

Beslenmede İnovasyon: Yapay Zekâ Destekli Kişiselleştirilmiş Beslenme: Tanı ve Tedavideki Gelişmeler

Innovation in Nutrition: Artificial Intelligence Supported Personalized Nutrition: Advances in Diagnosis and Treatment

¹ Merve ÖZKAYA^a, ² Mustafa Volkan YILMAZ^a, ³ Esmâ ASİL^a

^aAnkara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Ankara, Türkiye

ÖZET Sağlığın korunmasında ve sürdürülmesinde beslenmenin önemli bir geçiş dönemi olarak anlaşılmaktadır. Bireylere, kişiye özel yani kişiselleştirilmiş beslenme önerilerinin yapılması yaşam boyu sürdürülebilir sağlıklı beslenme alışkanlıklarının kazandırılmasında büyük önem taşımaktadır. Teknolojik gelişmeler, kişiselleştirilmiş beslenmenin yapay zekâ aracılığıyla daha hızlı gelişmesini sağlamıştır. Sağlıklı beslenmenin ve besin tüketiminin saptanmasına yönelik hazırlanan yapay zekâ destekli uygulamalar ile kişisel giyilebilir cihaz kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Beslenme alanında geliştirilen yapay zekâ destekli uygulamalar; bireylere/hastalara kişiselleştirilmiş beslenme önerileri sunmak için gerekli verilerin toplanmasında, toplanan bu verilerin analiz edilerek kişiye özel tedavi verilmesinde rol oynamaktadır. Ayrıca bu uygulamalar ve cihazlar tıbbi nesnelerin interneti ile birbirleriyle bilgileri paylaşmakta ve bireylerin/hastaların beslenme durumları ile ilgili daha somut veriler elde etmektedir. Tıbbi nesnelerin interneti sağlık uzmanlarının hastaları uzaktan takip edebilmelerine ve hastaların tedavilerini uzaktan yönetebilmelerine de yardımcı olmaktadır. Yapay zekâ uygulamaları ile elde edilen veriler beslenmenin kişiselleştirilmesine olanak sağlayarak, sağlıklı beslenme alışkanlığının kazandırılmasını ve bu davranışın sürdürülebilir hâle gelmesini kolaylaştırmaktadır. Ayrıca uzun vadede yapay zekâ uygulamaları ile hazırlanan kişiselleştirilmiş beslenmenin zaman ve maddi tasarruf sağlayarak, sağlık sisteminin yükünü azaltabileceği düşünülmektedir. Bu derlemede, sağlık verilerini izleyen cihazların, akıllı telefon uygulamalarının kişiselleştirilmiş beslenme uygulamalarında kullanımı, bireylere sağlıklı beslenme alışkanlıkları kazandırmadaki etkileri, gelişim aşamasındaki projeler ve yapay zekâ kullanımı için yapılması gereken tartışılmaktadır.

ABSTRACT The importance of nutrition in the protection and maintenance of health is better understood day by day. Making personalized nutrition recommendations for individuals is essential in gaining healthy eating habits that can be sustained throughout life. Technological advances have helped personalized nutrition begin to develop faster through artificial intelligence. The use of personal wearable devices is becoming more common daily, with artificial intelligence-supported applications prepared for determining healthy nutrition and food consumption. Artificial intelligence-supported applications developed in the field of nutrition; plays a role in collecting the necessary data to provide personalized nutritional recommendations to individuals/patients and in providing personalized treatment by analyzing this collected data. In addition, these applications and devices share information through the internet of medical objects and obtain more concrete data about the nutritional status of individuals. The internet of medical things also helps healthcare professionals remotely monitor and manage patients' treatments. The data obtained with artificial intelligence applications allows the personalization of nutrition, making it easier to gain healthy eating habits and make this behavior sustainable. In addition, it is thought that personalized nutrition prepared with artificial intelligence applications in the long term can reduce the burden on the health system by saving time and money. In this review, the use of devices that monitor health data, smartphone applications in personalized nutrition applications, their effects on individuals gaining healthy eating habits, projects in the development stage, and what needs to be done to use artificial intelligence are discussed.

Anahtar Kelimeler: Kişiselleştirilmiş beslenme; nütrigenomikler; yapay zekâ; beslenme durumu

Keywords: Personalized nutrition; nutrigenomics; artificial intelligence; nutritional status

Correspondence: Merve ÖZKAYA
Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Ankara, Türkiye
E-mail: nutrigenmer@gmail.com



Peer review under responsibility of Türkiye Klinikleri Journal of Health Sciences.

