılı hastalarda geçerli ve güvenilir olduğu Hobart ve ark. tarafından bildirilmiştir (32). ASAS, spastisiteyi değerlendirirken hızla bağımlı özellikleri dikkate almakta ve klinik uyum açısından MAS'a benzer şekilde beş dereceli bir puanlama kullanmaktadır. ASAS, hem üst hem de alt ekstremitelerde değerlendirilmesinde iyi düzeyde güvenilirlik göstermiştir (33).

Biyomekanik ve cihaz temelli değerlendirmeler:

Klinik ölçekler spastisitenin şiddetini değerlendirmek için sıklıkla kullanılmakta olup pratik avantajlar sunsa da, bu yöntemler genellikle subjektif değerlendirmelere dayanmakta ve hız, kas tonusu gibi biyomekanik değişkenleri yeterince dikkate almamaktadır. Dolayısıyla biyomekanik ve cihaz temelli değerlendirme yöntemleri, spastisitenin objektif ölçümüne ve nörofizyolojik mekanizmalarının daha detaylı analizine olanak tanıyan önemli araçlardır.

Spastisite, kas tonusunda artış ve refleks yanıtların anormal şekilde güçlenmesi ile karakterize olduğu için biyomekanik açıdan incelenmesi, spastik kasların mekanik özelliklerinin anlaşılmasına katkı sağlamaktadır. Biyomekanik yöntemler, eklem hareketleri sırasında kas tonusu ve sertliğinin nesnel olarak değerlendirilmesini sağlar. Bu yöntemler arasında Pendulum testi, kuvvet/tork ölçümü, atalet sensörleri ve robot destekli değerlendirmeler öne çıkmaktadır.

Pendulum testi, spastisitenin şiddetini belirlemek amacıyla Wartenberg tarafından geliştirilmiş bir biyomekanik değerlendirme yöntemidir. Bu test, alt ekstremitenin yerçekimi etkisiyle serbest bırakıldığında sarkaç benzeri bir salınım hareketi yaparak, kasın ani bir gerilme karşısındaki refleks yanıtını ölçer (34). Test sırasında oluşan kas gerilimi ve bunun sonucunda meydana gelen fleksiyon ve ekstansiyon hareketleri gözlemlenir ve bu salınımlar,

spastisitenin derecesini değerlendirmek için kullanılır (35). Sıklıkla diz eklemine uygulanan pendulum testi ile m. quadricepsi değerlendirmek için; hasta yarı yatar veya sırtüstü pozisyonunda, dizi muayene masasının kenarında olacak şekilde pozisyonlanır. Değerlendirici hastanın bacağına kaldırdıktan sonra, bacağın yer çekimi etkisiyle serbestçe düşmesi ve sallanmasına izin vererek oluşan hareketin serbestliğini değerlendirir. Değerlendirme için kabul edilmiş, standardize bir ölçek bulunmamaktadır (36). Yüksek tekrarlanabilirlik sunması ve non-invaziv olması avantajları; deneyim gerektirmesi, hastanın iş birliği yapmasını gerektirmesi, her kas için uygulanabilir olmaması dezavantajlarındandır (24). Değerlendiriciler arası güvenilirliği serebral palsili çocuklarda ve normal gelişim gösteren çocuklarda iyi düzeyde bulunmuştur (sırasıyla ICC=0,79~0,95 ve 0,88~0,99) (37,38). Pendulum testinin daha gelişmiş versiyonlarında, kas aktivitesini daha objektif şekilde ölçmek amacıyla elektromiyografi (EMG) cihazı eklenmiştir. Ayrıca, diz eklem açısının daha hassas bir şekilde kaydedilmesi için elektrogonyometre kullanılarak testin doğruluğu artırılmıştır. EMG, kas aktivitesinin elektriksel potansiyellerini ölçerek spastisitenin daha detaylı bir analizi için önemli veriler sağlar (36).

Spasticity Assessment System (SPAS), pendulum testine dayalı olarak geliştirilen bu test sırasında kasların istemsiz refleks aktivasyonunu ve bu aktivasyondan kaynaklanan spastik torku değerlendirmeyi amaçlar. Bu sistem, iki ataletsel sensör ve iki yüzey elektromyografi (sEMG) kayıt birimi kullanarak spastik kasların refleks yanıtlarını analiz eder (38). SPAS, spastik torku iki temel parametre ile değerlendirir: Parametre a, torkun gücüyle ilişkili olup kasın gerilme karşısındaki direncini gösterirken, parametre b ise nötr pozisyona gevşemenin süresi ile ilişkilidir. Ancak, bu yeni yöntemin güvenilirliğini ve etkinliğini değerlendirmek amacıyla daha geniş örneklem grupları üzerinde yapılacak randomize kontrollü çalışmalara (RKÇ) ihtiyaç duyulmaktadır (26).

Taşınabilir sensör tabanlı spastisite değerlendirme cihazları genellikle açısız, atalet, tork veya yüzey elektromiyografi (sEMG) sensörlerine dayalı olarak geliştirilmektedir (39,40). Bu cihazlar, atalet sensörleri, tork ölçerler veya sEMG gibi sensörler kullanarak eklem açısı, kas aktivitesi ve pasif germe sırasında ortaya çıkan direnç gibi verileri toplar. Ataletsel sensörler, küçük boyutları, hafiflikleri ve yüksek doğrulukları nedeniyle insan hareket takibi için popüler bir seçimdir. Atalet sensörleri ile hareket

verileri kaydedilir ve bu veriler makine öğrenimi algoritmaları kullanılarak işlenir, böylece kasların spastik yanıt düzeyleri belirlenir (41). Güncel bir çalışmada, dirseğin dorsal tarafına yerleştirilen üç atalet sensöründen alınan veriler değerlendirilmiş; atalet verilerine dayalı makine öğrenimi algoritmalarının dirsek kasının spastisitesini sınıflandırmada %95,4 doğrulukla iyi performans gösterdiği bildirilmiştir. Ayrıca, alt ekstremitelerin pasif germe hızına ek olarak anormal kas tepkisi gibi ek bilgiler sağlamak için atalet sensörü tabanlı cihaza görsel biyogeribildirim eklenmiştir. Cihaz, diz fleksör ve ekstansör ve ayak bileği plantar fleksöründe iyi bir test-tekrar test güvenilirliği göstermektedir (ICC>0,8) (40). Taşınabilir sensör tabanlı spastisite değerlendirme cihazların genellikle spastisiteyi sınıflandırmada yüksek doğruluk sağladığı bildirilmiş olsa da, bu alanda yapılacak geniş kapsamlı yeni çalışmalar sonuçların doğrulanmasını ve olası iyileştirmelerin planlanmasını mümkün kılabilir.

Elektrofizyolojik ölçümler, spastisite değerlendirilmesinde önemli bir araç olarak kullanılmakta olup, bu değerlendirme genellikle çok kanallı dinamik EMG ile yapılır. Bu yöntemle kas aktivitesi detaylı bir şekilde incelenir ve sinir-kas sistemi arasındaki anormal iletimler tespit edilebilir (26). Elektrofizyolojik ölçümler için yanıtlar genellikle şu üç yöntemle elde edilir: kası innerve eden periferik sinirin elektriksel uyarılmasıyla oluşan H-refleksi, kasın pasif olarak gerilmesiyle ortaya çıkan gerilme refleksi ve/veya tendon vuruşuyla tetiklenen T-refleksi. H-refleksi, spastik kasın elektriksel uyarımına verilen EMG yanıtını ölçer. İlk olarak M-dalgası olarak adlandırılan birinci yanıtın ve ardından H-refleksi olarak bilinen ikinci yanıtın büyüklüğü kaydedilir. H-refleksi ile M-dalgası arasındaki oran (H/M oranı), spastisiteyi değerlendirmek için bir ölçüt olarak kullanılabilir (42). Gerilme refleksi, kasın gerilmesiyle oluşan biyoelektrik yanıtın EMG aracılığıyla kaydedilmesini içerir. Bu refleks manuel olarak veya bir motor sistemi kullanılarak tetiklenebilir. Veriler daha sonra spastisiteyi değerlendirmek için analiz edilir. T refleksi, spastik kasın farklı hızlı gerilmeleri sırasında eklem açısının bir elektrogonyometre ile kaydedilmesi ve kasın biyoelektrik yanıtının EMG ile ölçülmesiyle elde edilir (17,43).

Tonus Germe Refleks Eşiği (TSRT), spastik kasın çeşitli hızlarda gerilmesi sırasında eklem açısının bir elektrogonyometre ile ve miyo-elektrik yanıtın EMG kullanılarak ölçülmesiyle belirlenmektedir (44).

TSRT indeksi, gerilme refleksi eşiği açısı ve hız verileri kullanılarak doğrusal regresyon yöntemiyle hesaplanır (29, 36). Nörofizyolojik ölçümler, motor sistemlerin çeşitli uyarıcılara verdiği elektriksel aktiviteleri tespit ettikleri için spastisiteyi ölçmede en doğru yöntemlerden biri olarak kabul edilmektedir. Bu ölçümler, güvenilirlik ve ayırt edici geçerlilik açısından en umut verici olmakla birlikte; yüksek değişkenlik, çevresel koşullar ile bilişsel yetenekler tarafından etkilenme ve klinik uygulanabilirlikte sınırlılık gibi bazı sınırlamaları vardır (45, 36).

Robot destekli spastisite cihazları, EMG elektrotlarına ek olarak gonyometreler ve basınç sensörleri kullanarak spastisite değerlendirmesinin doğruluğunu artırabileceği düşünülen cihazlardır. Bu cihazların hastaya özgü rehabilitasyon için klinik ortamlarda kullanılabileceği ve spastisite değerlendirmesini otomatikleştirerek önemli ve objektif bir alternatif olabileceği öne sürülmektedir (46). Önde gelen robot destekli spastisite değerlendirme cihazı olan Lokomat, nörolojik hareket bozukluğu olan bireylerde, kısmi vücut ağırlığı desteğiyle robotik yardımlı yürüyüş rehabilitasyonu amacıyla tasarlanmıştır (47). Lökomatla yürüyüş sırasında eklem sertliğini belirlemek üzere geliştirilen L-STIFF aracı, önceden tanımlanmış pasif hareketler sırasında kalça ve diz eklemlerinde, fleksiyon ve ekstansiyon esnasında direnç torkundaki değişiklikleri ölçer. Bu ölçüm, eklemin sabit bir hızda ve kontrollü hareket aralığında hareket ettirilmesiyle gerçekleştirilir (46,47). Cherni ve ark., otomatik robot destekli cihazların klinik spastisite değerlendirmesi için alternatif olabileceği öne sürülmüştür. Çalışmalarında alt ekstremitte spastisitesinin değerlendirilmesinde hızlı ve orta hareket hızlarında yavaş hızlara kıyasla değerlendiriciler arası güvenilirliği daha iyi olduğunu bildirmişlerdir (46). Bu alanda yeni teknolojik gelişmelerle, kanıt düzeyi yüksek bilimsel çalışmaların entegrasyonu belirleyici olacaktır.

Miyonometri ise, spastisite değerlendirmesinde kasların biyomekanik özelliklerini objektif bir şekilde ölçmeye olanak sağlayan bir yöntemdir. Geleneksel germe tekniklerinden farklı olarak, miyonometri, spastik kaslara kısa darbeler gönderen bir prob kullanarak kas sertliği gibi parametreleri nicel olarak değerlendirir (26). Araştırmalar, miyonometri ile yapılan ölçümlerin, inne geçiren hastalarda bilek sertliğinin sağlıklı bireylere kıyasla anlamlı derecede daha yüksek olduğunu göstermiştir (48). Ayrıca, Yamaguchi ve arkadaşları, miyonometri kullanarak

spastik hastaların kas-tendon-eklem sertliğini değerlendirmiş ve ölçümlerin hem değerlendiriciler arası hem de aynı değerlendiricinin tekrarlı ölçümleri arasında yüksek güvenilirlik sağladığını ortaya koymuştur (49). Diğer yandan, Li ve arkadaşları, myonometri ile pasif germe testleri arasındaki negatif ilişkiyi ($r < -0,5$; $p < 0,05$) vurgulayarak bu yöntemin geçerliliğinin daha fazla araştırılması gerektiğini belirtmiştir (50). Myionometri, spastisite değerlendirmesinde nörolojik ve yapısal bileşenlerin ayrımını yaparak kanıta dayalı tedavi stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlayabilme potansiyeline sahiptir; ancak etkinliğini daha iyi anlayabilmek için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır. Bununla birlikte, miyonometri kullanımındaki temel sınırlama, donanımlı laboratuvarların ve deneyimli uygulayıcıların eksikliğidir. Ayrıca, bu cihazlar klinik ortamlar için uygun olmayabilir ve klinisyenlerin öğrenme sürecini zorlaştırabilir (49,50). Bu nedenle, miyonometri, spastisitenin patofizyolojik mekanizmalarını inceleyen bilimsel çalışmalar için daha uygunken, rutin klinik değerlendirmelerde daha az kullanışlı olacağı düşünülebilir.

Ultrason elastografi, yumuşak doku elastikiyetini değerlendirmede kullanılan yeni bir yöntem olarak klinik uygulamalarda giderek yaygınlaşmıştır (51). Shear wave ve strain elastografi yöntemleri, spastik biceps ve gastrocnemius kaslarının, nonparetik kaslara veya sağlıklı bireylere kıyasla daha sert olduğunu göstermiştir (52,53). Post-stroke spastisite hastalarında ultrason elastografinin kullanımına dair çalışmalar artmakla birlikte, PSS'nin ölçüm ve tedavi takibindeki etkinliği konusunda net bir görüş birliği oluşmamıştır. Ultrason elastografi tedavi yanıtını izlemek için yararlı olsa da, çalışma tasarımlarındaki çeşitlilik ve operatöre bağımlılık gibi sınırlamalar mevcuttur (51).

Yakın kızılötesi spektroskopisi (NIRS), kas hemodinamiği ve metabolizmasını non-invaziv bir şekilde gerçek zamanlı ölçen bir optik yöntemdir (54). NIRS'in spastik kaslardaki kan hacmi ve oksidatif kapasite değişikliklerini non-invaziv olarak tespit edebilmesi, MAS ve EMG gibi yöntemlerle ilişkilendirilerek spastisite değerlendirme yöntemi olarak kullanımını mümkün kılmaktadır. Ancak, çalışmalarda spastisitenin tanımlanmasındaki farklılıklar, NIRS'in etkinliğine ilişkin karşılaştırmalar yapmayı zorlaştırmakta ve sonuçların genel geçerliği konusunda sınırlamalar yaratmaktadır (55).

NIRS'in spastisiteyi ölçme konusunda işlevsel bir cihaz olup olmadığını kesinleştirmek için, NIRS verilerinin raporlanmasında standartlaştırılmış, tekrarlanabilir ve güvenilir bir format benimsenmesi gereklidir.

Nöromüsküloskeletal Modeller

Nöromüsküloskeletal modeller, spastisiteyi kasların gerilme sırasında verdiği refleks yanıtları, eklem hareketliliği ve kas-tendon dinamiklerini simüle ederek değerlendirir. Bu süreçte kas aktivasyonu, germe refleksleri ve eklemlerde oluşan tork gibi veriler kullanılarak spastik kasların mekanik ve nörolojik davranışları analiz edilir. Nöromüsküloskeletal modeller, spastik kasların altında yatan patolojiyi anlamada önemli bilgiler sunabilir, özellikle kas refleks aktiviteleri ve doku davranışları hakkında veri sağlayabilir (56,57). Ancak, bu modellerin geliştirilmesi, spastisite kaslarının karmaşıklığı nedeniyle zordur ve doğrulama için çeşitli deneysel verilere ihtiyaç vardır (58).

Van der Krogt ve ekibi, serebral palsili çocuklarda hamstring kaslarının spastisite ve kontraktür değerlendirmesini nöromüsküloskeletal modellerle gerçekleştirmiş ve başarılı sonuçlar elde etmiştir (57). Ayrıca, bir çalışma inme sonrası hastaların spastisite tepkilerini MAS modeli ile simüle etmiş, ancak dirsek spastisitesi ölçümünde güvenilirlik eksikliği bulunmuştur (59). Mevcut bulgular, bu modellerin spazm değerlendirmesinde potansiyel taşıdığını, ancak klinik uygulamada sınırlı kaldığını göstermektedir.

Klinisyenlerin kullanımı için geliştirilmiş nöral sensör tabanlı çok modlu eldiven, spastisite değerlendirmesi alanındaki en güncel yöntemlerden biri olarak literatüre eklenmiştir (60). Spastisitenin daha doğru ve objektif şekilde ölçülmesi için geliştirilen bu taşınabilir, çok modlu sensör eldiveni, biyomekanik verilerle spastisitenin dinamik özelliklerini ortaya koyarak, sinirsel ve yapısal bileşenlerin ayrımını yapmayı amaçlamıştır. Bu çalışmanın limitasyonları, genel anestezi gerektiren hastalarla sınırlı ölçümler yapılmış olması ve farklı değerlendiriciler arasında ölçüm tutarlılığının incelenmemesidir (60). Gelecekte anestezi gerektirmeyen hastaların incelenmesi, sensör eldiveninin biyomekanik özellikleri farklı hastalarda izlenmesi ve farklı değerlendiriciler arasında tutarlılık değerlendirmeleri yapılması, yöntemin geçerliliği, güvenilirliği ve kullanabilirliği açısından belirleyici olacaktır.

Tele-değerlendirme

Yakın geçmişte yaşadığımız COVID-19 pandemisi pek çok hastalık ve semptomun değerlendirmesini zorlaştırdığı gibi, spastisite değerlendirmesini de olumsuz etkilemiştir. Spastisite değerlendirilmesinin takip ve tedavi için önemi ve gerekliliği, bu alanda tele-değerlendirmenin bir çözüm olarak öne çıkmasına neden olmuştur. Spastisite için tele-değerlendirme uygulamaları, klinisyenlerin bakım verenleri yönlendirdiği sanal yöntemlerle gerçekleştirilmiştir (61). Çeşitli çalışmalar tele-değerlendirmelerin güvenilirliğini incelemiştir. Harper ve arkadaşları, tele-değerlendirme ile yapılan spastisite taramasının yüz yüze değerlendirme ile %94 doğrulukla ($\kappa = 0.875$) benzer sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir (62). Kim ve arkadaşları ise dirsek fleksör gücü ve spastisite için uzaktan ve yüz yüze değerlendirme arasında kısmi uyum bulmuştur ($\kappa = 0.643$ ve $\kappa = 0.308$) (63). Öte yandan, De Donno ve arkadaşları, tele-değerlendirmenin etik, hukuki ve teknik sorunlar nedeniyle yetersiz kaldığını belirtmiştir (64).

Tele-değerlendirmenin uzun vadeli kullanım potansiyeli yüksektir ve pandemi sonrasında da gelişmeye devam etmesi öngörülmektedir (65). Ancak, tele-tıp ile spastisite değerlendirmeleri için standart bir prosedür yoktur ve güvenilirlik doğrulamaları yetersizdir (26). Bu yöntem özellikle yatağa bağımlı hastalar için uygun olabilir, ancak birden fazla kişinin katılımını gerektiren karmaşık bir süreç olması ve literatürdeki çelişkili sonuçlar, tele-değerlendirmenin spastisite için henüz uygun bir yöntem olmadığını düşündürmektedir. Bu alan teknolojik gelişmelere açık olmakla birlikte yeni çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Spastisitenin kapsamlı şekilde değerlendirmesi, hastaların yaşam kalitesini iyileştirmek ve uygun tedavi yöntemlerini belirlemek için kritik öneme sahiptir. Bununla birlikte değerlendirme öncesinde spastisitenin yararlı ve zararlı etkileri analiz edilmesi ve sonuçların bu bağlamda yorumlanması gerekir. Günümüzde mevcut değerlendirme yöntemlerinin standart olmayan ölçüm protokolleri, tutarsız güvenilirlik sonuçları ve üst motor nöron lezyonlarında nöronal ve nöronal olmayan faktörleri ayırt etme becerilerinin yetersizliği gibi sınırlılıkları bulunmaktadır. Biyosensörler, robotik ve biyomekanik cihazlar ile tele-değerlendirme gibi yeni nesil spastisite değerlendirme yöntemleri, daha nicel ve doğru değerlendirmelere olanak tanıyarak mevcut klinik değerlendirme yöntemlerinin etkinliğini

artırmaya yönelik olarak geliştirilmiştir. Bununla birlikte, spastisitenin genellikle aktif hareketler sırasında daha belirgin patolojik bulgular sergilediği göz önüne alındığında, mevcut değerlendirme yöntemlerinin çoğunlukla pasif değerlendirmeyi ön planda tutarken aktif hareket sırasındaki değerlendirmeyi göz ardı etme eğiliminde olması önemli bir sınırlılıktır. Aktif hareketler sırasında ortaya çıkan spastik reaksiyonlar, hastaların günlük yaşam aktivitelerini doğrudan etkilemekte ve bu durum, tedavi yaklaşımlarını da zorlaştırmaktadır. Bu bağlamda, gelecekteki araştırmaların, spastisitenin kapsamlı bir değerlendirmesini sağlamak için hem aktif hem de pasif motor değerlendirmeleri birleştirmesi ve hasta öz bildirimlerini de değerlendirmeye dahil etmesi daha bütünsel bir yaklaşım geliştirmeye olanak tanıyacaktır. Gelecekteki araştırmalar spastisite değerlendirmelerinin kalitesini ve etkinliğini artırmak için büyük bir potansiyele sahiptir. Spastisiteyi daha bütüncül bir perspektiften anlamak ve değerlendirme doğruluğunu artırmak, klinik pratikte daha etkili müdahale stratejilerinin geliştirilmesine ve hastalarının yaşam kalitesinin iyileştirilmesine önemli ölçüde katkı sağlayabilir.

Çıkar çatışması ▪ Conflict of interest: Yazar ya da yazı ile ilgili bildirilen herhangi bir çıkar çatışması yoktur. ▪ There is no conflict of interest declared regarding the author or the article.

Maddi destek ▪ Financial support: Yazar maddi destek almadıklarını beyan ederler. ▪ The authors declare that they received no financial support.