Received: 23 Jun 2023

Received in revised form: 31 Aug 2023

Accepted: 21 Sep 2023

Available online: 02 Oct 2023

2536-4391 / Copyright © 2023 by Türkiye Klinikleri. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Beslenme hem sağlığın korunmasında hem de hastalıkların tedavisinde rol oynamaktadır.¹ Sağlıklı beslenmenin alışkanlık hâline gelmesi için psikolojik, sosyokültürel ve sosyoekonomik faktörlerin birlikte ele alınması gerekmektedir.² Diyetin kişiselleştirilmesi, özel olarak kişiselleştirilmiş beslenme hizmeti sunmak için kişisel bilgilerin kullanımına dayanan bir strateji olarak ortaya çıkmıştır.³ Kişiselleştirilmiş beslenme yaklaşımı, sağlığa faydalı sürdürülebilir bir değişimi teşvik etmek amacıyla bireye ve ihtiyaçlarına özel uyarlanmış öneriler sunmaktadır.⁴ Öncelikle kişinin epidemiyolojik, klinik, beslenme ve metabolik profilleri bütünsel olarak ele alınarak bireysel risk profili değerlendirilmektedir. Daha sonra gelişmiş yapay zekâ (YZ) algoritmaları ile birey için en uygun olan beslenme önerisi verilmekte ve bireyler yaşam boyu belirli aralıklarla takip edilmektedir. **Şekil 1**'de kişiselleştirilmiş beslenme uygulama süreci gösterilmektedir.⁵ Böyle bir yaklaşımın, bireylerin sağlığı için gerekli olan kalıcı beslenme davranış değişikliği gerçekleştirmelerine yardımcı olacağı düşünülmektedir.⁶

Kişiselleştirilmiş beslenmenin üzerinde anlaşmaya varılmış net bir tanım bulunmamaktadır.³ Bireylerin sağlığı için yararlı, kalıcı bir diyet davranış değişikliği elde etmesine yardımcı bir yaklaşım olarak tanımlanan kişiselleştirilmiş beslenme, Amerikan Beslenme Derneği tarafından; ölçülebilir sağlık yararları ile sonuçlanabilecek diyet davranış değişikliğini teşvik etmek için kanıta dayalı bilimde kurulmuş, bireye özgü bilgileri kullanan bir alan olarak ifade

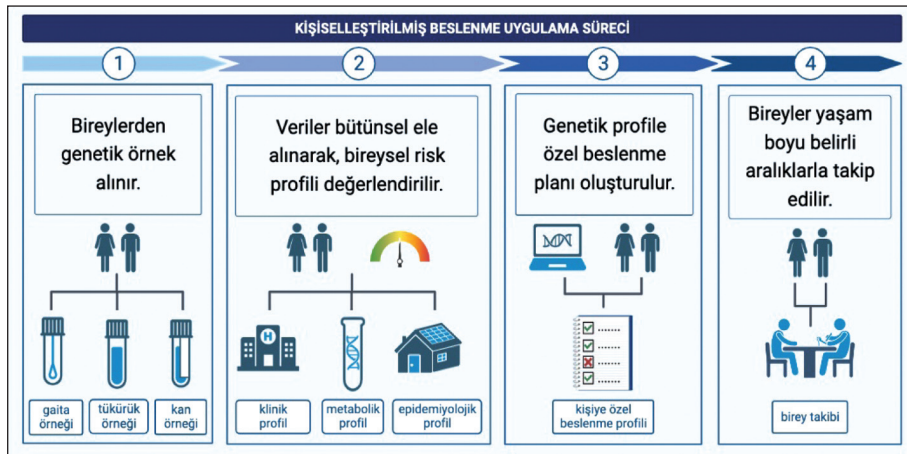
edilmektedir.⁶ Doğuştan metabolizma hastalıkları gibi bazı kronik hastalıkları olan kişiler için günlük yaşamın bir parçası hâline gelen kişiselleştirilmiş beslenme, diğer yandan sağlıklı bireylerde zayıflamadan spor müsabakalarına kadar pek çok kişisel hedef için de kullanılmaktadır.³

Kişiselleştirilmiş beslenme hizmetleri genetik test kitleri ile uygulanmaktadır. Tükürük, kan ve/veya gaita örnekleri yoluyla uygulanan genetik test kitleri ile kişiselleştirilmiş beslenme ve sağlığa yönelik veriler elde edilmektedir (**Şekil 1**). Elde edilen veriler, bireysel farklılıkları ortaya çıkarmak, hastalık riskleri hakkında bilgi edinmek ve bu doğrultuda öneriler vermek için kullanılmaktadır.⁷ Son yıllarda kişiselleştirilmiş beslenme YZ aracılığıyla hızla gelişmeye başlamıştır. YZ'nin bireylere/hastalara kişiselleştirilmiş beslenme sunmak için veri toplanmasında, verilerinin analizinde, tedavi önerilerinde daha da gelişeceği düşünülmektedir.^{5,8}

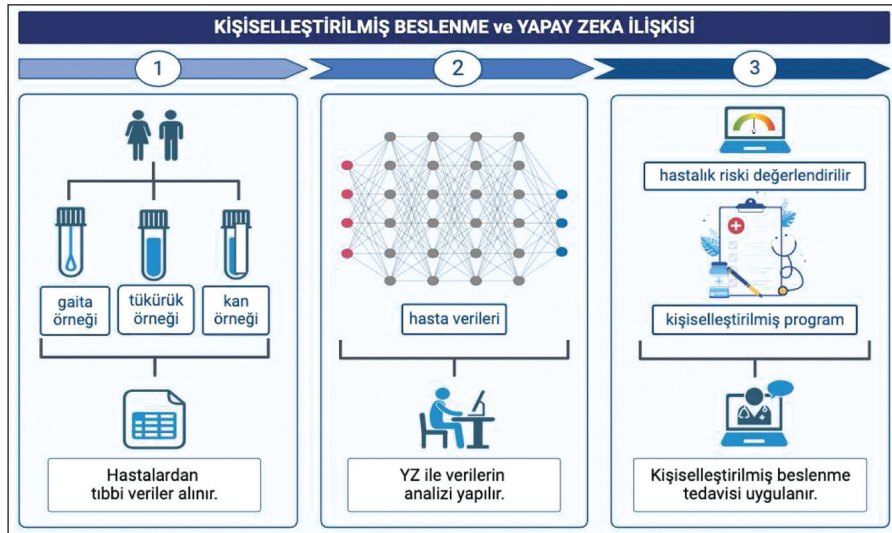
Kişiselleştirilmiş beslenmede YZ kullanımı oldukça hızlı bir şekilde hayatımızda yer almaya başlamıştır. Bu derlemede, akıllı telefon uygulamaları, akıllı saatler ve elektronik giysiler gibi pek çok alanda kişiselleştirilmiş beslenmeye destek olan YZ kullanımı hakkında bilgi verilecektir.

KİŞİSELLEŞTİRİLMİŞ BESLENME VE YZ İLİŞKİSİ

Nesnelerin interneti [internet of things (IoT)], mekânların, cihazların ve insanların teknolojik olarak



ŞEKİL 1: Kişiselleştirilmiş beslenme uygulama süreci.^{5,7}

ŞEKİL 2: Kişiselleştirilmiş beslenme ve yapay zekâ ilişkisi.^{12,13,15}

birbirine bağlanmasını sağlayan bir araçtır. Sağlık sistemlerinde de kullanılan IoT teknolojisi, güvenli bir ağ üzerinden verilerin toplanmasını, işlenmesini ve iletilmesini sağlamaktadır.⁹ IoT teknolojisinin alt kümesi olan tıbbi nesnelere interneti [internet of medical things (IoMT)], sağlık hizmetlerini izlemek için ağlar arası bağlantılı tıbbi cihazlardan oluşmaktadır. Bu cihazlar, hastanın evdeki durumunu takip etmekte ve klinisyenleri bilgilendirmektedir.^{10,11} IoMT ile hastalardan önce tıbbi veriler alınır daha sonra YZ tabanlı veri dönüştürme ve yorumlama tekniği ile verilerin analizleri yapılmaktadır (Şekil 2).¹² Verilerin YZ ile işlenmesi sağlık sisteminin yükünü azaltarak zaman ve para tasarrufu sağlamaktadır.¹¹ YZ hastalıkların riskini tahmin etmede, teşhis ve tedavisinde; beslenmenin takibinde ve kişiselleştirilmesinde kullanılmaktadır (Şekil 2).^{8,13-15}

Dijital ikiz projesi (DİP), geçmişi izleme, bugünü izleme ve geleceği tahmin etme yeteneği ile bir nesnenin veya kişinin sanal olarak yeniden oluşturulmasıdır.¹⁶ Bu proje ile hastalık oluşumu ve hastalıkların karmaşık etkileşimleri zamana duyarlı bir simülasyonu gerçekleştirilebilmektedir. DİP, sürekli olarak verileri toplayıp analiz edebilmekte ve bir hastanın gelecekteki durumunu tahmin edebilmekte, beslenmesini planlayabilmekte ve uygun tedavi planı önerebilmektedir. Bu projenin kişiselleştirilmiş beslenme tedavisi için yeni bir model sağlayacağı düşünülmektedir.¹⁵

Bu alanda geliştirilen bir mobil uygulama paketi projesi olan Sağlıklı Yaşam İçin Kişiselleştirilmiş Beslenme [PeRsOnalised nutriTion for hEalthy liVING (PROTEIN)] ile bireylerin davranışlarını izleyebilen, herkes için erişilebilir, uyarlanabilir mobil uygulama üretmek amaçlanmaktadır. Projede, giyilebilir akıllı bant aktivite izleyici, akıllı kemer (bağırsak hareketini/seslerini ölçmek için), besin alımını ölçmek için akıllı ölçek, solunan havayı ölçmek için uçucu organik bileşik sensör, bağırsak mikrobiyota bileşimini ve kan şekerini değerlendirmek için cihazlar bulunmaktadır (Şekil 3). PROTEIN projesinin sağlamayı amaçladığı temel çıktılardan biri, tüketicileri sağlıklı ve sürdürülebilir beslenme ve/veya yaşam tarzı seçimleri yapma konusunda güçlendirecek bir sistem olmaktadır.¹⁷

YZ uygulamaları sayesinde, kişiselleştirilmiş beslenme önerilerinin hızlı ve pratik bir şekilde verilmesinin olumlu davranış değişikliği geliştirmede etkili olacağı ve kişiselleştirilmiş beslenme sağlama potansiyeline sahip olduğu düşünülmektedir.^{17,18}

YZ DESTEKLİ KİŞİSELLEŞTİRİLMİŞ BESLENME TAKİBİ VE ANALİZİ

Kişiselleştirilmiş beslenme için diyet yönetiminin önemli bir bölümü, bireylerin besin tercihlerinin belirlenmesi, hangi besinleri tükettiğinin izlenmesi ve besin alımının doğru değerlendirilmesidir.¹⁸ Gele-