KAYNAKLAR

1. Mukherjee A, Chakravarty A. Spasticity mechanisms- for the clinician. *Frontiers in neurology*, 2010;1, 149.
2. Good JM. The study of medicine, vol 4. Baldwin, Cradock and Joy, London, 1829;182.
3. Thilman A.F. Spasticity: History, Definitions, and Usage of the Term. In: Thilman AF, Burke DJ, Rymer WZ. (eds) *Spasticity*. Springer, Berlin, Heidelberg, 1993; 245.
4. Lance JW. "Symposium," in *Spasticity: Disordered motor control*, eds RG Feldman, RR Young, and WP Koella (Chicago: Year Book Medical Pubs), 1980;485-495.
5. Li S, Francisco GE, Rymer WZ. A new definition of poststroke spasticity and the interference of spasticity with motor recovery from acute to chronic stages. *Neurorehabil Neural Repair*. 2021;35(7):601-610.
6. Verduzco-Gutierrez M, Raghavan P, Prunte J, Moon D, List CM, Hornyak JE et al. AAPM&R consensus guidance on spasticity assessment and management. *PMR*. 2024;16(8):864-887.
7. Delp MD, Laughlin MH. Regulation of skeletal muscle perfusion during exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, 1998;162(3): 411-419.
8. Masi AT, Hannon JC. Human resting muscle tone (HRMT): narrative introduction and modern concepts. *J Bodyw Mov Ther*. 2008;12(4):320-32.
9. Ganguly, J., Kulshreshtha, D., Almotiri, M., Jog, M. Muscle tone physiology and abnormalities. *Toxins*. 2021;13(4), 282.
10. Carello, C., Turvey, M. T. Physics and psychology of the muscle sense. *Current directions in psychological science*. 2004;13(1), 25-28.
11. Zhang LQ, Chen K, Kang SH, Sliwa JA, Cohen BA, Rymer WZ, et al. Characterizations of reflex and nonreflex changes in spastic multiple sclerosis. *Journal of neuroscience methods*, 2014;231:3-8.
12. Raghavan P. Neural basis of spasticity. In: Raghavan P, ed. *Spasticity and Muscle Stiffness: Restoring Form and Function*. 1st ed. Springer Nature;2022.
13. Kirischuk S, Sinning A, Blanquie O, Yang JW, Luhmann HJ, Kilb W. Modulation of neocortical development by early neuronal activity: physiology and pathophysiology. *Front Cell Neurosci*. 2017;11:379.
14. Pandyan AD, Gregoric M, Barnes MP. Spasticity: clinical perceptions, neurological realities and meaningful measurement. *Disabil Rehabil*. 2005;27(1-2):2-6.
15. Sáinz-Pelayo MP, Albu S, Murillo N, Benito-Penalva J. Spasticity in neurological pathologies. An update on the pathophysiological mechanisms, advances in diagnosis and treatment. *Rev Neurol*. 2020;70(12):453-460.
16. Stecco, A., Stecco, C., Raghavan, P. Peripheral mechanisms contributing to spasticity and implications for treatment. *Current Physical Medicine and Rehabilitation Reports*. 2014;2, 121-127.
17. Xu, D., Wu, Y. N., Gaebler Spira, D., Gao, F., Clegg, N. J., Delgado, M. R., Zhang, L. Q. Neural and nonneural contributions to ankle spasticity in children with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*. 2020;62(9), 1040-1046.

18. Gormley ME Jr, Krach LE, Piccini L. Spasticity management in the child with spastic quadriplegia. *Eur J Neurol*. 2001;8(Suppl 5):127-135.
19. Flanigan M, Gaebler-Spira D, Kocherginsky M, Garrett A, Marciniak C. Spasticity and pain in adults with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 2020;62(3):379-385.
20. Lin JP, Brown JK, Brotherton R. Assessment of spasticity in hemiplegic cerebral palsy. II: Distal lower-limb reflex excitability and function. *Dev Med Child Neurol*. 1994; 36:290-303.
21. Mutlu A, Livanelioglu A, Gunel MK. Reliability of Ashworth and Modified Ashworth scales in children with spastic cerebral palsy. *BMC Musculoskelet Disord*. 2008; 9:44.
22. Clopton N, Dutton J, Featherston T, Grigsby A, Mobley J, Melvin J. Interrater and intrarater reliability of the modified ashworth scale in children with hypertonia. *Pediatr Phys Ther* 2005;17:268-274.
23. Gregson JM, Leathley M, Moore AP, Sharma AK, Smith TL, Watkins CL: Reliability of the tone assessment scale and the modified ashworth scale as clinical tools for assessing poststroke spasticity. *Arch Phys Med Rehabil*. 1999;80:1013-1016.
24. Hugos CL, Cameron MH. Assessment and measurement of spasticity in MS: State of the Evidence. *Curr Neurol Neurosci Rep*. 2019;19(10):79.
25. Yee J, Low CY, Mohamad Hashim N, Che Zakaria NA, Johar K, Othman NA et al. Clinical Spasticity Assessment Assisted by Machine Learning Methods and Rule-Based Decision. *Diagnostics*. 2023;13:73-9.
26. He J, Luo A, Yu J, Qian C, Liu D, Hou M, et al. Quantitative assessment of spasticity: a narrative review of novel approaches and technologies. *Front Neurol*. 2023;14:1121323.
27. Patrick E, Ada L. The Tardieu Scale differentiates contracture from spasticity whereas the Ashworth Scale is confounded by it. *Clin Rehabil*. 2006;20:173– 82.
28. Haugh AB, Pandyan AD, Johnson GR. A systematic review of the Tardieu Scale for the measurement of spasticity. *Disabil Rehabil*. 2006;28:899–907.
29. Li F, Wu YD, Xiong L. Reliability of a new scale for measurement of spasticity in stroke patients. *J Rehabil Med*. 2014;46:746–53.
30. Qin W, Yang M, Li F, Chen C, Zhen L, Tian S. Influence of positional changes on spasticity of the upper extremity in poststroke hemiplegic patients. *Neurosci Lett*. 2019;712:134479.
31. Biering-Sørensen F, Nielsen JB, Klinge K. Spasticity-assessment: a review. *Spinal cord*, 2008;44.12: 708.
32. Hobart JC, Riazi A, Thompson AJ, Stiles IM, Ingram W, Vickery PJ et al. Getting the measure of spasticity in multiple sclerosis: the Multiple Sclerosis Spasticity Scale (MSSS-88). *Brain*. 2006;129: 224–34.
33. Calame A, Singer BJ. Inter-and intra-rater reliability of the Australian spasticity assessment scale in adults with acquired brain injury. *Open J Therapy Rehabil*. 2015;3:77.
34. Wartenberg R. Pendulousness of the legs as a diagnostic test. *Neurology*. 1951;1(1):18-24.
35. Rahimi F, Eyvazpour R, Salahshour N, Azghani MR. Objective assessment of spasticity by pendulum test: a systematic review on methods of implementation and outcome measures. *Biomed Eng Online*. 2020;19:18.
36. Aloraini SM, Alassaf AM, Alrezgan MM, Aldaihan MM. Spasticity Measurement Tools and Their Psychometric Properties Among Children and Adolescents With Cerebral Palsy: A Systematic Review. *Pediatr Phys Ther*. 2022;34(4):449-463.
37. Szopa A, Domagalska-Szopa M, Kidon Z, Syczewska M. Quadriceps femoris spasticity in children with cerebral palsy: measurement with the pendulum test and relationship with gait abnormalities. *J Neuroeng Rehabil*. 2014;11:10.
38. Aleksić A, Popović DB. New scale for assessing spasticity based on the pendulum test. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*. 2022;25(6):593-602.
39. Wang C, Peng L, Hou ZG, Zhang P. The assessment of upper-limb spasticity based on a multi-layer process using a portable measurement system. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*. 2021;29:2242–51.
40. Choi S, Shin YB, Kim SY, Kim JA novel sensor-based assessment of lower limb spasticity in children with cerebral palsy. *J Neuroeng Rehabil*. 2018;15:16.
41. Zhang H, Xiao Z, Wang J, Li F, Szczerbicki E. A novel IoT-perceptive human activity recognition (HAR) approach using multihead convolutional attention. *IEEE Int Things J*. 2020;7:1072–80.

42. Kohan AH, Abootalebi S, Khoshnevisan A, Rahgozar M. Comparison of modified Ashworth scale and Hoffmann reflex in study of spasticity. *Acta Med Iran*. 2010;48(3):154-157.
43. Germanotta M, Taborri J, Rossi S, Frascarelli F, Palermo E, Cappa P et al. Spasticity measurement based on tonic stretch reflex threshold in children with cerebral palsy using the PediAnklebot. *Front Hum Neurosci*. 2017;11:277.
44. Nourizadeh, M., Shadgan, B., Abbasidezfouli, S. Juricic M, Mulpuri K. Methods of muscle spasticity assessment in children with cerebral palsy: a scoping review. *J Orthop Surg Res* 2024;19:401.
45. Malhotra S, Pandyan AD, Day CR, Jones PW, Hermens H. Spasticity, an impairment that is poorly defined and poorly measured. *Clin Rehabil*. 2009;23(7):651-658.
46. Cherni Y, Ballaz L, Girardin-Vignola G, Begon M. Intra- and inter-tester reliability of spasticity assessment in standing position in children and adolescents with cerebral palsy using a paediatric exoskeleton. *Disabil Rehabil*. 2021;43:1001-7.
47. Schmartz AC, Meyer-Heim AD, Muller R, Bolliger M. Measurement of muscle stiffness using robotic assisted gait orthosis in children with cerebral palsy: a proof of concept. *Disabil Rehabil Assist Technol*. 2011;6(1): 29-37.
48. Rydahl SJ, Brouwer BJ. Ankle stiffness and tissue compliance in stroke survivors: a validation of Myotonometer measurements. *Arch Phys Med Rehabil*. 2004;85:1631-7.
49. Yamaguchi T, Petersen TH, Kirk H, Forman C, Svane C, Kofoed-Hansen M et al. Spasticity in adults with cerebral palsy and multiple sclerosis measured by objective clinically applicable technique. *Clin Neurophysiol*. 2018;129:2010- 21.
50. Li X, Shin H, Li S, Zhou P. Assessing muscle spasticity with Myotonometric and passive stretch measurements: validity of the Myotonometer. *Sci Rep*. 2017;7:44022.
51. Lin MT, Yang SM, Wu HW, Chen YH, Wu CH. Utility of ultrasound elastography to evaluate poststroke spasticity and therapeutic efficacy: A narrative review. *J Med Ultrasound*. 2023;31:171-7.
52. Wu CH, Lin YY, Chen WS, Wang TG. Sonoelastographic evaluation of plantar fascia after shock wave therapy for recalcitrant plantar fasciitis: A 12-month longitudinal follow-up study. *Sci Rep*. 2020;10:2571.
53. Sigrist RMS, Liao J, Kaffas AE, Chammas MC, Willmann JK. Ultrasound Elastography: Review of Techniques and Clinical Applications. *Theranostics*. 2017; 7:1303-1329.
54. Ferrari M, Mottola L, Quaresima V. Principles, techniques, and limitations of near infrared spectroscopy, *Can. J. Appl. Physiol*. 2004; 29:463-487.
55. McDougall J, Chow E, Harris RL, Mills PB. Near-infrared spectroscopy as a quantitative spasticity assessment tool: A systematic review. *J Neurol Sci*. 2020;412:116729.
56. Bar-On L, Aertbeliën E, Molenaers G, Desloovere K. Muscle activation patterns when passively stretching spastic lower limb muscles of children with cerebral palsy. *PLoS one*. 2014;9:e917-59.
57. Van der Krogt MM, Bar-On L, Kindt T, Desloovere K, Harlaar J. Neuro-musculoskeletal simulation of instrumented contracture and spasticity assessment in children with cerebral palsy. *J Neuroeng Rehabil*. 2016; 13:11.
58. Yee J, Low CY, Hashim NM, Hanapiah FA, Soh WS, Zakaria NAC et al. Data-driven model for upper limb spasticity detection. *Int J Integ Eng*. 2021; 13:180-8.
59. Park J-H, Lee K-J, Yoon Y-S, Son E-J, Oh J-S, Kang SH et al. Development of elbow spasticity model for objective training of spasticity assessment of patients post stroke. *IEEE Int Conf Rehabil Robot*. 2017:146-51.
60. Amit M, Yalcin C, Liu J, Skalsky A, Garudadri H, Nga N. Multimodal assessment of spasticity using a point-of-care instrumented glove to separate neural and biomechanical contributions. *iScience*. 2022; 25:10,5286.
61. Verduzco-Gutierrez M, Bean AC, Tenforde AS, Tapia RN, Silver JK. How to conduct an outpatient telemedicine rehabilitation or prehabilitation visit. *PM R*. 2020;12:714-20.
62. Harper KA, Butler EC, Hacker ML, Naik A, Eoff BR, Phibbs FT et al. A comparative evaluation of telehealth and direct assessment when screening for spasticity in residents of two long-term care facilities. *Clin Rehabil*. 2021;35:589-94.
63. Kim J, Sin M, Kim WS, Min YS, Kim W, Park D et al. Remote assessment of post-stroke elbow function using internet-based telerobotics: a proof-of-concept study. *Front Neurol*. 2020;11:583101.

64. De Donno A, Acella A, Angrisani C, Gubinelli G, Musci G, Gravili G et al. Suspension of care for patients with spasticity during COVID-19 pandemic: ethical and medico-legal point of view starting from an Italian study. *Front Med*. 2021;8:10.
65. Knox L, McDermott C, Hobson E. Telehealth in long-term neurological conditions: the potential, the challenges and the key recommendations. *J Med Eng Technol*. 2022; 46:1–12.



SAĞLIK BİLİMLERİNDE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

CURRENT PERSPECTIVES ON
HEALTH SCIENCES

ICPHS



Review

Genetic Research and The Future of Nutrition Therapy

Genetik Araştırmalar ve Beslenme Tedavisinin Geleceği

Tuğba KAHVECİOĞLU Mungan¹, Funda ELMACIOĞLU²¹Doktora Öğrencisi, İstinye Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye.²Prof. Dr., İstinye Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye.

Received 31 July 2024

Accepted 1 November 2024

Published Online 30 April 2025

Article Code CPHS2025-6(1)-23-30.

Keywords

epigenetics
genetic tests
nutrigenomics
precision nutrition

Anahtar kelimeler

epigenetik
genetik testler
kişiselleştirilmiş beslenme
nutrigenetik

Corresponding Author

Tuğba KAHVECİOĞLU Mungan
tkahve@gmail.com

ORCID

T KAHVECİOĞLU Mungan
0000-0003-0864-7506F ELMACIOĞLU
0000-0001-8887-4615

Abstract

Following the completion of the Human Genome Project in 2001, research has increasingly explored the interplay between genetics and biological processes, particularly in nutrition. Despite this interest, studies published in Turkish examining the relationship between genetics and nutrition remain limited. This review aims to synthesize current literature on the intersections of genetics, disease, and nutrition, focusing on how genetic structures influence nutritional needs and how diets can affect gene expression. It discusses the uses and limitations of genetic testing, noting their restricted utility in predicting complex disease risks. To enhance patient care, training curricula for healthcare providers must incorporate clinical genetics, molecular testing, and nutritional genomics. An evidence-based approach is essential to ensure that personalized dietary recommendations informed by genetic insights offer health benefits without causing harm. Ultimately, future research in nutrigenetics and nutrigenomics should investigate how dietary patterns affect gene expression, aiding clinicians in categorizing obese patients and managing weight loss stages. Although nutrigenomic profiling tests lack validation for clinical use currently, they hold potential for improving patient outcomes through targeted genetic counseling in the future.

Öz

İnsan Genomu Projesi'nin sonuçlarının 2001 yılında yayınlanmasından sonraki çalışmalar genetik bilgilerin biyolojik süreçleri nasıl etkilediği üzerine odaklanmıştır. Bu tarihten günümüze kadar Türkçe yayımlanmış, beslenmeyle ilintisini ortaya koyan çalışma sayısı yetersizdir. Bu derlemede genetik alanında önemli kavramlar açıklanarak genetik, hastalık ve beslenme ilintisi genetik yapının beslenme üzerindeki etkisi ve diyetin gen ifadesi üzerindeki etkileri hakkında güncel literatürün yorumlanması amaçlanmıştır. Genetik testlerin kullanım alanları ve sınırlılıkları tartışılmış, özellikle genetik testlerin karmaşık hastalıkların risk tahmininde sınırlı fayda sağladığı görülmüştür. Sağlık hizmeti sağlayıcılarının eğitim müfredatları klinik genetik, moleküler testler ve beslenme genomu konusunda güçlendirilmelidir. Beslenme genomundan elde edilen bilgiyle kişiselleştirilmiş önerilerin bireylere sağlık açısından fayda sağladığını ve zarar vermediğini doğrulamak için kanıta dayalı bir yaklaşım sergilenmelidir. Sonuç olarak beslenme ve beslenme örüntülerinin gen ekspresyonunu nasıl etkilediğini inceleyecek gelecekteki nutrigenetik ve nutrigenomik çalışmaları, klinisyenlere obez hastaları alt tiplere ayırmada ve akut veya uzun süreli ağırlık kaybının farklı aşamalarını tanımlamada rehberlik edebilir. Her ne kadar nutrigenomik ve gen profili oluşturma testleri klinik uygulama açısından doğrulanmamış olsa da, gelecekte bu testler hedefe yönelik nutrigenetik danışmanlık sağlanarak hastalık tedavi stratejilerinin geliştirilmesine yardımcı olabilir.

To cite this article:

Kahvecioğlu Mungan T, Elmacioğlu F. Genetic Research and The Future of Nutrition Therapy. Curr Perspect Health Sci. 2025;6(1):23-30

GİRİŞ

İnsan genomunun ilk taslağı, başlangıcından tamamlanmasına kadar 20 yıl süren ve 3 milyar dolara mal olan “İnsan Genomu Projesi” adı verilen uluslararası bir çabayla 2001 yılında yayınlanmıştır (1). İnsan Genomu Projesi'nin tamamlanmasından bu yana en küçük bakteriden en büyük memeliye kadar yüzlerce genom dizilenmiştir (2). Genler, canlı bir organizmayı oluşturmak ve sürdürmek için gereken tüm biyolojik bilgileri içermektedir. Genler;

- Protein oluşumundan ve metabolik fonksiyondan sorumludur.

- Çekirdeğin hormonlar ve enzimler gibi iç faktörlerden ve diyet gibi dış/çevresel faktörlerden aldığı metabolik sinyallere yanıt olarak açılıp kapatılırlar (3).

Gen çeşitliliği insanlar arasında çoğunlukla aynıdır, ancak genlerin %1'inden azı insanlar arasında farklılık gösterir, bu da 3 milyon bazlık bir fark anlamına gelmektedir. Bu farklılıklara “polimorfizm” adı verilir. En yaygın polimorfizm türü, tek bir baz çiftinde oluşan varyasyondur ve tek nükleotid polimorfizmleri (SNP'ler) olarak bilinmektedirler (3).

Genetik Alanında Kullanılan Kavramlar

- **DNA metilasyonu:** Genlerin belirli bölgelerinde metil gruplarının bulunma veya bulunmama derecesi (4,5).

- **Epigenetik:** Genetik yapıyı değiştirmeden gen aktivitesinin ifadesinin düzenlenmesindeki değişiklikler (4,5).

- **Gen susturulması (sessizleşmesi):** Bir genin ifadesinin transkripsiyon veya translasyon düzeylerinde kesintiye uğraması veya baskılanması (4,5).

- **Genom çapında ilişkilendirme çalışmaları (GWAS):** GWAS, belirli bir hastalığı olan kişilerde, hastalığı olmayan kişilere göre daha sık ortaya çıkan küçük varyasyonları veya SNP'leri genomda arar. Her çalışma aynı anda yüzlerce veya binlerce SNP'ye bakabilir. Bu çalışmalar, belirli bir hastalığın gelişme riskine katkıda bulunabilecek genleri tanımlamaktadır (4).

- **Multigenik:** Belirli bir özelliğe veya hastalığa neden olan, çoğu zaman belirtilmeyen bir veya daha fazla genin ve çoğu zaman bilinmeyen çevresel faktörlerin birleşik katkısı (5).

- **Poligenik:** Birden fazla genin alellerinin kombine etkisinden kaynaklanan genetik bozukluk (örn. kalp

hastalığı, diyabet ve bazı kanserler). Bu tür bozukluklar kalıtsal olsa da, birçok alelin aynı anda varlığına bağlıdır; dolayısıyla kalıtsal kalıplar genellikle tek gen bozukluklarından daha karmaşıktır (5).

- **Nutrigenomik,** diyet bileşenleri ile genom arasındaki etkileşimleri ve gen ekspresyonunu etkileyen proteinler ve diğer metabolitlerde ortaya çıkan değişiklikleri kapsar. Bu tanımlamalara rağmen, nutrigenomik genellikle beslenme genomu ile eşanlamlı olarak kullanılmaktadır (6).

- **Nutrigenetik,** belirli besinlere karşı klinik tepkileri açısından denekler arasındaki genetik farklılıkların incelenmesiyle ilgilenen beslenme genomunun bir parçası olarak tanımlanabilir (7).

Beslenme epigenomiği, DNA dizisini değiştirmeden diyetin gen ifadesindeki değişiklikler üzerindeki etkisini ifade etmektedir. Diğer omik alanlar beslenmeye yanıt olarak değiştirilir. Bunlar arasında transkriptomik (transkriptomun incelenmesi, herhangi bir zamanda genom tarafından üretilen RNA transkriptlerinin tamamı), proteomik (protein ekspresyonu ve fonksiyonunun incelenmesi) ve metabolomik (hücrelerde bulunan düşük molekül ağırlıklı moleküllerin ve biyolojik sistemlerin incelenmesi) yer almaktadır. Bu yaklaşımlar besin-genom etkileşimlerini anlamamıza yardımcı olacaktır (7).