ŞEKİL 3: Kişiselleştirilmiş beslenmede kullanılan bazı teknolojik cihazlar.^{17,22}

neksel diyet tedavilerinde beslenme durumu değerlendirilmesinde yazılarak tutulan besin tüketim kayıtlarından yararlanılmaktadır. Ancak hastaların bu kayıtları doldurmadığı, eksik ve porsiyon miktarlarının hatalı olduğu gözlenmektedir.¹⁹ Ayrıca bu eski yöntemle yemek yeme hızı gibi ayrıntılı bilgiler ölçülememektedir.²⁰ Yapılan bir çalışmada, internet tabanlı diyet takip yöntemlerinin kullanımının, geleneksel yöntemlere göre daha kolay ve hızlı olduğu belirlenmiştir.²¹ YZ'nin ilerlemesi yeme davranışlarının nesnel ve pratik şekilde izlenmesini sağlamaktadır. Bu sayede yazılarak tutulan besin tüketim kayıtlarına gerek kalmadan bireylerin besin tüketimi serbest yaşam koşullarında izlenebilir hâle gelmiştir.²⁰

Giyilebilir sağlık izleme cihazları; akıllı telefon uygulamaları, akıllı saatler ve elektronik giysilerdir (Şekil 3).²² Wang ve ark. yaptıkları çalışmada, akıllı telefonlar aracılığıyla ev ortamındaki bireylerin yemek yeme aktivitesi izlenmiştir. Videoların YZ algoritmalarıyla analiz edilmesiyle yemek yeme alışkanlıklarının doğru bir şekilde tespit edildiği görülmüştür.⁸ Başka bir çalışmada; akıllı telefon uygulaması aracılığıyla uygulanan kişiselleştirilmiş beslenme programının sporcuların beslenme programına uyumunu artırdığı ve verilen önerileri takip etme konusunda motive ettiği anlaşılmıştır.²³

Hem akıllı saat hem de kulak içi mikrofon kullanılarak besin tüketim davranışları izlenebilmektedir.

Kulak içi mikrofon ile ölçülen çiğneme aktivitesiyle bireylerin tükettikleri besinlerin miktarı, öğün/atıştırma sayısı, her öğün içindeki çiğneme sayısı, yeme süresi ve yeme hızı bilgilerine ulaşılabilmektedir.²⁰ Aynı zamanda ses sinyali ile de ısırılan besinin miktarı ölçülebilmektedir. Bireylerin tükettikleri besinleri takip etmek için kulak içi kulaklık yönteminin yeterli olduğu düşünülmektedir.²⁴ Besin tüketimi sırasında sensörlerin kullanımı ile alınan verilerle, besinlerin kalorisi, ağırlığı ve türü de izlenebilmektedir. Besin tüketimini takip eden cihazlar, bireylere kişiselleştirilmiş beslenme hizmetini sunmayı daha da ilerleterek hangi besinin etkin bir şekilde tüketildiğine ve tüketilen besinlerin sağlık üzerindeki etkisine bakmaktadır.²⁵ Bu sistemlerin dışında bireylerin içme hareketini algılayarak sıvı alımını takip eden bir sistem de bulunmaktadır. Hastaların su içme sıklığını ölçmek amacıyla kullanılan bu sistemde tüketilen sıvı hacmi hesaplanmamaktadır.²⁶

Mobil sağlık teknolojisinin kronik hastalığa sahip hastaların da uzaktan tıbbi yönetiminde ve hastaların kendilerini yönetmelerinde de yararlı bulunmuştur.²⁷ Tip 2 diyabetli bireylerde beslenme uygulamalarının etkisi araştırılan çalışmada, hastaların bu uygulamalara ilgisinin yüksek olduğu görülmüştür.²⁸ Schippers ve ark. cep telefonları aracılığıyla uygulanan kontrollü ağırlık kaybı müdahalesini inceleyen çalışmaları derledikleri bir metaanalizde, süre-

nin ve etkileşim sıklığının diyet etkinliğini artırdığını bildirmiştir.²⁹ Bunu yanı sıra istenen davranış değişikliğini sağlamada yapılan geri bildirim ve öneri sıklığının da önemi vardır.³⁰ Bulaşıcı olmayan hastalıklarda kullanılan mobil uygulamaları, sağlık politikalarının ve önleyici çalışmaların faydasını büyük oranda artırabileceği düşünülmektedir.³¹ Beslenme tedavisinde kullanılan bu tür cihaz ya da uygulamaların tedavi sürecine yardımcı olabileceği göz ardı edilmemelidir.⁶