Bu derlemede nutrigenomik, beslenme epigenomiği gibi genetik alanında önemli kavramlar açıklanarak genetik-hastalık ilintisi ve diyetin gen ifadesi üzerindeki etkileri hakkında güncel literatürün yorumlanması amaçlanmıştır. Ancak, SNP'ler dışında kalan kromozomal bozukluklar, tek gen hastalıkları, mitokondriyal hastalıklar ve somatik hücre genetik bozuklukları tamamen ayrı bir konu olduğu için bu derlemede bahsedilmemiştir.

Beslenmeyle İlişkili Hastalıkların Tanısında Kullanılan Genetik Testler

Nutrigenetiğin en bilinen örneği, fenilalanin hidroksilaz genindeki mutasyonların neden olduğu klasik fenilketonüridir (PKU). PKU'nun birincil tedavisi düşük fenilalanin diyetidir. PKU, doğumdan kısa bir süre sonra uygulanan beslenme tedavisinin ciddi bilişsel bozukluk fenotipini ve bir dizi tıbbi sorunu iyileştirdiği, besin metabolizmasının nadir, otozomal resesif metabolik bozukluklarından oluşan küçük bir grup arasındadır (8). Yakın zamanda yapılmış olan çok merkezli bir çalışmada takip edilen çocuk ve yetişkinlerin uyumu için hala iyileştirilmeler yapılması gerektiği vurgulanmıştır (9).

PKU'nun aksine, kardiyovasküler hastalık (KVH), hipertansiyon, otoimmün hastalıklar, diyabet ve kanser gibi çoğu kronik bozukluk multigenetik ve multifaktöriyeldir (10-12).

Metilentetrahidrofolat redüktaz (MTHFR) genindeki C677T polimorfizm, yaygın olarak görülen bir SNP'dir (13). Bu SNP enzim verimliliğini azaltır, bu nedenle folik asit takviyesi olmayan birçok popülasyonda, TT genotipine sahip bireylerin kan folat seviyeleri daha yaygın olan CC genotipine sahip olanlara göre daha düşük düzey gösterirken %20 daha yüksek homosistein seviyelerine sahiptirler (14). Gebelerle yürütülen son çalışmalar maternal folik asit alımı ve sebze tüketiminin plasentada TT genotipi görülmesiyle negatif ilişkili olduğu (15) ve TT genotipine sahip gebelerde ortaya çıkan gestasyonel diyabette 200 mcg'a kıyasla 400 mcg folik asit alımı daha hızlı gestasyonel diyabet iyileşmesi ile ilişkili bulunmuştur (16). MTHFR genindeki meydana gelen polimorfizmlere göre mevcut folat alım önerilerini ve diyet referans alımlarını farklılaştırmak için yeterli kanıt yoktur (17).

Yeterli kolin içermeyen bir beslenme, karaciğer ve kas hasarıyla birlikte geri dönüşümlü olarak karaciğer yağlanması neden olmaktadır (18). Kadınlarda fosfatidiletanolamin N-metiltransferaz (PEMT) geni östrojen tarafından indüklenir ve endojen kolin sentezini katalize eden bir enzimi kodlamaktadır. PEMT'de SNP'ye sahip premenopozal kadınlar, düşük kolinli bir diyetle beslendiklerinde karaciğer ve kas fonksiyon bozukluğu geliştirme riskleri artmaktadır. Metilentetrahidrofolat dehidrojenaz 1 (MTHFD1) geninde SNP bulunan premenopozal kadınların, düşük kolinli diyetle kolin eksikliği belirtileri geliştirme olasılığı, SNP'si olmayanlara göre 15 kat daha fazla görülmüştür (19). Genler ve besinler arasındaki etkileşimi daha iyi anlamak ve kişiselleştirilmiş beslenme planlamak için nutrigenetik testler yakında özel gruplar için önemli bir yaklaşım haline gelebilir (20).

Apolipoprotein E (ApoE), kolesterol ve trigliserit metabolizması ve temizlenmesinde rol oynayan bir proteindir. ApoE'nin üç gen aleline karşılık gelen üç izoformu (E2, E3 ve E4) vardır; başlarda E3 normal, E2 ve E4 ise işlevsiz aleller olarak tanımlanmıştır (21). Sonraki çalışmalarda E4 aleline sahip bireylerin düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) düzeyleri, ortak E3/E3 genotipine sahip bireylere göre daha yüksek, E2 aleline sahip olanlar ise daha düşük LDL düzeylerine sahip oldukları görülmüştür (22). E4 aleline sahip kişilerde kolin ve folat eksikliği olması durumunda non-alkolik yağlı karaciğer görülme

riskinde artış bulunmuştur (23). Non-alkolik yağlı karaciğer tablosu oluşumunda potansiyel olarak etkisi olabilecek 10 farklı gen tanımlanmıştır (24).

Kardiyovasküler hastalık (KVH) riskine bağlı diğer bir gen varyantı ise apolipoprotein A5'tir. Bu SNP, daha yüksek trigliserit konsantrasyonları ile ilişkilidir ve diyetle n-6 çoklu doymamış yağ asidi alımı, trigliserit seviyelerini artırmaktadır (25). Apolipoprotein A5'te SNP'si bulunan kişilere düşük yağlı diyet uygulandığında total kolesterol ve LDL kolesterolde azalma görülmüştür (26). Yakın zamanda yapılmış olan bir çalışmada genotipe dayalı kişiselleştirilmiş beslenme tavsiyelerinin risk genotipi hakkında bilgilendirilen katılımcıların yaşam tarzı ve besin seçimlerinde olumlu değişiklikler ortaya çıkarabileceğini göstermiştir; fakat Apolipoprotein A5 genotipine dayalı beslenme danışmanlığı sunulabilmesi için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır (27).

Apolipoprotein E4, geç başlangıçlı alzheimer ve demans gibi nörodejenatif hastalıklardaki bilişsel gerileme ve prognozunda en çok bilinen risk genidir (28). Sağlıksız yaşam tarzı faktörleri, Apo E4'ten bağımsız olarak daha yüksek bilişsel bozukluk riskiyle ilişkilendirilmiş ve yaşam tarzı ile genetik riskin sinerjistik etkileşimleri olduğu görülmüştür (29). Apo E4 bazlı beslenme kavramsal olarak umut verici görünmektedir, ancak daha geniş gruplarda daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır (30).

Yağ kütlesi ve obeziteyle ilişkili genlerdeki (FTO-fat mass and obesity-associated gene) varyasyon, genom çapında ilişkilendirme çalışmalarında obezite ile ilişkilendirilmiştir. FTO'nun SNP'li genotipine sahip yetişkinlerin, risk aleli taşımayanlara göre obez olma olasılığı daha yüksektir (31). FTO geninin A alelinin taşınması obezite riskini artırmaktadır ancak risk, fiziksel aktivite veya enerji alımının azaltılmasıyla değiştirilebilmektedir (32).

FTO geninin A alelini taşıyan kişilerde yüksek yağ (33,34) ve yüksek karbonhidrat (35) alımı sonucu obezite riski artarken, T alelini taşıyan kişilerde Akdeniz diyetine uyumun düşük olması sonucunda tip 2 diyabet riskinde artış olabileceği görülmüştür (36). FTO geninin A alelini taşıyan kişilerde yüksek protein alımı daha fazla ağırlık kaybıyla ilişkiliyken (37), düşük yağ alımı insülin ve HOMA-IR'de azalmayla ilişkili bulunmuştur (38). Bir diğer açıdan bakıldığında beden kütle indeksi (BKİ), bel çevresi ve bel-kalça oranı dahil olmak üzere obeziteyle ilişkili bulunan antropometrik ölçümlerle potansiyel olarak 20'den fazla gen ilişkili bulunmaktadır (39).

Epigenetik, genlerin nasıl ve ne zaman susturulup etkinleştirileceğini düzenleyen süreçtir; epigenetik, bir hücredeki epigenetik değişikliklerin analizini ifade etmektedir (40). Beslenme, belirli genleri açıp kapatabilen epigenetik değişikliklere neden olabilmekte ve sonuçta hücrenin işlevi ve metabolizmayı etkileyebilmektedir (41). Maruziyet sonucu oluşan spesifik erken genetik mutasyonun bir örneği karaciğer kanserinde aflatoksin maruziyeti sonucunda oluşan p53 geni kodon 249'daki mutasyondur. Bu mutasyon aflatoksin maruziyeti olmadan meydana gelmemektedir ve aynı genin diğer bölgelerindeki mutasyonlar bu maruziyetle ilişkili bulunmamıştır (42).

1944-1945'teki Hollanda Açlık Kışı sırasında gebeler kıtlığa maruz kaldıktan altmış yıl sonra çocuklarında anneden damgalanan insülin benzeri büyüme faktörü 2 (IGF-2) geninin DNA metilasyonu daha az görülmüştür. Bu durum aynı koşullara maruz kalmayan aynı cinsiyetteki yaşlılarıyla karşılaştırıldığında insan büyüme ve gelişmesi ile ilişkili önemli bir faktör olarak görülmüştür (43). Gelecekteki epigenetik araştırmalar muhtemelen obezitenin etiyolojisi ve gelişiminde epigenetik düzenlemenin önemini ve süreçlerde yer alan genlerin karakterizasyonunun ölçülmesine odaklanacaktır (44).

Genetik- Hastalık İltisı

Şu anda klinik ortamlarda kullanılmak üzere yaklaşık 2000 genetik test bulunmaktadır ve bunların çoğu nadir tek gen bozukluklarını tespit etmek için uygulanmaktadır (45). Kanser, KHV ve diyabet gibi karmaşık hastalıklara genetik ve çevresel faktörler neden olmaktadır ve genetik mutasyonlar riskin yalnızca kısmen öngörüsünde bulunabilir (46). Belirli bir hastalığın gelişimine katkıda bulunan tüm SNP ilişkileri ve diğer faktörler bilinmediğinden, SNP ilişkilendirme testlerinden elde edilen mutlak riskler düşüktür ve şu anda bakım standardını değiştirme yönünde önemli bir fayda sağlamamaktadır (47).

Tüm yenidoğanlar için 31 temel durumu içeren yenidoğan tarama paneli, belirli meme veya yumurtalık kanseri öyküsü olan kadınlar için meme kanseri tip 1/2 duyarlılık proteini (BRCA1/2) analizi, Lynch sendromu taraması, Ailesel hiperkolesterolemi (AH)'li kişilerin akrabaları arasında AH, insan immün yetmezlik virüsü olan hastalarda abakavir duyarlılığına yönelik insan lökosit antijen testi (HLA) ve invaziv meme kanseri olan hastalarda insan epidermal büyüme faktörü reseptörü 2 (HER2) mutasyon testi dışındaki durumlarda genetik test uygulamasının kanıt düzeyi düşüktür (46-48).

Beslenme uzmanları genomik analiz dışında danışanlarıyla ilgili medikal bilgiyle de risk tahmini yapabilmektedir. Aile öyküsü, biyokimyasal parametreler, obezite, hipertansiyon veya hiperlipidemi gibi hastalık için risk faktörlerinin varlığı ve genetik testlerden elde edilen sonuçlar, bireyin hastalığa yakalanma riski hakkında yararlı bilgiler sağlayabilir (42).

Aile öyküsü; kalıtsal hastalık riskini belirlemek için önemli bir tarama aracıdır. Aile öyküsü, akrabaların ortak olarak paylaştığı genler, davranışlar ve çevresel etkiler hakkında sağlık profesyoneline bilgi sağlayabilmektedir (49). Aile öyküsü, klinik uygulamada risk değerlendirmesi yapabilmek için kullanılan en iyi uygulamadır (50). Fakat Amerika Ulusal Sağlık Enstitüsü'nün düzenlediği son konferansta, kronik hastalık riskinin değerlendirilmesinde ve müdahalelerin hedeflenmesinde aile öyküsünün yararlılığı sınırlı bulunmuştur. Bunun sebepleri arasında;

- Tam bir aile öyküsü alınmasının 15-20 dakika sürmesi ve bu sürenin aile ziyaretleriyle gerçekleştirilen epidemiyolojik çalışmalar için uzun bir süre olması
- Tele-konferans yoluyla yapılan epidemiyolojik çalışmalarda görüşme sırasında hatırlama oranının düşük olabilmesi veya katılımcıda alzheimer veya demans varlığı
- Aile öyküsü alınırken katılımcının tıbbi terimleri yeterince anlayamama riski yer almıştır (51).

Epidemiyolojik çalışmaların büyük olması ve makul güç için binlerce vaka ve kontrol içermesi gerekmektedir –ki o zaman bile birçok yanlış negatif sonuç ortaya çıkmaktadır. Yaygın hastalıkların çoğunda, genotiple hastalık arasındaki ilişki 1,2 veya daha düşük düzeyde rölaf riskte sahiptir. Katılımcıların yalnızca küçük bir yüzdesi çok düşük veya yüksek genetik risk kategorilerinde bulunmaktadır. Bu nedenle, yüksek rölaf risk çoğu zaman nüfusa atfedilebilir kayda değer bir risk anlamına gelmemektedir. Genom çapında ilişkilendirme yaklaşımı genom boyunca rastgele seçilmiş SNP'leri işaretleyici olarak kullandığından, şimdiye kadar tanımlanan lokusların çoğunun gerçek nedensel değişkenler olması pek olası değildir. Bu çalışmaların sınırlılıklarına bakıldığında genellikle önceden hipotezler kurulmadan yürütülmüştür ve çok sayıda potansiyel olarak yanlış pozitif ilişki, istatistiksel anlamlılık için p değerinin ayarlanmasıyla elde edilmiştir. Etkileşimleri değerlendirmek için benzer bir yaklaşım kullanıldığında genotiplerin sayısı incelenen

beslenme faktörlerinin sayısıyla çarpılacağından yanlış pozitiflik oranı çok daha büyük olacaktır. İstatistiksel analizlerde kullanılan Bonferroni düzeltmesi çoğu durumda beslenme faktörleri ve SNP'ler arasındaki korelasyonlar nedeniyle fazla dar görüşlüdür. Çoklu test sorununu çözmeye yönelik alternatif yaklaşımlar arasında permütasyona göre ayarlanmış p değerleri, yanlış bulgu oranları (False Discovery Rate, FDR) ve Bayes teoremine dayalı yöntem yer almaktadır (42).

Genetik test sonucu verilen kişiselleştirilmiş önerilerin bireyde beklenen sağlık yararını sağlayıp sağlamadığını test etmek için nutrigenetik bazlı rehberliği 'omik' biyobelirteçlerle birleştirmek gereklidir (52). Lisans eğitim müfredatındaki kısıtlılıklar genetik testlerin anlaşılması ve yorumlanması açısından sağlık profesyonellerinde bilgi eksikliği oluşturmaktadır (53). Beslenmenin giderek koruyucu hekimlik ile entegre hale gelmesi nedeniyle, genetik uzmanları, diyetisyenler ve sağlık profesyonellerinin nutrigenetik/ nutrigenomik alanında uygun eğitim almaları doğru tıbbi danışmanlık sunmaları için çok önemlidir (52). Türkiye'deki lisans beslenme ve diyetetik programlarında genetik dersi ve uygulamalarda genetik uygulamaları zorunlu değildir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Kardiyovasküler hastalıklar, hipertansiyon, otoimmün hastalıklar, diyabet ve kanser gibi çoğu kronik hastalık multigenetik ve multifaktöriyeldir. Genom çapında ilişkilendirilme çalışmaları sonucunda bunlardan bazıları bazı genlerle ilişkilendirilebilmiştir. Kardiyovasküler hastalıklarla apolipoprotein A5, non-alkolik yağlı karaciğerle ApoE protein ailesi, nörodejeneratif hastalıklarla Apolipoprotein E4, obeziteyle FTO geninin A aleli arasında ilişki bulunmuştur. Apolipoprotein E4 aleline sahip kişilerde aynı zamanda kolin ve folat eksikliği olması durumunda non-alkolik yağlı karaciğer görülme riskinde artış bulunmaktadır. Yakın zamanda yapılmış olan bir çalışmada genotipe dayalı kişiselleştirilmiş beslenme tavsiyelerinin risk genotipi hakkında bilgilendirilen katılımcıların yaşam tarzı ve besin seçimlerinde olumlu değişiklikler ortaya çıkarabileceğini göstermiştir (27). Beslenme ve beslenme örüntülerinin gen ekspresyonunu nasıl etkilediğini inceleyecek gelecekteki nutrigenomik çalışmalar, klinisyenlere obez hastaları genotipe göre alt gruplara ayırmada ve akut/uzun süreli ağırlık kaybının farklı aşamalarını tanımlamada rehberlik edebilir.

Her ne kadar nutrigenomik ve gen profili oluşturma testleri klinik uygulama açısından doğrulanmamış olsa da, gelecekte bu testler farklı obezite tedavi stratejilerinin geliştirilmesine yardımcı olabilir.

Beslenme genomu, gelecekte diyetisyenlerin genel halk sağlığı mesajlarından çıkıp kişiselleştirilmiş sağlık önerileri verebilmesini sağlayarak bu eksikliğin giderilmesine yardımcı olabilir. Beslenme genomundan elde edilen bilgilerle kişiselleştirilmiş önerilerin bireylere sağlık açısından fayda sağladığını ve zarar vermediğini doğrulamak için kanıta dayalı bir yaklaşım gerektirmektedir. Hekimler ve beslenme uzmanları moleküler testler konusunda eğitilmiş değildir ve hastalık riskini tartışma konusunda sınırlı beceriye sahiptir. Bu becerinin kazandırılması için uygulama eğitimleri ve ders müfredatlarına beslenme genomunun eklenmesi gereklidir.

Yazarlık katkısı ▪ Author contributions:

Çalışmanın tasarımı: FE, TKM; İlgili literatürün taranması: TK; Makale taslağının oluşturulması: TK; İçerik için eleştirel gözden geçirme: FE, TKM; Yayınlanacak versiyonun son onayı: FE, TKM. ▪ Study design: FE, TKM; Literature review: TKM; Draft preparation: TKM; Critical review for content: FE, TKM; Final approval of the version to be published: FE, TKM.

Çıkar çatışması ▪ Conflict of interest: Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan ederler. ▪ The authors declare that they have no conflict of interest.

Maddi destek ▪ Financial support: Yazarlar maddi destek almadıklarını beyan ederler. ▪ The authors declare that they received no financial support.

KAYNAKLAR

1. International Human Genome Sequencing Consortium. Finishing the euchromatic sequence of the human genome. *Nature*. 2004;431(7011):931-945.
2. Broad Institute. Elephant Genome Project. Available from: <https://www.broadinstitute.org/elephant/elephant-genome-project> Accessed June 12, 2024.
3. US National Library of Medicine. Cells and DNA. Available from: <https://medlineplus.gov/genetics/understanding/basic/> Accessed June 12, 2024.
4. Kawwell GP. Epigenetics: what it is and how it can affect dietetics practice. *J Am Diet Assoc*. 2008;108(6):1056-1059.

5. Genetics home reference. Direct-to-Consumer Genetic Testing. Bethesda: Lister Hill National Center for Biomedical Communications, U.S. National Library of Medicine, National Institutes of Health, Department of Health and Human Services, 2019. Available from: <https://www.genome.gov/dna-day/15-ways/direct-to-consumer-genomic-testing>. Accessed June 12, 2024.
6. Nasir A, Bullo MMH, Ahmed Z, Imtiaz A, Yaqoob E, Jadoon M et al. Nutrigenomics: Epigenetics and cancer prevention: A comprehensive review. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2020;60(8):1375-1387.
7. Ferguson LR, De Caterina R, Görman U, Allayee H, Kohlmeier M, Prasad C et al. Guide and Position of the International Society of Nutrigenetics/Nutrigenomics on Personalised Nutrition: Part 1 - Fields of Precision Nutrition. *J Nutrigenet Nutrigenomics*. 2016;9(1):12-27.
8. Sousa C, Almeida MF, Sousa Barbosa C, Martins E, Janerio P, de Almeida IT, et al. The European Phenylketonuria Guidelines and the challenges on management practices in Portugal. *J Pediatr Endocrinol Metab*. 2019;32(6):623-629.
9. Chiesa A, Spécola N, Poubel M, Vela-Amieva M, Jurecki E, Vilela DR et al. Adherence to PKU guidelines among patients with phenylketonuria: A cross-sectional national multicenter survey-based study in Argentina, Brazil, and Mexico. *Mol Genet Metab Rep*. 2023;38:101026.
10. Zulyniak MA, de Souza RJ, Mente A, Kandasamy S, Nundy M, Desai D et al. A randomized controlled trial of the effects of a prudent diet on cardiovascular risk factors, gene expression, and DNA methylation - the Diet and Genetic Intervention (DIGEST) Pilot study. *BMC Nutr* 2016;2: 34.
11. Borrego-Yaniz G, Terrón-Camero LC, Kerick M, Andrés-León E, Martin J. A holistic approach to understanding immune-mediated inflammatory diseases: bioinformatic tools to integrate omics data. *Comput Struct Biotechnol J*. 2023;23:96-105.
12. Gkouskou KK, Grammatikopoulou MG, Lazou E, Sanoudou D, Goulis DG, Eliopoulos AG. Genetically-Guided Medical Nutrition Therapy in Type 2 Diabetes Mellitus and Pre-diabetes: A Series of n-of-1 Superiority Trials. *Front Nutr*. 2022;9:772243.
13. Uğuz N, Erden G, Güngör O, Bal C, Yıldırımkaaya M. MTHFR geninde c677t ve/veya a1298c polimorfizmi tespit edilen bireylerde bu polimorfizm sıklıklarının incelenmesi. *Journal of Clinical and Experimental Investigations*, 2012;3(4): 472-476.
14. Yang Q, Bailey L, Clarke R, Flandes WD, Liu T, Yesupriya A et al. Prospective study of methylenetetrahydrofolate reductase (MTHFR) variant C677T and risk of all-cause and cardiovascular disease mortality among 6000 US adults. *Am J Clin Nutr*. 2012;95(5):1245-1253.
15. Ying J, Zhang J, Li P, Liu L, Li Y, Lau WWY et al. Enhanced recovery in patients with gestational diabetes mellitus and MTHFR 677 TT genotype after taking high-dose folic acid supplements during mid-late pregnancy: an open-label interventional study. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2023;14:1007192.
16. Diaz-Garcia H, Vilchis-Gil J, Castro-Cerritos KV, Rivera-Susunaga LE, Klünder-Klünder M, Granados-Rivron JT et al. Association between maternal diet, smoking, and the placenta MTHFR 677C/T genotype and global placental DNA methylation. *Placenta*. 2024;146:17-24.
17. Clarke, R., Bennett, D. A., Parish, S., Verhoef, P., Dötsch-Klerk, M., MTHFR Studies Collaborative Group. Homocysteine and coronary heart disease: meta-analysis of MTHFR case-control studies, avoiding publication bias. *PLoS medicine*, 2012;9(2): e1001177.
18. Zeisel SH. The Nutrigenetics of Choline. *Principles of Nutrigenetics and Nutrigenomics*. (ed: de Caterina, R, Martinez JA, Kohlmeier M.) Academic Press. 2020 Available from: https://zarrinparlab.org/wp-content/uploads/2020/03/Chapter-in-Principles-of-Nutrigenetics-and-Nutrigenomics-CATERINA_9780128045879.pdf Accessed June 12, 2024.
19. Wu CH, Chang TY, Chen YC, Huang RS. PEMT rs7946 Polymorphism and Sex Modify the Effect of Adequate Dietary Choline Intake on the Risk of Hepatic Steatosis in Older Patients with Metabolic Disorders. *Nutrients*. 2023;15(14):3211.
20. Micheletti C, Madeo G, Macchia A, Donato K, Cristoni S, Ceccarini MR et al. Nutrigenomics: SNPs correlated to vitamins' deficiencies. *Clin Ter*. 2023;174(Suppl 2(6)):173-182.
21. Bennet AM, Di Angelantonio E, Ye Z, Wensley F, Dahlin A, Ahlbom A et al. Association of apolipoprotein E genotypes with lipid levels and coronary risk. *JAMA*. 2007;298(11):1300-1311.
22. Packard CJ, Boren J, Taskinen MR. Causes and Consequences of Hypertriglyceridemia. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2020;11:252.

23. Tryndyak VP, Han T, Fuscoe JC, Ross SA, Beland FA, Pogribny IP. Status of hepatic DNA methylome predetermines and modulates the severity of non-alcoholic fatty liver injury in mice. *BMC Genomics* 2016;17:298.
24. Ramos-Lopez O, Milagro FI, Allayee H, Chmurzynska A, Choi MS, Curi R et al. Guide for Current Nutrigenetic, Nutrigenomic, and Nutriepigenetic Approaches for Precision Nutrition Involving the Prevention and Management of Chronic Diseases Associated with Obesity. *J Nutrigenet Nutrigenomics*. 2017;10(1-2):43-62.
25. Lai CQ, Corella D, Demissie S, Cupples LA, Adiconis X, Zhu Y et al. Dietary intake of n-6 fatty acids modulates effect of apolipoprotein A5 gene on plasma fasting triglycerides, remnant lipoprotein concentrations, and lipoprotein particle size: the Framingham Heart Study. *Circulation*. 2006;113(17):2062-2070.
26. Zhang X, Qi Q, Bray GA, Hu FB, Sacks FM, Qi L. APOA5 genotype modulates 2-y changes in lipid profile in response to weight-loss diet intervention: the Pounds Lost Trial. *Am J Clin Nutr* 2012;96:917–922.
27. King A, Saifi S, Smith J, Pilic L, Graham CAM, da Silva Anastacio V et al. Does personalised nutrition advice based on apolipoprotein E and methylenetetrahydrofolate reductase genotype affect dietary behaviour?. *Nutr Health*. 2022;28(3):467-476.
28. Jiang J, Hong Y, Li W, Wang A, Jiang S, Jiang T et al. Chain Mediation Analysis of the Effects of Nutrition and Cognition on the Association of Apolipoprotein E ϵ 4 with Neuropsychiatric Symptoms in Alzheimer's Disease. *J Alzheimers Dis*. 2023;96(2):669-681.
29. Duan H, Zhou D, Xu N, Yang T, Wu Q, Wang Z et al. Association of Unhealthy Lifestyle and Genetic Risk Factors With Mild Cognitive Impairment in Chinese Older Adults. *JAMA Netw Open*. 2023;6(7):e2324031.
30. Norgren J, Sindi S, Matton A, Kivipelto M, Kåreholt I. APOE-Genotype and Insulin Modulate Estimated Effect of Dietary Macronutrients on Cognitive Performance: Panel Analyses in Nondiabetic Older Adults at Risk of Dementia. *J Nutr*. 2023;153(12):3506-3520.
31. Lan N, Lu Y, Zhang Y, Pu S, Xi H, Nie X et al. FTO - A Common Genetic Basis for Obesity and Cancer. *Front Genet*. 2020;11:559138.
32. Naja F, Itani L, Hammoudeh S, Manzoor S, Abbas N, Radwan H et al. Dietary Patterns and Their Associations With the FTO and FGF21 Gene Variants Among Emirati Adults. *Front Nutr*. 2021;8:668901.
33. Sonestedt E, Roos C, Gullberg B, Ericson U, Wirfält E, Orho-Melander M. Fat and carbohydrate intake modify the association between genetic variation in the FTO genotype and obesity. *Am J Clin Nutr* 2009;90:1418–1425.
34. Lappalainen T, Lindström J, Paananen J, Eriksson JG, Karhunen L, Tuomilehto J et al. Association of the fat mass and obesity-associated (FTO) gene variant (rs9939609) with dietary intake in the Finnish Diabetes Prevention Study. *Br J Nutr* 2012;108:1859–1865.
35. Vimalleswaran KS, Bodhini D, Lakshmipriya N, Ramya K, Anjana RM, Sudha V et al. Interaction between FTO gene variants and lifestyle factors on metabolic traits in an Asian Indian population. *Nutr Metab (Lond)* 2016;13:39.
36. Ortega-Azorín C, Sorlí JV, Asensio EM, Coltell O, Martínez-González MÁ, Salas-Salvadó J et al. Associations of the FTO rs9939609 and the MC4R rs17782313 polymorphisms with type 2 diabetes are modulated by diet, being higher when adherence to the Mediterranean diet pattern is low. *Cardiovasc Diabetol* 2012;11:137.
37. Zhang X, Qi Q, Zhang C, Smith SR, Hu FB, Sacks FM et al. FTO genotype and 2-year change in body composition and fat distribution in response to weight-loss diets: the POUNDS LOST Trial. *Diabetes* 2012;61: 3005–3011.
38. Zheng Y, Huang T, Zhang X, Rood J, Bray GA, Sacks FM et al. Dietary fat modifies the effects of FTO genotype on changes in insulin sensitivity. *J Nutr* 2015;145:977–982.
39. Bouchard C. Genetics of Obesity: What We Have Learned Over Decades of Research. *Obesity (Silver Spring)*. 2021;29(5):802-820.
40. Gali Ramamoorthy T, Begum G, Harno E, White A. Developmental programming of hypothalamic neuronal circuits: impact on energy balance control. *Front Neurosci*. 2015;9:126.
41. Fenech M, El-Sohemy A, Cahill L, Ferguson LR, French TAC, Tai ES et al. Nutrigenetics and nutrigenomics: viewpoints on the current status and applications in nutrition research and practice. *J Nutrigenet Nutrigenomics*. 2011;4(2):69-89.

42. Willett, W. 'Genetics in Dietary Analyses', Nutritional Epidemiology, 3rd edn, Monographs in Epidemiology and Biostatistics (2012; online edn, Oxford Academic, 24 Jan. 2013).
43. Heijmans BT, Tobi EW, Stein AD, Putter H, Blauw GJ, Susser ES et al. Persistent epigenetic differences associated with prenatal exposure to famine in humans. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2008;105(44):17046-17049.
44. Zheng T, Ni Y, Li J, Chow BKC, Panagiotou G. Designing Dietary Recommendations Using System Level Interactomics Analysis and Network-Based Inference. *Front Physiol*. 2017;8:753.
45. Oh B. Direct-to-consumer genetic testing: advantages and pitfalls. *Genomics Inform*. 2019;17(3):e33.
46. Franzago M, Santurbano D, Vitacolonna E, Stuppia L. Genes and Diet in the Prevention of Chronic Diseases in Future Generations. *Int J Mol Sci*. 2020;21(7):2633.
47. National Research Council (US) and Institute of Medicine (US) Roundtable on Translating Genomic-Based Research for Health. Direct-To-Consumer Genetic Testing: Summary of a Workshop. Washington (DC): National Academies Press (US); 2010.
48. Centers for Disease Control and Prevention Office of Public Health Genomics, The Evaluation of Genomic Applications in Practice and Prevention (EGAPP) Working Group. Available from: https://www.cdc.gov/genomics/gtesting/file/print/EGAPP_factsheet.pdf Accessed June 12, 2024.
49. Pyeritz RE. The family history: the first genetic test, and still useful after all those years?. *Genet Med*. 2012;14(1):3-9.
50. Hickey KT, Katapodi MC, Coleman B, Reuter-Rice K, Starkweather AR. Improving Utilization of the Family History in the Electronic Health Record. *J Nurs Scholarsh*. 2017;49(1):80-86.
51. Berg AO, Baird MA, Botkin JR, Driscoll DA, Fishman PA, Guarino PD et al. National Institutes of Health State-of-the-Science Conference Statement: Family History and Improving Health. *Ann Intern Med*. 2009;151(12):872-877.
52. Agrawal P, Kaur J, Singh J, Rasane P, Sharma K, Bhadariya V et al. Genetics, Nutrition, and Health: A New Frontier in Disease Prevention. *J Am Nutr Assoc*. 2024;43(4):326-338.
53. Castle D, Ries NM. Ethical, legal and social issues in nutrigenomics: the challenges of regulating service delivery and building health professional capacity. *Mutat Res*. 2007;622(1-2):138-143.



SAĞLIK BİLİMLERİNDE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

CURRENT PERSPECTIVES ON
HEALTH SCIENCES

CPHS

CURRENT PERSPECTIVES
ON HEALTH SCIENCES
Volume 6(1)
2025
Tahsin Bülent Akdoğan
Editor-in-Chief

Research Article

Determination of the Hygiene Quality of Food Workers, Surface Areas and Ambient Air in Mass Catering Places

Toplu Beslenme Yerlerinde Gıda Çalışanları, Yüzey Alanları ve Ortam Havası Hijyen Kalitesinin Belirlenmesi

Ahmet Hulusi DİNÇOĞLU¹, Zühal ÇALIŞKAN², Gizemnur GÜRCAN³¹Prof. Dr., Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, Burdur, Turkey.²PhD candidate, Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Institute of Health Sciences, Department of Food Hygiene and Technology, Burdur, Turkey.³Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, Burdur, Turkey.

Received 30 October 2024

Accepted 6 December 2024

Published Online 30 April 2025

Article Code CPHS2025-6(1)-31-38

Keywords

ambient air hygiene
food hygiene
food safety
mass catering systems
personnel hygiene

Anahtar kelimeler

gıda güvenliği
gıda hijyeni
ortam havası hijyeni
personel hijyeni
toplu beslenme sistemleri

Corresponding Author

Zühal CALISKAN
zuhalcalsikan87@gmail.com

ORCID

A H DINCÖGLÜ
0000-0002-9669-5964Z CALISKAN
0000-0001-8590-0355G GURCAN
0009-0009-0595-4122

Abstract

Aim: The aim of this study is to microbiologically evaluate the hygienic conditions of a mass catering business in Burdur, focusing on personnel, food contact surfaces, and ambient air. **Materials and Methods:** In the research, various microbiological analyses were performed on samples taken from red, green, and yellow cutting boards, the hands of food preparation personnel, and the ambient air. **Results:** *Staphylococcus/Micrococcus* was detected at a 3.33×10^2 CFU/cm² level on the red cutting board. At the same time, total aerobic mesophilic bacteria (TAMB) and yeast-mold were found at levels of 4.07×10^3 CFU/cm² and 3.67×10^2 CFU/cm², respectively, on the yellow cutting board. Additionally, as a result of the study, the counts of total mesophilic aerobic bacteria, yeast-mold, coliforms, and *Staphylococcus/Micrococcus* on the hands of the kitchen staff were determined as 3.37×10^3 CFU/cm², 5.67×10^3 CFU/cm², 4.77×10^3 CFU/cm², and 1.3×10^3 CFU/cm², respectively. Furthermore, a high level of yeast-mold contamination was identified in the ambient air. These findings indicate significant deficiencies in the hygienic conditions of both the cutting boards and the personnel. **Conclusion:** In conclusion, the results from this research demonstrate that the presence of microorganisms that should not be found on utensils and other samples from the mass catering business suggests a failure to fully adhere to proper hygienic standards, reflecting poor personnel hygiene. Given that a lack of hygiene poses a potential risk to consumer health, improving hygienic practices and ensuring traceability in mass catering establishments is critical.

Öz

Amaç: Bu çalışmanın amacı, Burdur ilinde faaliyet gösteren bir toplu beslenme hizmeti sağlayan işletmenin hijyenik niteliklerini, personel, gıda temas yüzeyleri ve ortam havası açısından mikrobiyolojik olarak değerlendirmektir. **Gereç ve Yöntem:** Araştırmada, kırmızı, yeşil ve sarı kesme tahtalarından ve yemek hazırlama personelinin ellerinden alınan örnekler ile ortam havası üzerinde çeşitli mikrobiyolojik analizler gerçekleştirilmiştir. **Bulgular:** Kırmızı kesme tahtasında $3,33 \times 10^2$ KOB/cm² düzeyinde *Staphylococcus/Micrococcus*, sarı kesme tahtasında toplam aerob mezofil bakterisi (TAMB) $4,07 \times 10^3$ KOB/cm² ve maya-küf $3,67 \times 10^2$ KOB/cm² olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, çalışma sonucunda bu yemekhanede çalışan personelin el örneklerinde toplam mezofil aerob bakterisi, maya-küf, koliform ve *Staphylococcus/Micrococcus* sayıları sırasıyla $3,37 \times 10^3$ KOB/cm²; $5,67 \times 10^3$ KOB/cm²; $4,77 \times 10^3$ KOB/cm²; $1,3 \times 10^3$ KOB/cm² tespit edilirken; ortam havasında ise yüksek bir maya-küf kontaminasyonu belirlenmiştir. Bu bulgular, kesme tahtalarının ve personelin hijyenik durumlarında ciddi eksiklikler bulunduğunu göstermektedir. **Sonuç:** Sonuç olarak, araştırmadan elde edilen bulgular, çalışmanın yapıldığı yemekhanede kullanılan araç-gereç ve diğer örneklerde bulunmaması gereken mikroorganizmaların tespit edilmesiyle, yemekhanede genel hijyenik koşullara tam anlamıyla uyulmadığını ve personel hijyeninde eksiklikler olduğunu göstermektedir. Hijyen eksikliği, tüketici sağlığı için potansiyel bir risk oluşturduğundan, toplu beslenme hizmeti veren işletmelerde hijyenik uygulamaların iyileştirilmesi ve izlenebilirliğin sağlanması kritik öneme sahiptir.

To cite this article:

Dincoglu AH, Caliskan Z, Gurcan G. Determination of the Hygiene Quality of Food Workers, Surface Areas, and Ambient Air in Mass Catering Places. Curr Perspect Health Sci. 2025;6(1):31-38.

INTRODUCTION

One of the key principles of a sustainable society is encouraging individuals to adopt more sustainable dietary habits. In this context, mass catering services play a particularly crucial role. In addition to the food services provided in public institutions such as nurseries, schools, and universities, the meals offered in workplaces and healthcare facilities are also integral to this process (1). Urbanization, industrialization, and socio-economic shifts, the demand for mass catering services has been increasing rapidly. It is estimated that over half of the population in developed countries, and around one-tenth in countries like Türkiye, consume at least one meal per day from mass catering systems, further underscoring the importance of these services in public health (2).

Food is a fundamental element of human life, providing the essential nutrients for physical development. However, it also serves as an ideal medium for microorganisms. As a result, food safety has become a critical concern within mass catering systems. One of the primary responsibilities of food processing units and their personnel is to ensure a safe and hygienic production environment. Comprehensive official controls must be conducted at every stage of the food chain, and adherence to hygiene standards should be consistently monitored (3).

Inadequate storage conditions and environmental factors within food preparation areas can present significant hygiene risks. Any disruptions during the stages of mass catering service can lead to serious consequences, including foodborne illnesses, fatalities, economic losses, and customer dissatisfaction (4,5). The emergence of foodborne diseases poses a direct threat to public health, and the transmission of microorganisms is often linked to improper hygiene practices among personnel. Thus, the connection between staff hygiene and microbial load in food is critical (6). Employing personnel who are highly aware of hygiene standards in food production areas can substantially lower the risk of foodborne illnesses and poisoning (7). Failure to follow proper hygiene protocols by food handlers can accelerate the spread of foodborne pathogens. To mitigate these risks, it is essential that personnel strictly maintain personal hygiene, particularly through regular handwashing (8). Hand contact is a common route for pathogen transmission during food preparation, which makes hand hygiene a more critical preventive measure than the cleanliness of environmental surfaces. Hand hygiene plays a vital role in controlling pathogens (9).

In light of this, ensuring that personnel working in mass catering systems follow hygiene protocols, including basic measures such as hand hygiene, can significantly reduce the incidence of foodborne illnesses. Achieving food safety requires adherence to personal hygiene practices and maintaining hygiene at every stage of the production process.

This study aims to microbiologically assess the overall hygienic conditions of mass catering, focusing on personnel, food contact surfaces, and the ambient air within the food processing area.

MATERIALS AND METHODS

Samples were collected on three separate occasions, spaced 15 days apart, from various areas of a mass catering establishment in Burdur, including ambient air, three distinct surfaces in the food preparation areas (red, yellow, and green cutting boards), and three different personnel responsible for food preparation. The samples were then subjected to the microbiological analyses detailed below.

Determination of Hand and Surface Hygiene

In the study, samples were collected with swabs from the palms of the personnel responsible for food preparation and approximately a 10 x 10 cm² area of green, red, and yellow cutting boards used for fruits and vegetables, red meat, and white meat, respectively. The collected samples were analyzed for coliform, *Staphylococcus aureus*, total aerobic mesophilic bacteria (TAMB), and yeast-mold counts as described below:

- **TAMB:** The samples were inoculated into Plate Count Agar and incubated at 37±1°C for 48-72 hours (10).
- **Coliform:** The samples were inoculated into Violet Red Bile Agar and incubated at 37±1°C for 24-48 hours (11).
- **Yeast-Mold:** The samples were inoculated into Potato Dextrose Agar (PDA), and the plates were incubated at 22±1°C for 5 days, after which the formed colonies were counted (12).
- **Staphylococcus/Micrococcus:** The samples were inoculated into Baird Parker Agar enriched with Egg Yolk Tellurite and incubated at 36±1°C for 30 hours (13).

Determination of Ambient Air Hygiene

To determine the yeast and mold quality of the ambient air, petri dishes containing PDA were placed on the ground in the areas where green, yellow, and red cutting boards were located, as well as in the cooking area, with the lids opened for approximately two hours. At the end of this period, the petri dishes were incubated at $22\pm1^{\circ}\text{C}$ for 5 days (14).

Statistical Evaluation of Data

Samples collected from a mass catering in the Burdur region at three different time points with 15-day intervals, including ambient air from the kitchen, three different surfaces in food preparation areas, and the hands of three personnel responsible for food preparation were examined for microbial contamination and results were expressed as mean $\pm$ standard deviation.

RESULTS

The results of microorganism counts are presented in Table 1. *Staphylococcus/Micrococcus* was detected on the red cutting board (RCB) at a level of $2.52\pm1.73 \log_{10} \text{CFU/cm}^2$ ($3.33 \times 10^2 \text{CFU/cm}^2$), while no total aerobic mesophilic bacteria (TAMB), yeast-mold, or coliforms were found on this surface.

Table 1. Detected microorganism counts in kitchen samples ($\log_{10} \text{CFU/cm}^2$)

	TAMB	Yeast-mold	Coliform	<i>Staphylococcus/Micrococcus</i>
RCB	nd	nd	nd	2.52 ± 1.73
GCB	nd	nd	nd	nd
YCB	3.61 ± 2.36	2.56 ± 1.53	nd	nd
P	3.53 ± 0.97	3.75 ± 2.26	3.68 ± 2.40	3.12 ± 1.88
A	*	2.42 ± 0.40	*	*

A: Ambient; GCB: Green Cutting Board; P: Personnel; RCB: Red Cutting Board; YCB: Yellow Cutting Board

nd: Not detected

*: Not analyzed

The green cutting board (GCB) showed no detectable microorganisms. In contrast, the yellow cutting board (YCB) exhibited counts of $3.61\pm2.36 \log_{10} \text{CFU/cm}^2$ ($4.07 \times 10^3 \text{CFU/cm}^2$) for TAMB and $2.56\pm1.53 \log_{10} \text{CFU/cm}^2$ ($3.67 \times 10^2 \text{CFU/cm}^2$) for yeast-mold, with no detectable *Staphylococcus/Micrococcus* or coliforms.

Personnel hand samples demonstrated higher levels of contamination across all categories, with TAMB, yeast-mold, coliforms, and *Staphylococcus/Micrococcus* detected at levels of 3.53 ± 0.97 , 3.75 ± 2.26 , 3.68 ± 2.40 , and $3.12\pm1.88 \log_{10} \text{CFU/cm}^2$,

respectively. The number of microorganisms in the ambient air samples analyzed for yeast and mold was determined at the level of $2.42\pm0.40 \log_{10} \text{CFU/cm}^2$.

Table 2. Percentage distribution of microorganisms in the samples

	TAMB (%)	Yeast-mold (%)	Coliform (%)	<i>Staphylococcus/Micrococcus</i> (%)
Cutting Board	11.1	22.2	nd	11.1
Personne Hands	100	66.7	33.3	66.7
Ambient Air	*	100	*	*

nd: Not detected; *: Not analyzed

The percentage distribution of the detected microorganisms is presented in Table 2. In the samples taken from the surfaces of the cutting boards, TAMB was detected in 11.1%, yeast-mold in 22.2%, and *Staphylococcus/Micrococcus* in 11.1% of the samples, while no coliform bacteria were detected.