YZ DESTEKLİ KİŞİSELLEŞTİRİLMİŞ BESLENME TAVSİYELERİNİN ETKİNLİĞİ VE DOĞRULUĞU

Teknolojik araçların YZ ile desteklenmesiyle, hastalıklarda daha iyi sonuçlar elde edilmeye başlanmıştır. Bundan dolayı sağlık hizmeti sunan bireylerin YZ alanında bilgi sahibi olmaları önemlidir.³² Artan nüfus ve hastalıklar sağlık profesyonellerinin; hastalarla ilgilenmesini, hasta verilerini değerlendirmesini ve yönetmesini zorlaştırmaktadır. Ancak bu zorlukların YZ ile üstesinden gelenebileceği belirlenmiştir.³³ Bir çalışmada, telefon uygulaması aracılığıyla besin alımı ve öğün zamanlamasını değerlendirmenin doğruluğu ve güvenilirliği araştırılmıştır. Uygulama verileriyle diyetisyenlerin aldığı besin tüketim kayıtları karşılaştırılmıştır. Uygulama, yiyecek türlerinin, öğün zamanlamalarının ve miktarlarının tahmininde yüksek doğruluk oranları elde etmiştir. Ayrıca uygulamanın besin alımı ve öğün zamanlamaları konusunda güvenilir olduğu bulunmuştur. Bu yöntemin, diyetisyenlerin bireylerin beslenme alışkanlıklarını takip etmeleri için etkili bir yöntem olabileceği ve bu sonuçların krono-nütrisyon için yeni bir çerçeve açacağı düşünülmektedir.³⁴

Bir çalışmada, erişkin bireylerde malnütrisyon varlığını tespit etmek için YZ desteğiyle geliştirilen MUST-Plus (Malnütrisyon Universal Tarama Aracı) programı kullanılmıştır. Çalışmanın sonunda, MUST-Plus programının NRS-2002 (Nütrisyonel Risk Tarama Aracı) ve MST'ye (Malnütrisyon Tarama Aracı) kıyasla daha yüksek doğruluk oranına sahip olduğu görülmüştür. Özellikle ağır hastalığı olan, yaşlı veya yeterli iletişim becerisine sahip olmayan hastaların malnütrisyonunu tespit etmek için

daha etkili bir yöntem olacağı düşünülmektedir.³⁵ Yapılan bir başka çalışmada da YZ ile malnütrisyon riski erken dönemde tahmin edilebilmiştir.³⁶

Karakan ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada, irritable bağırsak sendromu (İBS) olan hastalarda kişiselleştirilmiş diyetin hastalık üzerindeki etkisine YZ algoritmaları ile bireylerin bağırsak mikrobiyom özelliklerine göre hazırlanan kişiselleştirilmiş diyet ile bakılmıştır. Kişiye özel olarak diyet oluşturulan grupta İBS ile ilgili semptomlarda iyileşmenin daha fazla olduğu görülmüştür.¹³ Bunu yanı sıra bireysel mikrobiyom analizine dayalı YZ destekli kişiselleştirilmiş diyetin, fonksiyonel kabızlığın tedavisinde de geleneksel tedaviye kıyasla önemli ölçüde daha başarılı olduğu görülmüştür.³⁷ Yaklaşık 6 bin kişinin üzerinde yapılan bir çalışmada, YZ tabanlı beslenme önerisi verilen kişilerin diyetlerinde daha fazla iyileşme olduğu ve daha sağlıklı bir yaşam tarzı benimsedikleri belirlenmiştir. YZ tabanlı beslenme programlarının kişiselleştirilmiş beslenmenin uygulanmasında ve diyetisyenlerin iş yükünün azaltılmasında faydalı olabileceği düşünülmektedir.³⁸

YZ DESTEKLİ KİŞİSELLEŞTİRİLMİŞ BESLENME UYGULANMASINDAKİ ZORLUKLAR VE YAPILMASI GEREKENLER

Kişiselleştirilmiş beslenmeye yardımcı olabilecek çeşitli teknolojiler ve uygulamalar bulunmasına rağmen onları bir araya getiren bütüncül bir sistem henüz mevcut değildir. Geniş ölçekte YZ uygulamalarının kullanılmasında hastane bilgi sistemleri arasındaki uyumsuzluk veri toplanmasını zorlaştırmaktadır. Dahası, özellikle akıllı telefon uygulamalarının, doğruluğu, güvenilirliği ve dolayısıyla mevcut durumlarındaki yararlılığı konusunda ciddi kaygılar bulunmaktadır. Ayrıca kişisel verilerin gizliliği ve güvenliği konusu da oldukça önemlidir.^{18,39} Herhangi bir YZ sisteminin kişiselleştirilmiş beslenme tedavisi için tıbbi kayıtlara erişimi yapılmadan önce bu kayıtların gizliliği ve güvenliği sağlayabilmesi gerekmektedir.⁴⁰

YZ modellerinden elde edilen sonuçların kabul edilmesindeki engellerden birisi de klinisyenler tarafından bu verilerin yorumlanamamasıdır. Bu durum, elde edilen verilerin güvenilirliğini etkilemektedir.⁴¹

Yapılan bir çalışmada, sağlık çalışanlarının %79'u YZ'nin faydalı olduğunu düşündüklerini ve başka bir soruda %10'u YZ'nin işlerinde onların yerini alacağından endişe duyduklarını ifade etmiştir. Bu endişelerinin bilgi eksikliğinden kaynaklandığını düşünmek mümkündür.⁴² Bu endişeleri gidermek ve bütünsel kişiselleştirilmiş bir beslenme hizmetleri tasarlamak için doktorlar, diyetisyenler, psikologlar ve sağlık eğitimcileri arasındaki multidisipliner iş birliklerinin geliştirilmesi gerekmektedir.⁴³