DISCUSSION

Cutting boards used in many restaurants are frequently subject to bacterial contamination, which poses significant risks for foodborne illnesses. Such contamination typically results from improper cleaning practices and cross-contamination during food preparation. The gravity of this issue is further underscored by research investigating microbial contamination on food preparation surfaces in various professional settings. In this context, Çetin and Doğan conducted a comprehensive microbiological assessment of cutting and chopping boards in the kitchens of 20 local restaurants in Istanbul (15). They found *S. aureus*, total mesophilic aerobic bacteria, and yeast-mold counts to be $0.74 \times 10^2 \text{CFU/cm}^2$, $1.53 \times 10^2 \text{CFU/cm}^2$, and $1.21 \times 10^2 \text{CFU/cm}^2$, respectively.

These findings indicate that the values obtained in our study are significantly lower. The absence of evidence in Çetin and Doğan's study regarding the source of contamination from specific food groups increases the significance of their results. In a study conducted in Istanbul by Tabak and Ergün, coliform bacteria were found in 58 (28%) of the 200 cutting boards sampled, and total aerobic mesophilic bacteria were detected in 51 (25.5%) of them (16). Considering that the coliform and total aerobic mesophilic bacteria values in this study were higher, it suggests that there may be deficiencies in the hygienic measures implemented.

Another study by Elverir and Gönülalan reported an average total aerobic mesophilic bacterium count of 2.4×10^3 CFU/cm² and a yeast-mold count of $<1.0 \times 10^2$ CFU/cm² from samples taken from vegetable chopping counters (17). When compared to our study, it is observed that the aerobic mesophilic bacteria and yeast-mold counts in this study were higher. Since yeast and mold counts are indicators of hygienic conditions during food production, the study conducted in Malatya suggests hygiene deficiencies. A study investigated the microbial contamination of cutting boards used in long-hour restaurants in the Klang Valley, Malaysia. The results indicated that the aerobic bacteria count on the cutting boards ranged from 3.95 to 7.07 log₁₀ CFU/cm², with coliform bacteria present at levels of <1.00 to 5.58 log₁₀ CFU/cm², *Escherichia coli* at <1.00 log₁₀ CFU/cm², and *Staphylococcus aureus* at <1.00 to 2.90 log₁₀ CFU/cm²; *Salmonella spp.* contamination was detected in 12% of the samples (n = 4/33). Furthermore, the cleanliness levels of the restaurants were assessed, revealing that only 3% (n = 1/33) met level A and 48.5% (n = 16/33) met levels B and C. These findings suggest that the bacterial contamination of cutting boards was not influenced by the cleanliness levels of the restaurants (18).

In a study on meat chopping boards by Ünal and Toğay, no *S. aureus* or fecal coliforms were isolated, and the total aerobic mesophilic bacteria load was found to be 0.46 log CFU/cm², coliform bacteria 0.22 log CFU/cm², and mold-yeast load 0.02 log CFU/cm² (19). The absence of *S. aureus* indicates a favorable hygiene status for the meat chopping boards, while the lack of coliform bacteria suggests that hygiene practices are effectively implemented. In another study conducted by Tiryaki, *S. aureus* isolation was not observed on the cutting boards (20). The lower *S. aureus* values on equipment samples in this study compared to other studies suggest that the food safety management system was effectively applied. However, the lack of evidence regarding the source of contamination on the cutting boards from specific food groups requires a broader perspective when evaluating the research findings.

Aksu et al. conducted a study where 132 (47%) out of 279 surface samples collected from different sections of 10 supermarkets tested positive for total aerobic mesophilic bacteria, and 40 (14.3%) of them for coliforms (21). When compared to our study, the surface samples in their study had higher proportions of TMAB and coliforms, indicating that food hygiene and good manufacturing practices in supermarkets

may not be sufficiently followed. In their study in six campus cafeterias, Pamuk et al. detected coliform bacteria in 11 (55%) of the 27 cutting board surface samples, *S. aureus* in 4 (14.8%), and aerobic mesophilic bacteria in 22 (55%) of them (22). However, this study also did not provide information regarding which food group was the source of contamination on the surfaces, suggesting the need for further research on kitchen hygiene.

Fidan and Ağaoğlu evaluated the hygiene conditions of restaurants in the city center of Ağrı and found total aerobic mesophilic bacteria, coliform, coagulase-positive staphylococci, and yeast-mold counts in cutting board samples to be 6.1×10^4 CFU/cm², 4.1×10^3 MPN/25cm², 9.1×10^1 CFU/cm², and 6.0×10^2 CFU/cm², respectively (23). While the total aerobic mesophilic bacteria, coliform, and yeast-mold counts in their study were higher than those in this research, the coagulase-positive staphylococci count was lower. However, once again, no evidence was provided regarding the food material group from which the microorganisms originated on the cutting boards. In a study conducted in Italy by Legnani et al., *S. aureus* and *E. coli* were detected in 0.7% and 16.7% of the 140 surface samples taken from 27 mass catering establishments, respectively.

Legnani et al. indicated that the most critical surfaces for *E. coli* were tables and chopping boards (24). The absence of this microorganism in equipment samples suggests that hygienic practices were effective, yet the lack of information on the food material group from which the microorganisms originated on the chopping boards represents one of the study's limitations. The total counts of mesophilic aerobic bacteria, yeasts-mold, and *Staphylococcus/Micrococcus* on cutting boards were found to be significantly higher when compared to studies conducted by Çetin and Doğan (15) and Elverir and Gönülalan (17). These results suggest that the cutting boards are inadequately cleaned and pose a serious risk of contamination during food processing. On the other hand, although high levels of coliform bacteria were reported in Tabak and Ergün's (16) study, no coliform bacteria were detected on the cutting boards in this study. This could indicate that hygiene standards are better implemented in certain regions.

In a study conducted by Mohammed et al. assessing food-contact surfaces in university restaurants for the presence of *E. coli* and *S. aureus*, it was reported that 26% of the 50 samples analyzed were positive for *E. coli*, with 23% of these positive results coming from

cutting boards (25). Similarly, Tenna et al. found that the microbiological quality of utensils in hotels and restaurants in Addis Ababa was insufficient, particularly on trays and ladles, where high levels of coliforms, *E. coli*, and *Staphylococcus aureus* contamination were detected. The total coliform counts on trays reached $5.93 \log_{10}$ CFU/100 cm² in hotels and $5.00 \log_{10}$ CFU/100 cm² in restaurants. Additionally, fecal coliforms were found on 14.37% of utensils, and *E. coli* on 3.12% (26). These findings highlight the urgent need for significant improvements in hygiene practices and cleaning services for food-contact surfaces in these establishments.

Fahim et al. examined the hygiene status of food contact surfaces and food handlers' hands using samples collected from four restaurants in Cairo. High levels of aerobic mesophilic bacteria ($7.32 \log_{10}$ CFU/cm²) and coliform bacteria (6.89 MPN/cm^2) were detected on food contact surfaces. Positive results for *S. aureus* were found on food handlers' hands ($6.15 \log_{10}$ CFU/cm²) (27). These findings indicate that food contact surfaces and food handlers' hands play a critical role in the microbial contamination of ready-to-eat foods. In a study, surface swabs were collected from food handlers' hands and food contact surfaces in restaurants in northern Thailand to evaluate the prevalence of *S. aureus*. Out of 650 samples, 200 *S. aureus* isolates were obtained, with the highest contamination found on food handlers' hands (78%), followed by cutting boards (26%) and plates (23%). The study highlighted that *S. aureus* strains capable of forming biofilms and producing enterotoxins were present, indicating a significant risk of food contamination from these sources. Proper handwashing for food handlers and thorough cleaning of all food preparation equipment are essential to prevent cross-contamination (28).

Personnel hand hygiene is a crucial aspect of food safety that directly impacts the risk of foodborne illnesses. In many food service establishments, improper handwashing practices can lead to the transfer of pathogens from hands to food, utensils, and surfaces. Studies have shown that food handlers often neglect proper hand hygiene, especially after handling raw foods or using the restroom. This negligence highlights the lack of compliance with hand washing protocols and shows that more attention should be paid to hand hygiene. It is important to regularly train and monitor staff in this regard. By implementing effective hand hygiene practices, food service operations can significantly reduce the likelihood of

cross-contamination and enhance the overall safety of the food served to consumers.

In this study, the total mesophilic aerobic bacteria count on personnel hand samples was found to be 3.37×10^3 CFU/cm² on average, with yeast-mold counts averaging 5.67×10^3 CFU/cm², coliform counts averaging 4.77×10^3 CFU/cm², and *Staphylococcus/Micrococcus* counts averaging 1.33×10^3 CFU/cm². In terms of percentage, total mesophilic aerobic bacteria were found in 100% of hand samples, yeast-mold in 66.7%, coliforms in 33.7%, and *Staphylococcus/Micrococcus* in 66.7% of the samples. Another study conducted in a mass catering facility in Malatya by Elverir and Gönülalan reported an average of 2.5×10^6 CFU/ml of aerobic mesophilic bacteria and 1×10^2 CFU/ml of yeasts-molds on personnel hand samples (17). The high yeast-mold counts obtained from personnel hand samples in this study suggest inadequate hygiene conditions during food production. In a study conducted by Tabak and Ergün, coliform bacteria were detected in 17.7% and *S. aureus* in 22.5% of hand samples from 800 personnel (16). The contamination in this study was attributed to a lack of adequate hygiene knowledge among staff and insufficient cleaning plans. Fidan and Ağaoğlu emphasized that chefs' hands were the most significant source of contamination, with aerobic mesophilic bacteria, coagulase-positive staphylococci, and coliforms detected at levels of 1.5×10^5 CFU/ml, 1.9×10^2 CFU/ml, and 3.0×10^4 CFU/ml, respectively (23). These data show that the microbial load on personnel hand samples was higher than in other studies. In a study conducted by Ünal and Toğay in the kitchens of three private hospitals, the average bacteria load on personnel hand samples was determined as follows: *S. aureus*, $0.34 \log$ CFU/cm²; total aerobic mesophilic bacteria, $0.34 \log$ CFU/cm²; yeasts-mold, $4.35 \log$ CFU/cm²; and coliform bacteria, $1 \log$ CFU/cm² (19). A study by Çatar and Yıldırım in the canteens of Erciyes University found *S. aureus* in 82.6% and total coliforms in 73.91% of hand samples from personnel who had contact with food, indicating inadequate hand hygiene among personnel (29). In contrast, a study conducted by Aksu et al. found that only 0.8% of the hand samples collected from 251 personnel tested positive for *S. aureus*, a relatively lower rate compared to other studies (21). Tiryaki found that 2.1% of hand samples from 190 personnel working in food preparation areas were contaminated with *S. aureus* (20). This finding suggests that an effective food safety management system may have been implemented.

In a study by Pamuk et al. which evaluated the hygiene of personnel hand samples in six campus canteens, coliforms were isolated in 51.1% and *S. aureus* in 57.7% of the hand samples from 45 personnel (22).

The quality of air in the food service ambient plays a vital role in maintaining food safety and preventing foodborne illnesses. Contaminated air can introduce pathogens and allergens into food preparation areas, thereby increasing the risk of cross-contamination. Studies have indicated that airborne microorganisms, such as bacteria and molds, can thrive in poorly ventilated kitchens, highlighting the importance of proper air circulation and filtration systems. Ensuring clean and well-maintained ambient air not only protects food from microbial contamination but also contributes to the overall health and safety of food service staff and consumers. Regular monitoring of air quality and adherence to ventilation standards are essential steps in safeguarding food safety in any food service establishment. In Fidan and Ağaoğlu's study, ambient air samples collected to assess the hygiene status of restaurants reported an average yeast-mold count of 2.6×10 CFU/plate (23).

This value indicates the presence of microbiological contamination in the restaurant ambient, potentially reflecting insufficient hygiene practices. The presence of yeast and mold in the ambient, which is an indication of poor hygiene conditions in the kitchen, can threaten food safety. On the other hand, Elverir and Gönülalan reported an average yeast-mold count of 4.25 CFU/m³ in kitchen air samples from a mass catering facility in Malatya (17). This result points to a higher level of yeast-mold contamination than that found by Fidan and Ağaoğlu (23). The higher levels found in Elverir and Gönülalan's study likely result from inadequate hygiene practices (17). Elevated levels of yeast and mold increase the risk of contamination for both workers and food products, underscoring the need for improved hygiene measures. Implementing good hygiene practices is critical not only for ensuring food safety but also for preventing foodborne illnesses. The yeast-mold levels detected in the air in this study are consistent with the values reported by Elverir and Gönülalan, suggesting that air contamination levels may vary based on regional hygiene practices and climate conditions (17). However, the higher yeast-mold values reported in Fidan and Ağaoğlu's study suggest that the air quality in the ambient of this study was relatively better (23).

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

In conclusion, the data from this study indicate serious deficiencies in the hygiene of cutting boards and personnel hands, which pose a risk to food safety. Strict implementation and monitoring of hygiene protocols are essential for preventing contamination.

It is crucial for personnel working in mass catering to receive hygiene training to reduce the risk of microbial contamination. Training programs should include hand hygiene, surface cleaning, and food safety practices.

Additionally, effective cleaning and disinfection plans should be developed and implemented to reduce microbial loads. The efficacy of cleaning products should also be regularly reviewed. Regular microbiological analyses of air and surface samples are necessary to monitor hygiene conditions. These analyses will help evaluate the adequacy of hygiene practices and guide necessary improvements.

Frequent hygiene inspections in food businesses will improve personnel compliance with hygiene regulations. These inspections could serve as an incentive mechanism to ensure adherence to hygiene standards. Effectively implementing food safety management systems can improve hygiene conditions in mass catering settings. Such systems should include risk analysis and the identification of critical control points. Identifying contamination sources and eliminating contamination sources will reduce the microbial load. In this context, it is important to regularly monitor food-contact surfaces and equipment.

Yazarlık katkısı ▪ Author contributions:

Çalışmanın tasarımı: AHD; Çalışma verilerinin elde edilmesi: AHD, ZÇ, GG; Verilerin analiz edilmesi: AHD, ZÇ, GG; Makale taslağının oluşturulması: AHD, ZÇ, GG; İçerik için eleştirel gözden geçirme: AHD; Yayınlanacak versiyonun son onayı: AHD, ZÇ, GG ▪ Study design: AHD; Data collection: AHD, ZÇ, GG; Data analysis: AHD, ZÇ, GG; Draft preparation: AHD, ZÇ, GG; Critical review for content: AHD; Final approval of the version to be published: AHD, ZÇ, GG

Çıkar çatışması ▪ Conflict of interest: Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan ederler. The authors declare that they have no conflict of interest.

Maddi destek ▪ Financial support: Bu çalışma TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir (proje no: 2209-A: 1919B012309928). ▪ This study was supported by TÜBİTAK (Project No: 2209-A: 1919B012309928).

REFERENCES

1. Pfefferle H, Hagspihl S, Clausen K. Gemeinschaftsverpflegung in Deutschland - Stellenwert und Strukturen. Ernährungs Umschau. 2021;8:470-83.
2. Özkan R. Toplu beslenme sistemlerinde kullanılan gıda kalite güvence sistemleri. Türkiye Sağlık Araştırmaları Dergisi. 2021;2(3):45-56.
3. Piira N, Kosola M, Hellsten C, Fagerlund A, Lundén J. Comparison of official food control results in Finland between food establishments with and without a certified food safety management system. Food Control. 2021;129:108230.
4. Fung F, Wang HS, Menon S. Food safety in the 21st century. Biomed J. 2018;41(2):88-95.
5. Sezgin AC, Özkaya FD. Toplu beslenme sistemlerine genel bir bakış. Akademik Gıda. 2014;12(1):124-8.
6. Walker, E, Pritchard, C, Forsythe, S. Food handlers' hygiene knowledge in small food businesses. Food control, 2003;14(5): 339-343.
7. Yardımcı H, Hakli G, Çakıroğlu FP, Özçelik AÖ. Hygiene knowledge of food staff in catering industry: A sample from Turkey. SAGE Open. 2015;5(2):2158244015580376.
8. Erjavec MS, editor. The universe of Escherichia coli. BoD-Books on Demand; 2019.
9. Kunadu APH, Ofosu DB, Aboagye E, Tano-Debrah K. Food safety knowledge, attitudes and self-reported practices of food handlers in institutional foodservice in Accra, Ghana. Food Control. 2016;69:324-30.
10. ISO 4833-2:2013. Microbiology of the food chain - Horizontal method for the enumeration of microorganisms - Part 2: Colony count at 30 °C by the surface plating technique.
11. ISO 4832:2006. Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the enumeration of coliforms - Colony-count technique.
12. ISO 21527-2:2008. Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds - Part 2: Colony count technique in products with water activity less than or equal to 0,95.
13. ISO 6888-1:2021/Amd 1:2023. Microbiology of the food chain - Horizontal method for the enumeration of coagulase-positive staphylococci (Staphylococcus aureus and other species) - Part 1: Method using Baird-Parker agar medium.
14. ISO 14698-1:2003. Cleanrooms and associated controlled environments -Biocontamination control - Part 1: General principles and methods.
15. Çetin AS, Doğan M. Esnaf lokantalarında kullanılan kesme/doğrama tahtalarının gıda güvenliği açısından değerlendirilmesi: İstanbul örneği. IGUSABDER. 2022;(18):988-1005.
16. Tabak MH, Ergun Ö. Investigation of restaurants in Beyoğlu Istanbul, in terms of hygiene criteria and food safety. Etlik Vet Mikrobiyol Derg. 2022;33(1):40-9.
17. Elverir B, Gönülalan Z. Toplu yemek üretimi yapılan bir tesisin HACCP planının mikrobiyolojik indikatörler yönünden değerlendirilmesi. Sağlık Bilim Derg. 2010;19(1):42-50.
18. Shafizi AW, Sahilah AM, Chai LC, Razalee S, Aishah E. Microbial assessment on cutting boards and cleanliness levels of restaurants with long operating hours around Klang Valley, Malaysia. Int Food Res J. 2024;31(3).
19. Ünal MM, Toğay SÖ. İstanbul'daki hastane mutfaklarından alınan yüzey örneklerinde hijyenik durumun ve çalışan personelde hijyen farkındalığının belirlenmesi. Turk Hij Den Biyol Derg. 2017;74(4):307-20.
20. Tiryaki C. Toplu tüketim işletmelerinde tüketime hazır gıdalar ve ilgili personelde S. aureus prevalansı ile bazı virulens özelliklerin incelenmesi [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü; 2018.
21. Aksu FY, Altunatmaz SS, Uran H, Altiner DD. Hipermarketlerde gıda temas yüzeylerinin mikrobiyolojik özellikleri ve satış personelinin el hijyeni düzeyi. Erciyes Univ Vet Fak Derg. 2017;14(1):17-23.
22. Pamuk Ş, Erdoğan M, Yıldırım Y, Hızlısoy H, Al S, Sepin Ö. Üniversite kampüs kantinlerindeki gıdaların mikrobiyolojik kalitesinin ve gıda çalışanlarının el hijyen durumlarının değerlendirilmesi. Kocatepe Vet J. 2018;11(4):363-73.

23. Fidan F, Ağaoğlu S. Ağrı bölgesinde bulunan lokantaların hijyenik durumu üzerine araştırmalar. YYU Vet Fak Derg. 2004;15(1):107-14.
24. Legnani P, Leoni E, Berveglieri M, Mirolo G, Alvaro N. Hygienic control of mass catering establishments, microbiological monitoring of food and equipment. Food Control. 2004;15(3):205-11.
25. Mohammed SS, Ayansina ADV, Mohammed SR, Oyewole OA, Shaba AM. Evaluation of food contact surfaces in selected restaurants of Kaduna State University for the presence of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. Sci World J. 2018;13(3):45-9.
26. Tenna A, Amare K, Tekola H, Kidan YW, Melese D, Medhin G. Assessment of the microbial quality of food contact surfaces (utensils) of hotels and restaurants in Addis Ababa. 2023;6:1028.
27. Fahim KM, Ahmed LI, Abdel-Salam AB. Influence of the hygienic status of food contact surfaces and handler's hands on the microbial safety of ready-to-eat foods. Int J Vet Sci. 2022;11(2):249-256.
28. Tasanapak K, Kucharoenphaibul S, Wongwigkarn J, Sitthisak S, Thummeepak R, Chaibenjawong P, et al. Prevalence and virulence genes of *Staphylococcus aureus* from food contact surfaces in Thai restaurants. PeerJ. 2023;11.
29. Çatar O, Yıldırım Y. Erciyes Üniversitesi kampüsündeki kantin çalışanlarının el hijyen durumlarının değerlendirilmesi. Kocatepe Vet J. 2020;13(1):52-9



SAĞLIK BİLİMLERİNDE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

CURRENT PERSPECTIVES ON
HEALTH SCIENCES

CPHS



Research Article

Investigation Of The Effectiveness Of Urolithin-A On Fecal Scores In Calves With Non-Infectious Diarrhea

Ürolitin-A'nın Non-Enfeksiyöz İshalli Buzağılarda Dışkı Skorları Üzerine Etkinliğinin Araştırılması

Deniz ALIÇ URAL¹, Kerem URAL², Serdar PAŞA³, Mehmet GÜLTEKİN⁴, Hasan ERDOĞAN⁵, Songül ERDOĞAN⁶, Cansu BALIKÇI⁷, İdil KIZILKANAT⁸¹Prof. Dr., Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Sultanhisar Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Aydın, Türkiye.²Prof. Dr., Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, İç Hastalıkları Ana Bilim Dalı, Aydın, Türkiye.³Prof. Dr., Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, İç Hastalıkları Ana Bilim Dalı, Aydın, Türkiye.⁴Prof. Dr., Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, İç Hastalıkları Ana Bilim Dalı, Aydın, Türkiye.⁵Doç. Dr., Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, İç Hastalıkları Ana Bilim Dalı, Aydın, Türkiye.⁶Doç. Dr., Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, İç Hastalıkları Ana Bilim Dalı, Aydın, Türkiye.⁷Vet. Hek., Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, İç Hastalıkları Ana Bilim Dalı, Aydın, Türkiye.⁸Vet. Hek., Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, İç Hastalıkları Ana Bilim Dalı, Aydın, Türkiye.

Received 26 December 2024

Accepted 19 February 2024

Published Online 30 April 2025

Article Code CPHS2025-6(1)-39-46.

Keywords

Calf
Diarrhea
Non-infectious
Urolithin-a

Anahtar kelimeler

Buzağı
İshal
Non-enfeksiyöz
Urolithin-a

Corresponding Author

Deniz ALIÇ URAL
alicdeniz@gmail.com

ORCID

D ALIÇ URAL
0000-0002-2659-3495K URAL
0000-0003-1867-7143S PAŞA
0000-0003-4957-9263M GÜLTEKİN
0000-0002-5197-2403H ERDOĞAN
0000-0001-5141-5108S ERDOĞAN
0000-0001-5141-5108C BALIKÇI
0000-0002-6261-162Xİ KIZILKANAT
0009-0001-4185-3224

Abstract

Aim: The aim of this study was to determine multidisciplinary whether Urolithin-a (Ur-a), which has functional food properties, can be effective as a natural treatment agent in calves with non-infectious diarrhea. **Materials and Methods:** For this purpose, neonatal calves with diarrhea aged 1 to 28 days and 40 calves selected with non-infectious etiology were included in the study. An algorithm based on microbiological, parasitological and virological laboratory tests was used for differential diagnosis between infectious and non-infectious diarrhea. Stool scoring was done on a scale from 0 (normal consistency) to 3 (liquid form). Ur-a was administered orally at a dose of 50 mg/kg for 10 consecutive days without any side effects. **Results:** With regard to Ur-a administration, fecal scores (mean±standard deviation) decreased to 0 compared to the previous baseline values of 1.826 ± 0.242 ($p < 0.01$). **Conclusion:** The obtained data may indicate that these preliminary results may have the efficacy of Ur-a in supporting gastrointestinal health in calves with non-infectious diarrhea. The need for further studies will be the aim of our next study.

Öz

Amaç: Bu araştırmada amaç, fonksiyonel gıda özelliğine sahip olan Ürolithin-a' (Ür-a)'nın enfeksiyöz olmayan ishalli buzağılarda doğal tedavi katılımcısı olarak etki edip edemeyeceğini multidisipliner olarak tespit etmektir. **Gereç ve Yöntem:** Bu amaçla 1 ila 28 günlük ishalli neonatal buzağılar arasından seçilerek, non-enfeksiyöz etiyolojiye sahip olan 40 buzağı çalışmaya dahil edildi. Enfeksiyöz ve enfeksiyöz olmayan ishaller arasında ayırıcı tanı için mikrobiyolojik, parazitolojik ve virolojik laboratuvar testlerine dayalı bir algoritma kullanıldı. Dışkı puanlaması 0 (normal kıvam) ile 3 (sıvı form) arasında bir ölçekle yapıldı. Ür-a, herhangi bir yan etki olmaksızın 10 ardışık gün boyunca 50 mg/kg dozunda oral yoldan uygulandı. **Bulgular:** Ür-a uygulamasına ilişkin olarak dışkı skorları (ortalama±standart sapma) önceki başlangıç değerleri olan 1.826 ± 0.242 'ye ($p < 0,01$) kıyasla 0'a düştü. **Sonuç:** Elde edilen veriler, bu ön sonuçların non-infeksiyöz ishalli buzağılarda Ür-a'nın gastrointestinal sağlığı destekleyici etkinliğine sahip olabileceğini gösterebilir. İleriki çalışmaların gerçekleştirilmesi gerekliliği, bir sonraki çalışmamızın amacı olacaktır.

To cite this article:

Aliç Ural D, Ural K, Paşa S, Gültekin M, Erdoğan H, Erdoğan S, Balıkçı C, Kızılkanat İ. Investigation Of The Effectiveness Of Urolithin-A On Fecal Scores In Calves With Non-Infectious Diarrhea. Curr Perspect Health Sci. 2025;6(1):39-46.

GİRİŞ

Son on yılda yaşam süresi önemli ölçüde uzamışken, sağlıklı yaşam süresi, yani iyi sağlık durumunda geçen süre, aynı hızda artmamıştır (1). Bu nedenle, yaşlanma süreçlerini geciktirme veya tersine çevirme ve böylece yaşlanmaya bağlı hastalıkların başlangıcını geciktirerek sağlıklı yaşam süresini optimize etme potansiyeline sahip bileşikler test edilmektedir (2-5).

Nar (6), ceviz (7) ve ahududu (8) gibi bitkiler ellajitanninler açısından zengindir. Ellajitanninler bağırsakta ellajik aside hidrolize edilir ve daha sonra ürolitinlere metabolize edilir. Üretim miktarı metabolik fenotiplere bağlı olarak değişiklik gösterir ve kronolojik yaş ile azalır (9). Ayrıca, ellajitanninlerin ve ellajik asidin metabolizması bağırsak mikrobiyota kompozisyonundan etkilenir. Örneğin, *Bifidobacterium pseudocatenulatum* INIA P815 (10) ve *Enterococcus faecium* FUA027 (11) Ür-a üretirken, *Ellagibacter isourolithifaciens* DSM104140T (12, 13) ve *Gordonibacter urolithinifaciens* DSM 27213T izoürolitin A ve ürolitin C üretir (14). Yetişkinlerin yaklaşık %40'ı, bir bardak nar suyu tükettikten 24 saat sonra Ür-a üretme kapasitesine sahiptir. Buna karşılık, doğrudan 500 mg Ür-a takviyesi, bir bardak nar suyuna kıyasla plazmada altı kat daha yüksek Ür-a seviyelerine neden olmuştur (15). Ür-a takviyesinin, çeşitli hayvan modellerinde sağlıklı yaşam süresini geliştirdiği gösterilmiştir (16). Ür-a takviyesinin, yaşa bağlı disfonksiyonel mitokondri birikimini ve kas fonksiyonundaki düşüşü önleyerek *Caenorhabditis elegans* ve kemirgenlerde sağlıklı yaşam süresini iyileştirdiği gösterilmiştir (17). Ayrıca, *Caenorhabditis elegans*'ın yaşam süresini %45 (17) ve orta yaşlı farelerin yaşam süresini %18,5 (18) uzatmıştır. Bu çalışmada saha koşullarında non-enfeksiyöz ishalli buzağılarda oral yolla uygulanan yem katkı maddesi ve mitokondri yenileyici Ür-a'nın dışkı skorları üzerine etkinliğinin belirlenmesi amaçlandı.

MATERYAL VE METOT

Hayvan Materyali

Araştırmamızda Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Veteriner Fakültesi İç Hastalıkları Ana Bilim Dalına getirilen neonatal ishalli (akut ishal),

1-28 günlük yaşta ve point of care-hasta başı hızlı test kitleri vasıtasıyla enfeksiyöz hastalıkların (*E. coli*, Rotavirüs, Koronavirüs, *Cryptosporidium*, *Cl. perfringens*) tanısı dışlanmış; her iki cinsiyetten 40 buzağı oluşturdu. Bovid-5 (Bionote/Güney Kore) katı fazlı immunokromatografi yöntemi ile çalışan hızlı test kitleri aracılığıyla tanı konulan olgular enfekte olarak triyaj kapsamında ayıklanmış ve çalışma kapsamına alınmamıştır.

Çalışmamız Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu (HADYEK) tarafından 27/10/21 tarihinde 64583101/2021/146 referans numarasıyla onaylanmıştır.

Dışkı Skorlandırması

Buzağılarda dışkı skorlaması 0-3 arasında değerlendirilmiş olup 0=normal kıvam, 1=yarı-katı, pastöz form, 2= bütünlüğünü ve formunu kaybetmiş dışkı ve 3=sulu dışkı şeklinde ele alınmıştır. Dışkı skorlaması 2 veya 3 olanlar ishal yönünden pozitif kabul edilmiştir (19). Skorlamalarda Man Whitney U testinde yararlanılmış olup, $p < 0,01$ anlamlı değişim olarak değerlendirilmiştir.

Non-Enfeksiyöz İshal Tanısı Dışlama ve Dahil Edilme Kriterleri

Non-enfeksiyöz ishal tanısına yönelik algoritma (20) (Tablo 1) bu çalışmada adapte edilmiştir. Bu sayede enfeksiyöz ile non-enfeksiyöz ishal ayırıcı tanısına yaklaşımın sergilenmesi mümkün kılınmıştır. Hasta başı hızlı test kitlerinin yanı sıra tablo 2'de gösterildiği hali ile algoritma dahilinde fekal antijen, mikrobiyoloji, parazitoloji ve PCR tanısal destekleri dahilinde enfeksiyöz tüm buzağılar çalışma dışında tutulmuştur.

Tablo 1 'de sunulduğu üzere histolojik yoklama (fekal smear ile yeterli hücre dahilinde), fekal antijen (hızlı tanısal test kitleri), mikrobiyolojik (izolasyon ve identifikasyon ile bakteriyel çoğalma tanısı, polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) [parazitolojik yönden Doç. Dr. Adnan AYAN desteği ile]) ve klinik parazitolojik muayeneler geçerli kılınmıştır.

Uygulanan Nutrasötik Müstahzar ve Özellikleri

Çalışmamızda kullanılan nutrasötik müstahzara ilişkin prospektüs verisi aşağıda Tablo 2'de sunuldu.

Tablo 1. Buzağı ishalinin yaygın nedenleri için başlangıç yaşı ve tanısal testlerin faydası ile dışlama kriterleri (20).

Hastalık	Yaş				Tanısal test				
	0	2 hafta	4 hafta	6 hafta	Histoloji	Fekal antijen	Mikrobiyoloji	Parazitoloji	PCR
<i>E.coli</i> -K99	→								
<i>E.coli</i> -diğer	→	→	→						
Rotavirüs	→	→	→						
Kriptosporidium	→	→	→						
<i>Salmonella spp.</i>	→	→	→	→					
Koronavirüs	→	→	→	→					
Koksidia		→	→	→					
Nematodlar				→					
Adenovirüs				→					
<i>Y.pseudotuberkulozis</i>				→					
BVD	→	→	→	→					
Asidozis	→	→	→	→					
Nutrisyonel	→	→	→	→					

■ Test yararlı değil veya rutin olarak mevcut değil
■ Test diğer testlerle birlikte tanıya katkıda bulunabilir
■ Test kesin tanıyı sağlayabilir.

Tablo 2. Buzağı ishalinin yaygın nedenleri için başlangıç yaşı ve tanısal testlerin faydası ile dışlama

Nutrasötik Müstahzar	İçerik -Her 1 ml için	Non-enfeksiyöz diyareik buzağılarda -Buzağı başına uygulama yolu ve dozu (çalışma takvimimize göre)
UROLITHIN A MITOCHONDRIA SUPPORT Pomegranate extract & Resveratrol 3000 mg [Marka ismi: [DQOI]]	Ürolithin-a 3000 mg Nar ekstraktı 500 mg Resveratrol 300 mg Vitamin C 20 mg Collagen peptidler 180 mg	Ürolitin-A* 50 mg/kg oral yolla 10 gün

BULGULAR

Non-enfeksiyöz ishalli buzağların Ür-a uygulaması öncesi (0. gün) ve sonrası (10. gün) fekal skorlama çizelgesi, ortalama±standart hata şeklinde aşağıda Tablo 3’de sunuldu.

Olgu ve Fekal Skorlama Görselleri

Çalışma kapsamına alınan buzağlardan bazılarında mevcut görsellerin dijital kalitesi ve çözünürlüklerine göre seçilenler aşağıda şekil 1-3 arası sunuldu.

Tablo 3. Non-enfeksiyöz ishalli buzağlarda Ür-a uygulaması öncesi ve sonrası ortalama±standart sapma yönünden mukayeseli değerlendirme.

	<i>Non-enfeksiyöz ishalli buzağlarda</i>	
	<i>Ür-a öncesi</i>	<i>Ür-a sonrası</i>
Fekal skorlama	1,826±0,242 ^a	0 ^b

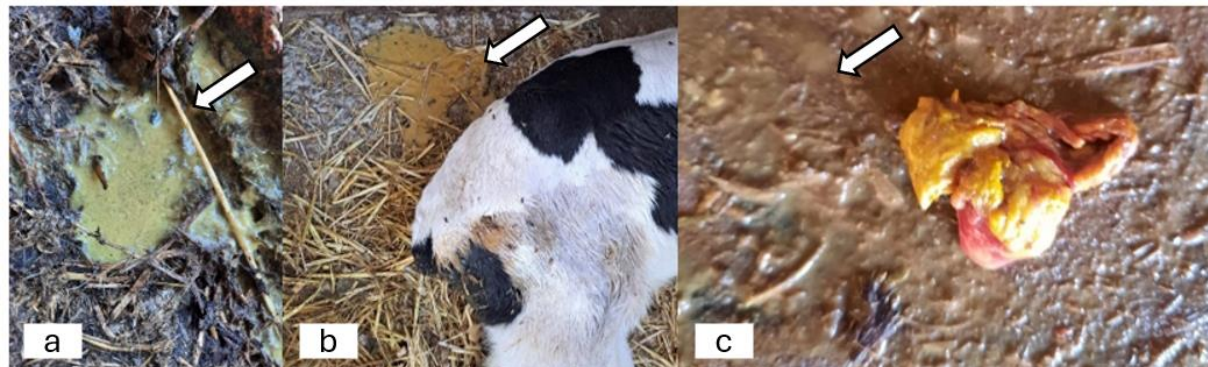
a,b: Her değişkene ait alt gruplar arasında aynı satırda farklı harf taşıyan ortalamalar arası farklar önemlidir ($p<0.01$).



Şekil 1. Çalışma kapsamına dahil edilen buzağlardan (b). a ve c görselleri sırası ile Ür-a uygulaması öncesi (0. gün) ve sonrası (10. gün).



Şekil 2. Çalışma kapsamına dahil edilen buzağlardan. a (0. gün), b (5. gün) ve c (10. gün) görseller sırası ile Ür-a uygulaması öncesi, esnasında ve sonrası dışkı skorlarını yansıtmakta.



Şekil 3. Çalışma kapsamına dahil edilen buzağlardan. a (0. gün), b (3. gün) ve c (10. gün) görseller sırası ile Ür-a uygulaması öncesi, esnasında ve sonrası dışkı skorlarını yansıtmakta.

Çalışmamız esnasında uygulanan nutrasötik Ür-a 'ya ilişkin herhangi bir yan etki ile karşılaşılmadı. Hiçbir buzağda 10 günlük gözlem süresince uygulamaya ilişkin bulgu belirlenmedi.

TARTIŞMA

Odaklı tartışmada öncelikli olarak Ür-a ve metabolitleri (Ür-a glukuronid ve Ür-a sülfat), tek doz uygulamalarından (250–2000 mg aralığında) ve günlük 250–1000 mg Ür-a'nın 28 gün boyunca son uygulamasından sonra plazmada tespit edilmiştir. Ayrıca, tek bir 2000 mg dozdan sonra iskelet kasında da Ür-a'ya rastlanmıştır. Maksimum plazma konsantrasyonları (Cmax) ve toplam maruziyet (eğri altındaki alan, AUC ile ifade edilir) doz bağımlı bir artış göstermiştir. Ür-a ve metabolitlerinin plazmadaki maksimum konsantrasyona ulaşma süresi (Tmax) 6 saat olarak belirlenmiştir. Ür-a, Ür-a-glukuronid ve Ür-a-sülfatın plazmadaki yarı ömrü (t1/2) sırasıyla 17–22 saat ve 25–58 saat arasında değişmiştir. Ür-a ve metabolitlerinin konsantrasyonları 7 gün sonra plato seviyesine ulaşmış ve müdahale sonrası 24 saate kadar tutarlı bir şekilde devam etmiştir. Günlük 250–1000 mg Ür-a'nın 28 gün boyunca uygulanmasını takiben, bu bileşikler son uygulamadan sonraki 72–96 saat içinde plazmadan tamamen elimine edilmiştir (21). Çalışmamızda 72-96 saatlik plazma bütünüyle eliminasyon göz önünde bulundurularak toplamda 10 günlük oral uygulamada bulunuldu.

Dört ay boyunca günlük 500 mg Ür-a takviyesi, interlökin-1 beta (IL-1β) seviyelerinde anlamlı bir azalma sağlarken, C-reaktif protein (CRP), interferon-gamma (INF-γ) ve tümör nekroz faktör-alfa (TNF-α) seviyelerinde herhangi bir değişiklik gözlenmemiştir. Daha yüksek dozda, 1000 mg/gün olarak Ür-a 4 ay süreyle verildiğinde CRP, INF-γ ve TNF-α seviyelerinde plaseboya kıyasla anlamlı düşüşler sağlanmış, ancak IL-1β seviyelerine etki etmediği tespit edilmiştir. Ayrıca, yine her iki doz denemelerinde (500 mg ve 1000 mg) IL-13 ve IL-6 seviyelerinde plaseboya kıyasla anlamlı bir değişiklik gözlemlenmemiştir (22). Başka bir çalışmada, 1000 mg/gün Ür-a'nın 4 ay boyunca uygulanmasında, plasebo ile mukayeseli karşılaştırıldığında CRP seviyelerinde bir değişiklik yaratmadığı rapor edilmiştir (23). Bu sonuçlar, Ür-a'nın enflamasyon belirteçleri üzerindeki etkisinin doza bağımlı olabileceğini göstermektedir. Düşük dozlar IL-1β seviyelerini düşürürken, yüksek dozlar TNF-α, INF-γ ve CRP seviyelerinde düşüş sağlamış, ancak IL-6 ve

IL-13 gibi belirteçler üzerinde herhangi bir etkisi olmamıştır (22, 23). Bu çalışmamızda Ür-a'nın dozajlanmasında laboratuvar hayvanlarında kanıta dayalı (24, 25) olarak belirlenmiş doz olan 50 mg/kg tercih edilmiştir. Nitekim non-enfeksiyöz ishalleri gruplarda uygulanan Ür-a 50 mg/kg/gün şeklinde 10 gün süreyle oral yoldan verilmiştir.

İnsan çalışmalarında Ür-a'nın meme dokusunda (26) ve kas dokusunda (21) bulunduğu bildirilmiştir. Ancak, Ür-a'nın insanlarda diğer dokulara dağılıp dağılmadığı konusu hala belirsizdir. Bu çalışmada her ne kadar Ür-a uygulamasının bağırsak lümeninde konsantrasyonu ve/veya birikime ait değerlendirmede bulunulmasa da, Ür-a tarafından Nrf-2 and AhR yolları ile arttırılan intestinal mukus sekresyonu intestinal bariyer fonksiyonlarının da korunduğunu gösterdiğinden gelip geçici bir etkileşim olmadığı apaçıktır (27). Hayvan çalışmalarında (örneğin, domuzlarda iskelet kası) Ür-a'nın kanda bulunduğu ve çeşitli dokulara dağıldığı gösterilmiştir (26, 28). Yine Ür-a ile muamele edilen fare intestinal hücre kaynaklı egzozomların, nöronal hücrelerde mitokondri aktivasyonuna neden olması; yine Ür-a'nın bağırsak-beyin ekseninde egzozomlar üzerinden etkileşim sağladığına işaret edebilir (29). İlâveten bu çalışmada bizim elde ettiğimiz sonuçları destekler mahiyette Ür-A fare modelinde kolonda doku hasarını gidererek intestinal mikrobiyomu düzenlemiş ve inflamasyonu azaltmıştır (30). Yine Ür-a hem inflamatorik cevabı baskılamış hem de inflamasyona ilişkin hasarı da durdurmuştur (31). Bu mekanizmalar bizim çalışmamızda Ür-a ile buzağlarda elde ettiğimiz sonuçları destekleyebilir.

Tam da bu noktada Ür-a'nın muhtemel doku dağılımı geniş getiren hayvanlar özelinde tartışılacaktır. Meşe yapraklarının yüksek konsantrasyonda ellajitannin içerdiği (32), bu fitokimyasalların yaprak kısımlarının yüksek miktarda tüketimi ile etçi yönde yetiştirilen sığırlarda (muhtemelen yem kısıtlaması sonrası) intoksikasyona neden olduğu bilinmektedir (33, 34). Burada zehirlenmenin şiddeti ruminal mikrobiyota ile ilişkidir. Meşe yapraklarının tolere edilebilmesinde ya da kliniko-patolojik bulgularla seyreden toksisiteye maruz kalmasında, rumende yer alan farklı bakteriyel popülasyonların rol aldığı saptanmıştır. İntoksikasyona neden olan fenolik bileşenler kateşolin, ploroglukinol ve rezorsinoldür (35, 36). Dolayısıyla ellajitanninlerin mikrobiyel metabolizması farklı genişgetiren hayvanlarda tolerans ya da intoksikasyondan sorumlu tutulmaktadır (37, 38). Önceki bir çalışmada

ellajitanninlerin sıgır rumeninde, ürolitinlere metabolize olduğu belirlenmiştir. Ruminal sıvı, dışkı, idrar ve plazmada değişken ürolitinlere rastlanmıştır (39). Elde edilen sonuçlar Ür-a dahil olmak üzere ürolitinlerin biyoyararlanımı ve doku tutulumu hakkında genişletiren hayvanlar hakkında önemli bilgiler sağlamıştır. Nitekim çalışmamızda belirli dozda ve bilinen müstahzar ile uygulanan Ür-a bu yönü ile muhtemelen gastrointestinal sistemde iyi dağılım ve biyoyararlanım göstermiş olabilir.

Ür-a'nın gastrointestinal sistem üzerindeki etkinliği a) mukozal epiteliyumda yer alan MUC2 protein seviyelerinin arttırması, b) kolon permeabilitesini değiştirmesi, c) bağırsak mikrobiyotası üzerindeki başkalaşım ve d) mukus tabakası kalınlığını arttırması ile açıklanabilir (27). Gastrointestinal kanal koşullarına dayanıklılık açısından Ür-b, Ür-a ve ellajik aside oranla daha dirençli bir molekül olarak karşımıza çıkmaktadır. Oral yolla uygulanan ürolitinlerin kolonik epiteliyuma ulaşabildiği, erişebildiği bu sayede geri salınım ile lokal anti-inflamatuvar aktivite sağlayabildiği belirlenmiştir. Bu durum özellikle ellajitanninlerin varsayımsal olarak yararlı metabolitlere dönüşümünde başarısız olabilen enterotip kısıtlılığının da önüne geçildiğini düşündürmektedir (40). Yukarıda anılan etki mekanizmaları bu çalışmamızda Ür-a ile elde edilen başarıyı açıklayabilir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada saha koşullarında non-infeksiyöz ishalli buzağılarda yem katkı maddesi olma özelliği ile ve yine mitokondride yenileyici özelliği de bulunan Ür-a'nın gastrointestinal sağlık ayarlarının tesisinde yararlı olabileceği görüldü. Nitekim tablo 3 ile şekiller 1-3 arası da sunulduğu üzere fekal skorlardaki ortalama±standart sapma yönünden belirgin azalma [çalışma öncesi 1,826±0,242 iken Ür-a uygulaması sonrası 0] saptanması (p<0.01) bunu destekler mahiyettir. Hiçbir yan etkiye neden olmaksızın kullanılan Ür-a'nın veteriner hekim tercihi ile uygulanabileceğini öne sürmek yanlış olmayacaktır.