Kişiselleştirilmiş beslenmede geliştirilen dijital teknolojilerin diyetisyenlerin yerini alması söz konusu değildir.⁴⁴ Teknoloji destekli diyet müdahalesinin besin alımı üzerindeki etkisini karşılaştıran bir çalışmada, diyetisyen tarafından takip edilen erişkinlerin diyet alımlarını iyileştirmede etkili olduğu bulunmuştur. Bu durum kişiselleştirilmiş beslenme ile ilgili web ve mobil teknolojilerin diyetisyen tarafından sağlanan tavsiyelerle birlikte kullanıldığında daha büyük bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.⁴⁵ Dijital ürünlerin bilimsel olarak geçerli, kapsayıcı, adil, erişilebilir, açıklanabilir olmasını sağlamak için yeni girişimlerde ve ürün geliştirmede diyetisyenlere önemli bir rol düşmektedir. Diyetisyenler, yeni çözümler ve sağlık modelleri oluşturmak ve sunmak için yol gösterici bir kaynak konumundadır. Ancak bu alanda yer alabilmek için mesleki bilginin yanı sıra dijital okuryazarlık becerilerinin de geliştirilmesi önemlidir.⁴⁶ Kişiselleştirilmiş beslenme ve ilgili teknolojiler hakkında diyetisyenlerin görüşlerinin incelendiği bir çalışmada, kişiselleştirilmiş beslenme teknolojilerine entegre olan diyetisyenlerin kendilerini girişimci olarak gördükleri ve teknolojiyle ilişkili daha düşük riskleri algılama ihtimallerinin daha yüksek olduğu bulunmuştur.⁴⁷ Aynı zamanda "Future Dietitian 2025" projesinde, eğitime olan ihtiyaç vurgulanarak, yeni teknolojiler hakkında farkındalık oluşturmak, kişiselleştirilmiş beslenmenin diyetetikte kullanımını yaygınlaştırmak ve teknolojik gelişmelerden haberdar olmak için diyetisyenlere sürekli mesleki gelişim ve eğitim sağlanması tavsiye edilmiştir.⁴⁸

Son olarak, "YZ modelinin arızalanması durumunda kim sorumlu?", "Zaman içinde tahminlerin

güvenilir olup olmadığını nereden bilebiliriz?" ve "Model verileri denetim amacıyla ne kadar süreyle saklanmalıdır?" gibi soruların açıklanmasına hâlâ ihtiyaç vardır.⁴⁹

SONUÇ

Kişiselleştirilmiş beslenme halk sağlığı, hastalıkların önlenmesi, tanı ve tedavisi için umut vaat etmektedir. Ancak planlanması ve uygulanması ilgili daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun için multidisipliner iş birlikleri geliştirilmeli ve YZ uygulamaları ile kişiselleştirilmiş beslenmenin desteklenmesi gerekmektedir. Böylece kişiselleştirilmiş beslenme klinikte kullanılabilir ve daha fazla kişiye hitap etmesi sağlanabilir. Ayrıca YZ ile teknolojik cihazların geliştirilmesi ve beslenme tedavisinde kullanılması bireylerin sağlıklı ve sürdürülebilir beslenme ve yaşam tarzı alışkanlığı kazanmasına yardımcı olacaktır. Başta diyetisyenler dâhil olmak üzere sağlık profesyonellerinin, bu alanlardaki eğitim açığı kapatılmalıdır. Bunun yanı sıra kişisel bilgilerin gizliliğini sağlayabilmek için YZ kullanımıyla ilgili gerekli kanunların düzenlenmesi de oldukça önemlidir.

Finansal Kaynak

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

Yazar Katkıları

Fikir/Kavram: Merve Özkaya; **Tasarım:** Merve Özkaya, Esmâ Asil; **Denetleme/Danışmanlık:** Esmâ Asil, Mustafa Volkan Yılmaz; **Kaynak Taraması:** Merve Özkaya, Mustafa Volkan Yılmaz; **Makalenin Yazımı:** Merve Özkaya, Esmâ Asil; **Eleştirel İnceleme:** Esmâ Asil, Mustafa Volkan Yılmaz.