Etik Kurul Onayı ▪ Ethics approval: Çalışmamız Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu (HADYEK) tarafından 27/10/21 tarihinde 64583101/2021/146 referans numarasıyla onaylandı. Our study was approved by Aydın Adnan Menderes University Animal Experiments Local Ethics Committee (HADYEK)

on 27/10/21 with the reference number 64583101/2021/146.

Yazarlık katkısı ▪ Author contributions: Çalışmanın tasarımı: DAU, KU, SP, MG, HE, SE, CB, İK; Çalışma verilerinin elde edilmesi: DAU, KU, SP, MG, HE, SE, CB, İK; Verilerin analiz edilmesi: DAU, KU, SP, MG, HE, SE, CB, İK; Makale taslağının oluşturulması: DAU, KU, SP, MG, HE, SE, CB, İK; İçerik için eleştirel gözden geçirme: DAU, KU, SP, MG, HE, SE, CB, İK; Yayınlanacak versiyonun son onayı: DAU, KU, SP, MG, HE, SE, CB, İK ▪ Study design: DAU, KU, SP, MG, HE, SE, CB, İK; Data collection: DAU, KU, SP, MG, HE, SE, CB, İK; Data analysis: DAU, KU, SP, MG, HE, SE, CB, İK; Draft preparation: DAU, KU, SP, MG, HE, SE, CB, İK; Critical review for content: DAU, KU, SP, MG, HE, SE, CB, İK; Final approval of the version to be published: DAU, KU, SP, MG, HE, SE, CB, İK.

Çıkar çatışması ▪ Conflict of interest: Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan ederler. The authors declare that they have no conflict of interest.

Maddi destek ▪ Financial support: Çalışmamız TÜBİTAK 1002- Hızlı Destek Programı kapsamında 772618 numaralı Proje ile desteklenmiştir. Our work was supported by Project number 772618 within the scope of TUBITAK 1002- Rapid Support Program.

Teşekkür ▪ Acknowledgement: Çalışmamız TÜBİTAK 1002- Hızlı Destek Programı kapsamında 772618 numaralı Proje ile desteklenmiştir. Anılan Projemizden hem rektal enema hem de oral yolla Ür-a uygulamasına dair 2 farklı çalışma tertiplenmiş/çıkarılmış olup, aynı olgular tekraren kullanılmadan, farklı buzağılar, hayvan sayısı ve uygulama bütünlüğü ile gerçekleştirilerek yine farklı tarihlerde yayınlanması planlanmıştır. Anılan her 2 çalışmada ortak materyal bulunmamaktadır.

KAYNAKLAR

1. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. World Population Prospects Highlights (ST/ESA/SER.A/423). Population.un.org Web site Feb 17, 2019. Available at: https://population.un.org/wpp/publications/files/wpp2019_highlights.pdf

2. Myers A, Lithgow GJ. Drugs that target aging: How do we discover them? *Expert Opin Drug Discov.* 2019;14(6):541-548.
3. Wilkinson JE, Burmeister L, Brooks SV, Chan CC, Friedline S, Harrison DE, et al. Rapamycin slows aging in mice. *Aging Cell.* 2012;11(4):675-682.
4. Xu M, Pirtskhalava T, Farr JN, Weigand BM, Palmer AK, Weivoda MM, et al. Senolytics improve physical function and increase lifespan in old age. *Nat Med.* 2018;24(8):1246-1256.
5. Yousefzadeh MJ, Zhu Y, McGowan SJ, Angelini L, Fuhrmann-Stroissnigg H, Xu M, et al. Fisetin is a senotherapeutic that extends health and lifespan. *EBioMedicine.* 2018;36:18-28.
6. Cerdá B, Espín JC, Parra S, Martínez P, Tomás-Barberán FA. The potent in vitro antioxidant ellagitannins from pomegranate juice are metabolised into bioavailable but poor antioxidant hydroxy-6H-dibenzopyran-6-one derivatives by the colonic microflora of healthy humans. *Eur J Nutr.* 2004;43(4):205-2220.
7. Cerdá B, Tomás-Barberán FA, Espín JC. Metabolism of antioxidant and chemopreventive ellagitannins from strawberries, raspberries, walnuts, and oak-aged wine in humans: identification of biomarkers and individual variability. *J Agric Food Chem.* 2005;53(2):227-235.
8. González-Sarriás A, Larrosa M, Tomás-Barberán FA, Dolara P, Espín JC. NF-κB-dependent anti-inflammatory activity of urolithins, gut microbiota ellagic acid-derived metabolites, in human colonic fibroblasts. *Br J Nutr.* 2010;104(4):503-512.
9. Cortés-Martín A, Selma MV, Tomás-Barberán FA, González-Sarriás A, Espín JC. Where to look into the puzzle of polyphenols and health? The postbiotics and gut microbiota associated with human metabolotypes. *Mol Nutr Food Res.* 2020;64(9):e1900952.
10. Gaya P, Peirotén Á, Medina M, Álvarez I, Landete JM. *Bifidobacterium pseudocatenulatum* INIA P815: The first bacterium able to produce urolithins A and B from ellagic acid. *J Funct Foods.* 2018;45:95-99.
11. Zhang X, Fang Y, Yang G, Hou X, Hai Y, Xia M, et al. Isolation and characterization of a novel human intestinal *Enterococcus faecium* FUA027 capable of producing urolithin A from ellagic acid. *Front Nutr.* 2022;9:1039697.
12. Beltrán D, Romo-Vaquero M, Espín JC, Tomás-Barberán FA, Selma MV. *Ellagibacter isourolithinifaciens* gen. nov., sp. nov., a new member of the family *Eggerthellaceae*, isolated from human gut. *Int J Syst Evol Microbiol.* 2018;68(5):1707-1712.
13. Selma MV, Beltrán D, Luna MC, Romo-Vaquero M, García-Villalba R, Mira A, et al. Isolation of human intestinal bacteria capable of producing the bioactive metabolite isourolithin A from ellagic acid. *Front Microbiol.* 2017;8:1521.
14. Watanabe H, Kishino S, Kudoh M, Yamamoto H, Ogawa J. Evaluation of electron-transferring cofactor mediating enzyme systems involved in urolithin dehydroxylation in *Gordonibacter urolithinifaciens* DSM 27213. *J Biosci Bioeng.* 2020;129(5):552-557.
15. Singh A, D'Amico D, Andreux PA, Dunngalvin G, Kern T, Blanco-Bose W, et al. Direct supplementation with Urolithin A overcomes limitations of dietary exposure and gut microbiome variability in healthy adults to achieve consistent levels across the population. *Eur J Clin Nutr.* 2022;76(2):297-308.
16. D'Amico D, Andreux PA, Valdés P, Singh A, Rinsch C, Auwerx J. Impact of the natural compound urolithin A on health, disease, and aging. *Trends Mol Med.* 2021;27(7):687-699.
17. Ryu D, Mouchiroud L, Andreux PA, Katsyuba E, Moullan N, Nicolet-dit-Félix AA, et al. Urolithin A induces mitophagy and prolongs lifespan in *C. elegans* and increases muscle function in rodents. *Nat Med.* 2016;22(8):879-888.
18. Ballesteros-Álvarez J, Nguyen W, Sivapatham R, Rane A, Andersen JK. Urolithin A reduces amyloid-beta load and improves cognitive deficits uncorrelated with plaque burden in a mouse model of Alzheimer's disease. *Geroscience.* 2023;45(2):1095-1113.
19. McGuirk SM. Disease management of dairy calves and heifers. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 2008;24(1):139-153.
20. Vaatstra B. Calf diarrhoea. *VetScript.* 2018;52-55.
21. Andreux PA, Blanco-Bose W, Ryu D, Burdet F, Ibberson M, Aebischer P, et al. The mitophagy activator urolithin A is safe and induces a molecular signature of improved mitochondrial and cellular health in humans. *Nat Metab.* 2019;1(6):595-603.
22. Singh A, D'Amico D, Andreux PA, Fouassier AM, Blanco-Bose W, Evans M, et al. Urolithin A improves muscle strength, exercise performance, and biomarkers of mitochondrial health in a randomized trial in middle-aged adults. *Cell Rep Med.* 2022;3(5):100633.

23. Liu S, D'Amico D, Shankland E, Bhayana S, Garcia JM, Aebischer P, et al. Effect of Urolithin A supplementation on muscle endurance and mitochondrial health in older adults: A randomized clinical trial. *JAMA Netw Open*. 2022;5(1):e2144279.
24. Huang JR, Zhang MH, Chen YJ, Sun YL, Gao ZM, Li ZJ, et al. Urolithin A ameliorates obesity-induced metabolic cardiomyopathy in mice via mitophagy activation. *Acta Pharmacol Sin*. 2023;44(2):321–331.
25. Albasher G, Alkahtani S, Al-Harbi LN. Urolithin A prevents streptozotocin-induced diabetic cardiomyopathy in rats by activating SIRT1. *Saudi J Biol Sci*. 2022;29(2):1210–1220.
26. Gasperotti M, Passamonti S, Tramer F, Masuero D, Guella G, Mattivi F, et al. Fate of microbial metabolites of dietary polyphenols in rats: Is the brain their target destination? *ACS Chem Neurosci*. 2015;6(8):1341–1352.
27. Yasuda T, Takagi T, Asaeda K, Hashimoto H, Kajiwara M, Azuma Y, et al. Urolithin A-mediated augmentation of intestinal barrier function through elevated secretory mucin synthesis. *Sci Rep*. 2024;14:15706.
28. Avila-Gálvez M, García-Villalba R, Martínez-Díaz F, Ocaña-Castillo B, Monedero-Saiz T, Torrecillas-Sánchez A, et al. Metabolic profiling of dietary polyphenols and methylxanthines in normal and malignant mammary tissues from breast cancer patients. *Mol Nutr Food Res*. 2019;63(9):e1801239.
29. Kubota D, Sato M, Udono M, Kohara A, Kudoh M, Ukawa Y, et al. Activation of the gut–brain interaction by Urolithin A and its molecular basis. *Nutrients*. 2024;16(19):3369.
30. Zhao R, Long X, Yang J, Du L, Zhang X, Li J, et al. Pomegranate peel polyphenols reduce chronic low-grade inflammatory responses by modulating gut microbiota and decreasing colonic tissue damage in rats fed a high-fat diet. *Food Funct*. 2019;10(12):8273–8285.
31. Toney AM, Fox D, Chaidez V, Ramer-Tait AE, Chung S. Immunomodulatory role of Urolithin A on metabolic diseases. *Biomedicines*. 2021;9:192.
32. Salminen JP, Roslin T, Karonen M, Sinkkonen J, Pihlaja K, Pulkkinen P. Seasonal variation in the content of hydrolyzable tannins, flavonoid glycosides, and proanthocyanidins in oak leaves. *J Chem Ecol*. 2004;30:1693–1711.
33. Makkar HPS, Singh B, Dawra RK. Effect of tannin-rich leaves of oak on various microbial activities of the rumen. *Br J Nutr*. 1988;60:287–296.
34. Shabtay A, Eitam H, Tadmor Y, Orlov A, Meir A, Weinberg P, et al. Nutritive and antioxidative potential of fresh and stored pomegranate industrial byproduct as a novel beef cattle feed. *J Agric Food Chem*. 2008;56:10063–10070.
35. Murdiati TB, McSweeney CS, Lowry JB. Metabolism in sheep of gallic acid, tannic acid and hydrolysable tannin from *Terminalia oblongata*. *Aust J Agric Resour*. 1992;43:1307–1319.
36. Zhu J, Filippich LJ. Rumen involvement in sheep tannic acid metabolism. *Vet Hum Toxicol*. 1995;37:436–440.
37. Doce RR, Hervas G, Belenguer A, Toral PG, Giráldez FJ, Frutos P. Effect of the administration of young oak (*Quercus pyrenaica*) leaves to cattle on ruminal fermentation. *Anim Feed Sci Technol*. 2009;150:75–85.
38. Garg SK, Makkar HPS, Nagal KB, Sharma SK, Wadhwa DR, Singh B. Toxicological investigations into oak (*Quercus incana*) leaf poisoning in cattle. *Vet Hum Toxicol*. 1992;34:161–164.
39. González-Barrio R, Truchado P, Villalba R, Hervás G, Frutos P, Espín JC, et al. Metabolism of oak leaf ellagitannins and Urolithin production in beef cattle. *J Agric Food Chem*. 2012;60:3068–3077.
40. Mena P, Dall'Asta M, Calani L, Brighenti F, Del Rio D. Gastrointestinal stability of Urolithins: An in vitro approach. *Eur J Nutr*. 2017;56(1):99–106



SAĞLIK BİLİMLERİNDE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

CURRENT PERSPECTIVES ON
HEALTH SCIENCES

CPHS

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

HAKKINDA

Evaluation of the Medical Artificial Intelligence Readiness Status of Medical Faculty Students: A Cross-Sectional Study

Tıp Fakültesi Öğrencilerinin Tıbbi Yapay Zeka Hazır Bulunuşluk Durumlarının Değerlendirilmesi: Kesitsel Bir Çalışma

Fatih DENİZLİ¹

¹PhD, Kayseri University, Institute of Graduate Studies, Department of Health Management, Kayseri, Turkey.

Received 15 August 2024

Accepted 25 April 2025

Published Online 30 April 2025

Article Code CPHS2025-6(1)-47-55.

Abstract

Aim: This study aims to evaluate the readiness status of medical faculty students regarding medical artificial intelligence and to determine whether it varies according to demographic characteristics. **Materials and Methods:** The study population consists of medical faculty students in Kayseri province. Accordingly, 368 medical faculty students voluntarily participated in the cross-sectional study conducted between June 1 and July 15, 2024. The “Medical Artificial Intelligence Readiness Scale” consisting of 22 items, was used in the study, and data were collected through a survey technique. The SPSS software package was used for the analysis of the collected data, employing descriptive analysis, correlation analysis, t test, and ANOVA. **Results:** The study revealed that medical school students' level of readiness for medical artificial intelligence and their mean scores in the skill, foresight and ethical sub dimensions were high, while their mean scores in the cognitive sub dimension were low. In addition, medical faculty students' medical artificial intelligence readiness levels and cognitive, skill, foresight and ethical sub dimension averages significantly differed according to demographic characteristics (gender, age and class). **Conclusion:** The research findings indicate that medical school students have above-average readiness for medical artificial intelligence. This study is considered to guide the development of a new curriculum in medical education and to provide significant practical contributions to the medical education literature.

Öz

Amaç: Bu çalışma tıp fakültesi öğrencilerinin tıbbi yapay zeka hazır bulunuşluk durumlarını değerlendirmek ve demografik özelliklere göre farklılık gösterip göstermediğini ortaya koymak amacıyla yapılmıştır. **Gereç ve Yöntem:** Araştırma evrenini Kayseri ilindeki tıp fakültesi öğrencileri oluşturmaktadır. Bu doğrultuda 01 Haziran-15 Temmuz 2024 tarihleri arasında yapılan kesitsel çalışmaya 368 tıp fakültesi öğrencisi gönüllü katılmıştır. Çalışmada 22 ifadeden oluşan “Tıbbi Yapay Zeka Hazır Bulunuşluk Ölçeği” kullanılmış olup veriler anket tekniği ile toplanmıştır. Elde edilen verilerin analizinde SPSS paket programı kullanılmış olup verilerin analizinde tanımlayıcı analizler, korelasyon analizi, t-testi ve ANOVA analizlerinden yararlanılmıştır. **Bulgular:** Çalışma, tıp fakültesi öğrencilerinin tıbbi yapay zeka hazır bulunuşluk düzeyleri ile beceri, öngörü ve etik alt boyut puan ortalamalarının yüksek, bilişsel alt boyut puan ortalamalarının ise düşük olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, tıp fakültesi öğrencilerinin tıbbi yapay zeka hazır bulunuşluk düzeyleri ile bilişsel, beceri, öngörü ve etik alt boyut ortalamalarının demografik özelliklere (cinsiyet, yaş ve sınıf) göre anlamlı farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. **Sonuç:** Araştırma bulguları tıp fakültesi öğrencilerinin tıbbi yapay zeka konusunda ortalamanın üzerinde bir hazır bulunuşluğa sahip olduğunu göstermektedir. Bu çalışma, tıp eğitiminde yeni bir müfredatın gelişiminde yol gösterici bir çalışma olacağı ve tıp eğitimi alan yazınına uygulamaya yönelik önemli katkılar sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Keywords

artificial intelligence
medical artificial intelligence
medical education
medical faculty
medical students

Anahtar kelimeler

yapay zeka
tıbbi yapay zeka
tıp eğitimi
tıp fakültesi
tıp öğrencileri

Corresponding Author

Fatih DENİZLİ
fatihdenizli0000@gmail.com

ORCID

F DENİZLİ
0000-0001-5039-7606

INTRODUCTION

Artificial intelligence (AI) consists of systems that acquire abilities similar to human intelligence, performing tasks such as learning, problem-solving, perception, and decision-making while continuously improving themselves. Today, innovations in the field of artificial intelligence have begun to significantly impact not only production, banking, education, transportation, and psychology but also the healthcare sector. AI technologies, which facilitate physicians' work by providing solutions to numerous health problems, are further accelerating the interaction between medicine and artificial intelligence (1, 2).

Applications of artificial intelligence in the healthcare field allow for the collection, classification, and analysis of health data; conduct imaging procedures (such as radiology and pathology); support diagnostic, therapeutic, and surgical applications; and alert relevant staff and patients when necessary. Considering the benefits and contributions of these processes, adapting to and effectively using medical artificial intelligence applications has become necessary for healthcare professionals (1).

Especially in today's digital age, it is believed that health technologies will make significant contributions to improving the quality of healthcare services and ensuring effective and efficient service delivery (2). With medical artificial intelligence applications, it is possible to quickly and accurately analyze conditions such as lung diseases, eye diseases, breast cancer, and skin cancer (3, 4). Additionally, artificial intelligence applications can facilitate the diagnosis of cardiovascular diseases through the analysis of heart examinations and diagnose certain psychological and neurological diseases through the analysis of speech patterns. Furthermore, AI is capable of performing specific procedures in robotic surgery. As a result, AI applications help provide healthcare services to more patients by reducing the workload of healthcare workers and preventing time loss (5-7). In this context, the use of artificial intelligence applications in the healthcare field has been increasing in recent years. Medical AI applications are believed to enable physicians to make reliable and accurate diagnoses, implement effective treatments, prevent erroneous practices, and reduce patient waiting times (8, 9).

Considering the rapid changes and transformations in technology, the development of artificial intelligence technologies and potential challenges will significantly impact medical education. Therefore, medical students should learn about clinical AI systems and modelling methods before graduation to use and adapt to continuously evolving AI technologies. Their awareness should be increased, and they should be prepared for AI applications through professional practice (10, 11). Owing to the limited information on artificial intelligence in the medical education curriculum and the uncertain knowledge levels of students, the readiness for behavioral change toward artificial intelligence technologies is highly important. Readiness is defined as being psychologically, socially, behaviorally, cognitively, and sensorially prepared to engage in an activity (12). Evaluating readiness status enables the identification of an individual's current state toward technology, the determination of individual needs, and planning and preparation for the future. Considering the rapid advancements in the field of medical artificial intelligence, it is believed that artificial intelligence will become a significant part of medical education in the coming years (13). Therefore, evaluating the readiness status of medical students for medical artificial intelligence is crucial, as it will guide educational design and development.

Upon reviewing the relevant literature, a study conducted by Gencer and Gencer (14) aimed at evaluating the readiness status of medical students for medical artificial intelligence revealed that the readiness levels of students were low. A study conducted by Abdullah et al. (15) in Pakistan, aimed at examining the awareness and knowledge levels of general practitioners regarding artificial intelligence, revealed that the majority of participants (54.8%) had low awareness. A study conducted by Pinto et al. (16) aimed at evaluating the attitudes of medical students towards artificial intelligence revealed that the participants exhibited positive attitudes towards artificial intelligence. A study conducted by Abid et al. (17) aimed at evaluating the attitudes of medical students towards artificial intelligence in the Peshawar region of Pakistan revealed that the majority of students (61.7%) lacked knowledge about artificial intelligence. A study conducted by Emir et al. (18) revealed that medical students had high levels of readiness and awareness regarding medical

artificial intelligence. A study conducted by Öcal et al. (19) aimed at determining medical students' thoughts on artificial intelligence in medicine reported that the majority of students (59.2%) lacked knowledge of artificial intelligence but were willing to use it in their professional careers.

In the literature review, although studies have been conducted to determine the readiness level of medical artificial intelligence technologies for medical faculty students in the field of health, there are not enough studies in the national literature. In this context, the aim of this study is to evaluate the readiness of medical faculty students for medical artificial intelligence and to determine whether it varies according to demographic characteristics. In line with this aim, this study contributes to filling the gap in the literature and provides practical insights for the development of a new curriculum in medical education. On the basis of the literature review, the research hypotheses are formulated as follows.

Hypothesis 1. Medical faculty students have a high level of readiness for medical artificial intelligence.

Hypothesis 2a. Medical artificial intelligence readiness levels and sub dimensions of medical faculty students significantly differ according to gender.

Hypothesis 2b. Medical artificial intelligence readiness levels and sub dimensions of medical faculty students significantly differ according to the age group variable.