KAYNAKLAR

- Knowler WC, Barrett-Connor E, Fowler SE, Hamman RF, Lachin JM, Walker EA, et al; Diabetes Prevention Program Research Group. Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin. *N Engl J Med*. 2002;346(6):393-403. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
- Mathers JC. Paving the way to better population health through personalised nutrition. *EFSA J*. 2019;17(Suppl 1):e170713. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
- Ordovas JM, Ferguson LR, Tai ES, Mathers JC. Personalised nutrition and health. *BMJ*. 2018;361:bmj.k2173. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
- Soldevila-Domenech N, Boronat A, Langohr K, de la Torre R. N-of-1 clinical trials in nutritional interventions directed at improving cognitive function. *Front Nutr*. 2019;6:110. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
- Xu BP, Shi H. Precision nutrition: concept, evolution, and future vision. *Precision Nutrition*. 2022;1(1):1-3. [[Crossref](#)]
- Adams SH, Anthony JC, Carvajal R, Chae L, Khoo CSH, Latulippe ME, et al. Perspective: guiding principles for the implementation of personalized nutrition approaches that benefit health and function. *Adv Nutr*. 2020;11(1):25-34. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
- Camp KM, Trujillo E. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: nutritional genomics. *J Acad Nutr Diet*. 2014;114(2):299-312. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Wang C, Kumar T, Markvoort G, Caby J, Hallez H, Vanrumste B. Eating activity monitoring in home environments using smartphone-based video recordings. *International Conference on Digital Image Computing: Techniques and Applications (DICTA)*. Sydney, Australia; 2022. p.1-5. [[Crossref](#)]
- Nosratabadi S, Mosavi A, Keivani R, Ardabili S, Aram F. State of the art survey of deep learning and machine learning models for smart cities and urban sustainability. *arXiv*. 2020:1-8. [[Crossref](#)]
- Kaushik A, Khan R, Solanki P, Gandhi S, Gohel H, Mishra YK. From nanosystems to a biosensing prototype for an efficient diagnostic: a special issue in honor of professor bansi d. malhotra. *Biosensors (Basel)*. 2021;11(10):359. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
- Manickam P, Mariappan SA, Murugesan SM, Hansda S, Kaushik A, Shinde R, et al. Artificial Intelligence (AI) and Internet of Medical Things (IoMT) Assisted Biomedical Systems for Intelligent Healthcare. *Biosensors (Basel)*. 2022;12(8):562. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
- Rehman A, Saba T, Haseeb K, Marie-Sainte SL, Lloret J. Energy-Efficient IoT e-Health Using Artificial Intelligence Model with Homomorphic Secret Sharing. *Energies*. 2021;14(19):6414. [[Crossref](#)]
- Karakan T, Gundogdu A, Alagözlü H, Ekmen N, Ozgul S, Beyazgul D, et al. Artificial Intelligence based personalized diet: a pilot clinical study for IBS. *medRxiv*. 2021. [[Crossref](#)]
- Kodama S, Fujihara K, Horikawa C, Kitazawa M, Iwanaga M, Kato K, et al. Predictive ability of current machine learning algorithms for type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis. *J Diabetes Investig*. 2022;13(5):900-8. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
- Wang Y, Lu CD, Chen W, Wang Q, Jiang H. Digital twin enabled personalized nutrition. *Precision Nutrition*. 2023;2(1):e00030. [[Crossref](#)]
- IBM [Internet]. [Cited: May 05, 2022]. How does a digital twin work?. Available from: [[Link](#)]
- Wilson-Barnes S, Gymnopoulos LP, Dimitropoulos K, Solachidis V, Rouskas K, Russell D, et al. Personalised nutrition for hEalthy liviNg: The PROTEIN project. *Nutrition Bulletin*. 2021;46(1):77-87. [[Crossref](#)]
- Boland M, Alam F, Bronlund J. Modern technologies for personalized nutrition. In: Galanakis CM, ed. *Trends in Personalized Nutrition*. 1st ed. Elsevier; 2019. p.195-222. [[Crossref](#)]
- Cade JE. Measuring diet in the 21st century: use of new technologies. *Proc Nutr Soc*. 2017;76(3):276-82. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Diou C, Kyritsis K, Papapanagiotou V, Sarafis I. Intake monitoring in free-living conditions: overview and lessons we have learned. *Appetite*. 2022;176:106096. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Murai U, Tajima R, Matsumoto M, Sato Y, Horie S, Fujiwara A, et al. Validation of dietary intake estimated by web-based dietary assessment methods and usability using dietary records or 24-h dietary recalls: a scoping review. *Nutrients*. 2023;15(8):1816. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
- Sekar M, Sriramprabha R, Sekhar PK, Bhansali S, Ponpandian N, Ramasamy S, et al. Review-towards wearable sensor platforms for the electrochemical detection of cortisol. *Journal of The Electrochemical Society*. 2020;167:067508. [[Crossref](#)]
- Budiono I, Rahayu T, Soegiyanto, Kurnia AR. Use of "Nutriatlet" smartphone application-based personalized nutrition program to improve energy consumption, body mass index, and body fat percentage among martial arts athletes. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*. 2019;8(1):29-35. [[Crossref](#)]
- Papapanagiotou V, Ganotakis S, Delopoulos A. Bite-weight estimation using commercial ear buds. *arXiv*. 2021. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Neves PA, Simões J, Costa R, Pimenta L, Gonçalves NJ, Albuquerque C, et al. Thought on food: a systematic review of current approaches and challenges for food intake detection. *Sensors (Basel)*. 2022;22(17):6443. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
- Wang C, Kumar TS, De Raedt W, Camps G, Hallez H, Vanrumste B. Drinking gesture detection using wrist-worn imu sensors with multi-stage temporal convolutional network in free-living environments. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc*. 2022;2022:1778-82. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Fan K, Zhao Y. Mobile health technology: a novel tool in chronic disease management. *Intelligent Medicine*. 2022;2(1):41-7. [[Crossref](#)]
- Karimi N, Opie R, Crawford D, O'Connell S, Hamblin PS, Steele C, et al. Participants' and health care providers' insights regarding a web-based and mobile-delivered healthy eating program for disadvantaged people with type 2 diabetes: descriptive qualitative study. *JMIR Form Res*. 2023;7:e37429. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
- Schippers M, Adam PC, Smolenski DJ, Wong HT, de Wit JB. A meta-analysis of overall effects of weight loss interventions delivered via mobile phones and effect size differences according to delivery mode, personal contact, and intervention intensity and duration. *Obes Rev*. 2017;18(4):450-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Celis-Morales C, Livingstone KM, Petermann-Rocha F, Navas-Carretero S, San-Cristobal R, O'Donovan CB, et al; Food4Me Study. Frequent nutritional feedback, personalized advice, and behavioral changes: findings from the European Food4Me internet-based RCT. *Am J Prev Med*. 2019;57(2):209-19. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Żarnowski A, Jankowski M, Gujski M. Use of mobile apps and wearables to monitor diet, weight, and physical activity: a cross-sectional survey of adults in Poland. *Med Sci Monit*. 2022;28:e937948. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
- Susanto AP, Winarto H, Fahira A, Abdurrohman H, Muharram AP, Widitha UR, et al. Building an artificial intelligence-powered medical image recognition smartphone application: what medical practitioners need to know. *Informatics in Medicine Unlocked*. 2022;32:101017. [[Crossref](#)]
- Kamruzzaman MM, Alrashdi I, Alqazzaz A. New opportunities, challenges, and applications of edge-AI for connected healthcare in internet of medical things for smart cities. *J Healthc Eng*. 2022;2022:2950699. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
- Ramírez-Contreras C, Farran-Codina A, Zerón-Rugiero MF, Izquierdo-Pulido M. Relative validity and reliability of the remind app as an image-based method to assess dietary intake and meal timing in young adults. *Nutrients*. 2023;15(8):1824. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]