Hypothesis 2c. Medical artificial intelligence readiness levels and sub dimensions of medical faculty students significantly differ according to the class variable.

MATERIALS AND METHODS

Research Design and Sample

This cross-sectional study was conducted with quantitative research method. The research population consists of 2175 medical faculty students. The sample size representing the research population was determined as at least 326 according to the sample size determination formula developed by Özdamar (20) and simple random sampling method was used. Inclusion criteria included being an active medical faculty student during the study period and

volunteering to participate in the research. Exclusion criteria were incomplete or invalid survey responses. In this study, online survey technique was used and data was collected from 368 students who volunteered to participate in the study. Ethics committee approval dated 24.05.2024 and numbered 99868 was obtained from Kayseri University ethics committee. STROBE checklist was used in the study.

Data Collection Tools

Two different measurement tools were used in the study. The first one is the "Medical Artificial Intelligence Readiness Scale" developed by Karaca et al. (11), which consists of 22 statements. The scale has cognitive sub dimension (8 statements), skill sub dimension (8 statements), foresight sub dimension (3 statements) and ethical sub dimension (3 statements). The scale is a 5-point Likert scale (strongly disagree (1)-disagree (2)-neither agree nor disagree (3)-agree (4)-strongly agree (5)). The second is a measurement tool to determine sociodemographic characteristics, consisting of three statements (gender, age group and class). Karaca et al. (11) found Cronbach's Alpha (CA) coefficient to be 0.87. There are no reverse coded statements in the scale. It is evaluated that the increase in the scores obtained from the scale will increase the level of readiness for artificial intelligence in medicine, and the decrease in the scores will decrease. The average threshold value is 3.

Statistical Evaluation of Data

The SPSS 22 package program was used in the statistical analysis of the data obtained. The Cronbach's alpha value of the Medical Artificial Intelligence Readiness Scale was measured at 0.953. The Cronbach's alpha values for the sub dimensions of the scale were measured as follows: 0.865 for the cognitive sub dimension, 0.867 for the skills sub dimension, 0.860 for the foresight sub dimension, and 0.809 for the ethical sub dimension. Accordingly, the Medical Artificial Intelligence Readiness Scale can be considered highly reliable. Since the skewness and kurtosis values of the data were within the ± 1.5 range and showed a normal distribution, parametric tests were used. Descriptive statistics, correlation analysis, t tests and ANOVA (post hoc analyses to analyze differences) were used to analyze the data obtained. Statistically, significance level was accepted as ($p < 0.05$).

RESULTS

Table 1 presents the percentages and frequency distributions of the demographic characteristics of the medical faculty students who participated in the study.

Table 1. Demographic characteristics of the students (n=368)

Variables	n	%
Gender		
Female	165	44.8
Male	203	55.2
Age group		
Under 20	95	25.8
21-24	129	35.1
25 and above	144	39.1
Class		
1 st	65	17.7
2 nd	68	18.5
3 rd	39	10.6
4 th	56	15.2
5 th	57	15.5
6 th	83	22.6
Total	368	100

Table 1 shows that 55.2% of the medical faculty students who participated in the study were male, 39.1% were 25 years and over, 22.6% were sixth-year students, and the average age of the participants was approximately 24 years. In this study, no missing data were observed as all survey responses were complete and valid.

Table 2 presents the descriptive statistics and correlation analysis of medical faculty students' readiness for medical artificial intelligence. The analysis of the obtained data revealed that the overall average readiness of students for medical artificial intelligence is ($\bar{x}$ =3.12), with a cognitive sub dimension of ($\bar{x}$ =2.81), a skill sub dimension of ($\bar{x}$ =3.33), a foresight sub dimension of ($\bar{x}$ =3.31), and an ethical sub dimension of ($\bar{x}$ =3.18).

In line with these findings, medical faculty students' medical artificial intelligence readiness, skill, foresight and ethics sub dimensions are high above the average threshold value ($\bar{x}$ =3), whereas the cognitive sub dimension is low below the threshold value ($\bar{x}$ =3). Accordingly, Hypothesis 1 was accepted.

Table 2. Findings on medical artificial intelligence readiness

Variables	$\bar{x}$	S.D.	1	2	3	4
Medical AI Readiness	3.12	0.638				
1. Cognitive Sub dimension	2.81	0.708	1			
2. Skill Sub dimension	3.33	0.584	0.882**	1		
3. Foresight Sub dimension	3.31	0.780	0.831**	0.789**	1	
4. Ethics Sub dimension	3.18	0.769	0.859**	0.816**	0.597**	1

n=368; ** p<0.01; Pearson correlation

Correlation analysis revealed a high level of positive relationships between the sub dimensions of readiness for artificial intelligence in medicine.

In Table 3, a t test was conducted to determine whether the medical artificial intelligence readiness of medical faculty students and its sub dimensions differ according to gender. The overall medical artificial intelligence readiness, cognitive sub dimension, skill sub dimension, and ethical sub dimension of medical faculty students differ significantly according to sex ($p=0.000$), whereas the

foresight sub dimension does not significantly differ ($p=0.955$).

The average scores for overall medical artificial intelligence readiness, the cognitive sub dimension, the skill sub dimension, and the ethical sub dimension of female medical faculty students ($\bar{x}$ =3.32; $\bar{x}$ =2.98; $\bar{x}$ =3.58; $\bar{x}$ =3.58) were found to be higher than those of male medical faculty students ($\bar{x}$ =2.95; $\bar{x}$ =2.67; $\bar{x}$ =3.13; $\bar{x}$ =2.85). Accordingly, Hypothesis 2a was partially accepted.

Table 3. t test results for medical artificial intelligence readiness according to the gender variable

Variables	Gender	$\bar{x}$	S.D.	t	p
Medical AI Readiness	Female	3.32	0.513	6.040	<0.001*
	Male	2.95	0.680		
Cognitive Sub dimension	Female	2.98	0.599	4.318	<0.001*
	Male	2.67	0.760		
Skill Sub dimension	Female	3.58	0.336	8.509	<0.001*
	Male	3.13	0.659		
Foresight Sub dimension	Female	3.30	0.661	0.057	0.955
	Male	3.31	0.867		
Ethics Sub dimension	Female	3.58	0.772	10.141	<0.001*
	Male	2.85	0.586		

n=368; *p<0.05; Independent sample t test

In Table 4, a one-way analysis of variance (ANOVA) was conducted to determine whether medical artificial intelligence readiness and its sub dimensions differ according to age group. Initially, Levene's test was performed to assess the homogeneity of variances, and it was found that the variances were distributed homogeneously ($p>0.05$). The overall medical artificial intelligence readiness, cognitive sub dimension, skill sub dimension, foresight sub dimension, and ethical sub dimension of medical faculty students significantly differed according to the age group variable ($p=0.000$; $p<0.05$). Accordingly, Hypothesis 2b was accepted.

To identify which groups the differences exist between, a post hoc analysis was conducted using Tukey's test. According to this analysis, the average overall medical artificial intelligence readiness of medical faculty students aged 21-24 years ($\bar{x}=3.49$) was found to be greater than that of students under 20 years ($\bar{x}=2.93$) and those aged 25 years and above ($\bar{x}=2.90$). The average scores for the cognitive sub dimension of medical faculty students aged 21-24 years ($\bar{x}=3.25$) were found to be higher than those of students under 20 years ($\bar{x}=2.51$) and those aged 25 years and above ($\bar{x}=2.58$). The average scores for the skill sub dimension of medical faculty students aged 21-24 years ($\bar{x}=3.59$) were found to be higher than those of students under 20 years ($\bar{x}=3.31$) and those aged 25 years and above ($\bar{x}=3.11$). Additionally, the average scores of students aged 25 years and above ($\bar{x}=3.11$) were lower than those of students under 20 years ($\bar{x}=3.31$). The average scores for the foresight sub dimension of medical faculty students aged 21-24 years ($\bar{x}=3.59$) were found to be higher than those of

students under 20 years ($\bar{x}=3.04$) and those aged 25 years and above ($\bar{x}=3.22$). The average scores for the foresight sub dimension of medical faculty students under 20 years of age ($\bar{x}=3.04$) were lower than those of students aged 25 years and above ($\bar{x}=3.22$). The average scores for the ethical sub dimension of medical faculty students aged 21-24 years ($\bar{x}=3.68$) were found to be higher than those of students under 20 years ($\bar{x}=2.91$) and those aged 25 years and above ($\bar{x}=2.90$).

One-way analysis of variance (ANOVA) was conducted to determine whether medical artificial intelligence readiness and the sub dimensions of medical faculty students differ according to the class variable. Initially, Levene's test was performed to assess the homogeneity of variances, and it was found that the variances were distributed homogeneously ($p>0.05$). According to the obtained data, the overall medical AI readiness of medical school students, as well as the cognitive, skill, foresight, and ethical sub dimensions, significantly differed across classes ($p<0.05$). Accordingly, Hypothesis 2c was accepted.

To identify which groups the differences exist between, a post hoc analysis was conducted using Tukey's test. Accordingly, the mean overall medical AI readiness of 4th-year medical students ($\bar{x}=3.37$) was greater than that of 1st-year ($\bar{x}=2.93$) and 3rd-year students ($\bar{x}=2.91$). Additionally, the mean cognitive sub dimension scores of the 4th-year medical students ($\bar{x}=3.13$) were higher than those of the 1st-year ($\bar{x}=2.58$), 2nd-year ($\bar{x}=2.77$), and 3rd-year students ($\bar{x}=2.60$). The mean skill sub dimension scores of the 4th-year medical students ($\bar{x}=3.47$) were greater than those of the 3rd-year students ($\bar{x}=3.14$).

The mean foresight sub dimension scores of the 6th-year medical students ($\bar{x}$ =3.61) were higher than those of the 1st-year students ($\bar{x}$ =3.04). Additionally, the mean ethical sub dimension scores of the 4th-year medical students ($\bar{x}$ =3.81) were higher than those of the 1st-year ($\bar{x}$ =2.98), 2nd-year ($\bar{x}$ =3.16), 3rd-year ($\bar{x}$ =2.85), 5th-year ($\bar{x}$ =3.25), and 6th-year students ($\bar{x}$ =3.03).

DISCUSSION

In today's rapidly evolving technological landscape, medical artificial intelligence has begun to play a significant role in various areas of healthcare and medical education. In particular, integrating medical AI applications into the medical education curriculum will provide medical students with new knowledge and skills in analyzing complex data, making accurate and rapid diagnoses, planning treatments, and delivering efficient, effective, and high-quality healthcare services. Thus, upon graduation, they will not face any issues adapting to medical AI technologies. Accordingly, this study was conducted to assess the medical AI readiness of medical

students. The majority of the participating students were male (55.2%), aged 25 and over (39.1%), and in their 6th year (22.6%).

In this study, the medical AI readiness levels of medical students were found to be above the median value. Accordingly, it can be said that medical students are somewhat ready to use medical AI technologies. The findings of the study align with those of Karaca et al. (11), Emir et al. (18), and Moodi Ghalibaf et al. (21) in measuring the medical AI readiness of medical students. However, they do not align with the results of studies conducted by Gencer and Gencer (14), Abdullah et al. (15), Pinto et al. (16), Abid et al. (17), and Öcal et al. (19). Accordingly, Hypothesis 1 was accepted. The study examined whether medical AI readiness levels and sub dimensions differ significantly across medical students on the basis of certain demographic characteristics. The analyses revealed that the medical AI readiness levels and sub dimensions of medical students significantly differed according to sex, age group, and year of study. Accordingly, Hypothesis 2a, Hypothesis 2b, and Hypothesis 2c were accepted.

Table 4. ANOVA results of medical artificial intelligence readiness according to age group and class variables

	Medical AI			Cognitive			Skill			Foresight			Ethics		
	Readiness			Sub dimension			Sub dimension			Sub dimension			Sub dimension		
Age group	$\bar{x}$	p	Diff.	$\bar{x}$	p	Diff.	$\bar{x}$	p	Diff.	$\bar{x}$	p	Diff.	$\bar{x}$	p	Diff.
Under 20	2.93		1<2	2.51		1<2	3.31		1<2	3.04		1<2	2.91		1<2
21-24	3.49	<0.001*	3<2	3.28	<0.001*	3<2	3.59	<0.001*	3<2	3.59	<0.001*	1<3	3.68	<0.001*	3<2
25	2.90			2.58			3.11		3<1	3.22		3<2	2.90		
Class															
1st	2.93			2.58			3.20			3.04			2.98		
2nd	3.13		1<4	2.77		1<4	3.43			3.28			3.16		1<4
3rd	2.91	0.002*	3<4	2.60	<0.001*	2<4	3.14	0.028*	3<4	3.21	0.001*	1<6	2.85	<0.001*	2<4
4th	3.37			3.13		3<4	3.47			3.26			3.81		3<4
5th	3.16			2.88			3.35			3.32			3.25		5<4
6th	3.15			2.84			3.32			3.61			3.03		6<4

n=368; *p<0.05; Diff.=Differences

Accordingly, compared with their male counterparts, female medical students were found to have significantly greater overall medical AI readiness, as well as higher cognitive, skill, and ethical sub dimension scores, with no significant difference observed in the foresight sub dimension. The higher readiness levels among female students may be attributed to various social, psychological, and

educational factors. The higher readiness levels among female students can be attributed to their faster grasp of their cognitive abilities, greater emphasis on learning processes, increased effort, higher propensity for group work, and more sensitive and empathetic approach to ethical issues. These findings do not align with the results of studies conducted by Gencer and Gencer (14), Xuan et al. (22), and Jebreen et al. (23).

Significant differences were found between medical students' overall medical AI readiness and the cognitive, skill, foresight, and ethical sub dimensions across age groups. The mean levels of medical AI readiness and its sub dimensions were significantly greater among students aged 21-24 years than among those in other age groups (20 years and younger and 25 years and older). The higher medical AI readiness levels among students aged 21-24 years can be attributed to factors such as their advanced cognitive capacity, progress in education, familiarity with technology, and effective time management compared with those of students under 20 years, who are just beginning their education, and those over 25 years, who are nearing graduation. These findings are consistent with the results of the study conducted by Xuan et al. (22).

Significant differences were found between medical students' overall medical AI readiness and the cognitive, skill, foresight, and ethical sub dimensions based on class year. The overall medical AI readiness levels, as well as the cognitive, skill, and ethical sub dimension scores, were higher among 4th-year medical students than among those in other classes. Compared with students in other years, 4th-year medical students who have completed basic medical science education and advanced to clinical practice are considered better prepared in terms of cognitive competence, practical skills, and ethical behavior. Additionally, 6th-year students have higher foresight sub dimension scores than do students in other years. The greater degree of foresight among 6th-year students is due to their advanced clinical experiences and patient management skills. These findings do not align with the results of the study conducted by Gencer and Gencer (14).

The findings of high levels of medical AI skills, foresight, and ethical sub dimensions indicate that students possess practical competencies and ethical sensitivities regarding AI applications. These results are significant for the integration of AI applications into medical decision-making processes and for adhering to ethical standards in patient care. However, the low scores in the cognitive sub dimension suggest that students lack sufficient knowledge about the fundamental concepts and theoretical foundations of AI. This indicates that more emphasis needs to be placed on theoretical knowledge of artificial intelligence in medical education. Additionally, identifying differences on the basis of demographic factors (gender, age group,

and class) suggests that AI education should be tailored to meet students' specific needs. Due to time and cost limitations, the study was limited to medical students in Kayseri province and the measurement tool used. Accordingly, it is difficult to generalize the findings obtained to all medical students. It should be taken into consideration that the data were collected in a certain time interval and different results may be obtained in studies conducted at different times.

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

In conclusion, this study is expected to make significant contributions to the integration of medical education and artificial intelligence by evaluating medical students' readiness for medical AI. The study demonstrated that, overall, medical students possess a readiness level for medical AI that is above average. This finding indicates that students recognize the importance of AI in the medical field and are open to learning about it. In this context, to enhance knowledge, skills, and awareness regarding the use of medical AI, which is increasingly impacting medical practice, it is essential to include the topic comprehensively in the medical school curriculum and develop it according to needs. This includes strengthening theoretical training content and increasing opportunities for clinical practice. For more comprehensive results in future studies, similar research should be conducted with medical students in different regions. Comparing the results of such studies across various locations could reveal variations between studies. Additionally, long-term follow-up studies on the development of medical students' education in medical AI are considered highly beneficial.

Etik Kurul Onayı ▪ Ethics approval: Kayseri Üniversitesi etik kurulundan 24.05.2024 tarih ve 99868 sayılı etik kurul onayı alınmıştır. ▪ Ethics committee approval dated 24.05.2024 and numbered 99868 was obtained from the ethics committee of Kayseri University.

Yazarlık katkısı ▪ Author contributions: Çalışma tasarımı: FD; Çalışma verilerinin elde edilmesi: FD; Verilerin analiz edilmesi: FD; Makale taslağının oluşturulması: FD; İçerik için eleştirel gözden geçirme: FD; Yayınlanacak versiyonun son onayı: FD. ▪ Study design: FD; Data collection: FD; Data analysis: FD; Draft preparation: FD; Critical review for content: FD; Final approval of the version to be published: FD.

Çıkar çatışması ▪ Conflict of interest: Yazar çıkar çatışması olmadığını beyan eder. ▪ The author declare that they have no conflict of interest.

Maddi destek ▪ Financial support: The author received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article. ▪ Yazar bu makalenin araştırılması, yazarlığı ve/veya yayınlanması için herhangi bir mali destek almamıştır.

REFERENCES

1. Wartman SA, Donald CC. Medical education must move from the information age to the age of artificial intelligence. *Acad Med*. 2018;93:1107–9
2. Yu K-H, Beam AL, Kohane IS. Artificial intelligence in healthcare. *Nat Biomed Eng*. 2018;2(10):719–31.
3. Topol EJ. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nat Med*. 2019;25:44–56.1
4. Esteva A, Kuprel B, Novoa RA, Ko J, Swetter SM, Blau HM, et al. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nat Publ Gr*. 2017.
5. Siegersma KR, Leiner T, Chew DP, Appelman Y, Hofstra L, Verjans JW. Artificial intelligence in cardiovascular imaging: state of the art and implications for the imaging cardiologist. *Netherlands Hear J*. 2019;27:403–13.
6. Bedi G, Carrillo F, Cecchi GA, Slezak DF, Sigman M, Mota NB, et al. Automated analysis of free speech predicts psychosis onset in high-risk youths. *Npj Schizophr*. 2015;1.
7. Jin H-Y, Man Z, Bing H. Techniques to integrate artificial intelligence systems with medical information in gastroenterology. *Artif Intell Gastrointest Endosc*. 2020;1:19–27.
8. Sit C, Srinivasan R, Amlani A, Muthuswamy K, Azam A, Monzon L, et al. Attitudes and perceptions of UK medical students towards artificial Intelligence and radiology: a multicentre survey. *Insights Imaging*. 2020;11:14.
9. Meskó B, Hetényi G, Gyorffy Z. Will artificial intelligence solve the human Resource crisis in healthcare? *BMC Health Serv Res*. 2018;18:1–5.
10. Sapci HA. Artificial intelligence education and tools for medical and health informatics students: systematic review. *JMIR Med Educ*. 2020;6:E19285.
11. Karaca O, Çalışkan SA, Demir K. Medical artificial intelligence readiness scale for medical students (MAIRS-MS) – development, validity and reliability study. *BMC Med Educ* 2021;21:112.
12. Denizli F, Demirtaş Ö. Dijital hastaneye dönüşüm sürecinde sağlık çalışanlarının teknolojiye hazır bulunuşluk durumlarının değerlendirilmesi: Bir kamu hastanesi örneği. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. 2022;49:163-174.
13. Goh P-S, Sanders J. A vision of the use of technology in medical education After the COVID-19 pandemic. *MedEdPublish*. 2020;9:1–8.
14. Gencer K, Gencer G. Tıp fakültesi öğrencilerinin tıbbi yapay zeka hazır bulunuşluluğunun incelenmesi, *Kocatepe Tıp Dergisi*. 2024;25:143-149.
15. Abdullah S, Amir N, Khan TA. What is artificial intelligence and how much are private practitioners aware of it?. *Pakistan Oral & Dental Journal*. 2023;43(2):45-51.
16. Pinto dos Santos D, Giese D, Brodehl S, Chon SH, Staab W, Kleinert R, et al. Medical students' attitude towards artificial intelligence: a multicentre survey. *Eur Radiol*. 2019;29:1640–6.
17. Abid S, Awan B, Ismail T, Sarwar N, Sarwar G, Tanık M, et al. Artificial intelligence: medical students attitude in district Peshawar Pakistan. *Pak J Public Health*. 2019;9:19-21.
18. Emir B, Yurdem T, Özel T, Sayar T, Uzun TA, Akar U, et al. Artificial intelligence readiness status of medical faculty students. *Konuralp Tıp Dergisi*. 2024;16(1):88-95.
19. Öcal EE, Atay E, Önsüz MF, Altın F, Çokyigit FK, Kılınç S, et al. Tıp fakültesi öğrencilerinin tıpta yapay zeka ile ilgili düşünceleri. *Türk Tıp Öğrencileri Araştırma Dergisi*, 2020;2(1):9-16.
20. Özdamar K. Modern bilimsel araştırma yöntemleri. Eskişehir: Kaan Kitabevi;2003.
21. Moodi Ghalibaf A, Moghadasin M, Emadzadeh A, Mastour H. Psychometric properties of the persian version of the medical artificial intelligence readiness scale for medical students (MAIRS-MS). *BMC Medical Education*. 2023;23(1):577.

22. Xuan PY, Fahumida F, Ismath M, Al Nazir Hussain MI, Jayathilake NT, Khobragade S, et al. Readiness towards artificial intelligence among undergraduate medical students in Malaysia. *Education in Medicine Journal*. 2023;15(2):49-60.
23. Jebreen K, Radwan E, Kammoun-Rebai W, Alattar E, Radwan A, Safi W, et al. Perceptions of undergraduate medical students on artificial intelligence in medicine: mixed-methods survey study from Palestine. *BMC Medical Education*. 2024;24(1):507.

MAKÜ

sbgy.mehmetakif.edu.tr/



Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
Sağlık Bilimleri Fakültesi 15030 BURDUR
+90 248 213 3500