35. Timsina P, Joshi HN, Cheng FY, Kersch I, Wilson S, Colgan C, et al. MUST-Plus: a machine learning classifier that improves malnutrition screening in acute care facilities. *J Am Coll Nutr.* 2021;40(1):3-12. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
36. Jin BT, Choi MH, Moyer MF, Kim DA. Predicting malnutrition from longitudinal patient trajectories with deep learning. *PLoS One.* 2022;17(7):e0271487. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
37. Arslan AÇ, Gündoğdu A, Tunali V, Topgül OH, Beyazgül D, Nalbatoğlu ÖU. Efficacy of AI-assisted personalized microbiome modulation by diet in functional constipation: a randomized controlled trial. *medRxiv.* 2022. [[Crossref](#)]
38. Monlezun DJ, Carr C, Niu T, Nordio F, DeValle N, Sarris L, et al. Meta-analysis and machine learning-augmented mixed effects cohort analysis of improved diets among 5847 medical trainees, providers and patients. *Public Health Nutr.* 2022;25(2):281-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
39. Lehne M, Sass J, Essenwanger A, Schepers J, Thun S. Why digital medicine depends on interoperability. *npj Digital Medicine.* 2019;2(1). [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
40. Brown B. Heartbeat electrical signature protects medical records. *Health Tech Insider.* November 27, 2017. Available from: [[Link](#)]
41. Vellido A. Societal issues concerning the application of artificial intelligence in medicine. *Kidney Dis (Basel).* 2019;5(1):11-7. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
42. Castagno S, Khalifa M. Perceptions of artificial intelligence among health-care staff: a qualitative survey study. *Front Artif Intell.* 2020;3:578983. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
43. Ardini W, Bardosono S. Personalized Nutrition: How to make it possible? *World Nutrition Journal.* 2019;3(1):1-4. [[Crossref](#)]
44. O'Donovan CB, Walsh MC, Nugent AP, McNulty B, Walton J, Flynn A, et al. Use of metabotyping for the delivery of personalised nutrition. *Mol Nutr Food Res.* 2015;59(3):377-85. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
45. Rollo ME, Haslam RL, Collins CE. Impact on dietary intake of two levels of technology-assisted personalized nutrition: a randomized trial. *Nutrients.* 2020;12(11):3334. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
46. Abrahams M, Matusheski NV. Personalised nutrition technologies: a new paradigm for dietetic practice and training in a digital transformation era. *J Hum Nutr Diet.* 2020;33(3):295-8. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
47. Abrahams M, Frewer LJ, Bryant E, Stewart-Knox B. Personalised nutrition technologies and innovations: a cross-national survey of registered dietitians. *Public Health Genomics.* 2019;22(3-4):119-31. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
48. Hickson M, Child J, Collinson A. Future Dietitian 2025: informing the development of a workforce strategy for dietetics. *J Hum Nutr Diet.* 2018;31(1):23-32. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
49. van de Sande D, Van Genderen ME, Smit JM, Huiskens J, Visser JJ, Veen RER, et al. Developing, implementing and governing artificial intelligence in medicine: a step-by-step approach to prevent an artificial intelligence winter. *BMJ Health Care Inform.* 2022;29(1):e100495. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]