



ANKARA SAĞLIK HİZMETLERİ DERGİSİ
Ankara Journal of Health Services
Yayın Hayatında 23.yıl



Cilt/Volume: 22 Sayı/Number: 1

EDİTÖR
Yasemin G. İŞGÖR
EDİTÖR YARDIMCISI
Özge ÖZDEMİR

ANKARA SAĞLIK HİZMETLERİ DERGİSİ

Ankara Journal of Health Services

ISSN: 2667-6044

Cilt (Volume):22 ; Sayı(Number): 1; Basım Tarihi (Date Published) : 2 Ocak (January) 2025

EDİTÖR

Yasemin G. İŞGÖR

EDİTÖR YARDIMCILARI

Özge Özdemir

BİLİMSEL DANIŞMA KURULU

Prof. Dr. Aykut Özkul, Ankara Üniversitesi, Ankara

Prof. Dr. Sulhiye Yıldız, Ankara Üniversitesi, Ankara

Prof. Dr. Çiğdem Elmas, Gazi Üniversitesi, Ankara

Prof. Dr. İbrahim C. Haznedaroğlu, Hacettepe Üniversitesi, Ankara

Prof. Dr. Nihal Mamatoğlu, İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu

Prof. Dr. Azra Bozcaarmutlu, İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu

Prof. Dr. Yasemin G. İşgör, Ankara Üniversitesi, Ankara

Doç. Dr. Perihan Şenel Tekin, Ankara Üniversitesi, Ankara

ANKARA SAĞLIK HİZMETLERİ DERGİSİ

Ankara Journal of Health Services

Cilt/Volume: 22 Sayı/Number:1 Ocak/january 2025

SAHİBİ

Ankara Üniversitesi
Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Adına
Yüksekokul Müdürü

Bahadır BOYACIOĞLU

SORUMLU YAZI İŞLERİ MÜDÜRÜ

Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu
Yüksekokul Sekreteri

Mehmet Ali YILDIRIM

YAZIŞMA ADRESİ

Ankara Üniversitesi
Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu
Fatih Cad. 197/A
06290-Keçiören / ANKARA

Tel: 0312-3573242

Fax: 0312-3804868

e- posta:

ashd@ankara.edu.tr

isgor@ankara.edu.tr

Web Sayfası:

<http://dergipark.gov.tr/ashd/>

ISSN: 2667-6044

Basım Tarihi: 2/1/2025
Dizgi, Düzenleme ve Basım
ASHD Editörler Kurulu

Yayın Türü

Yerel Süreli Elektronik Yayın (E-Yayın)
Ankara Sağlık Hizmetleri Dergisi, Ankara Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu'nun
yayın dili Türkçe ve İngilizce olan, yaşam bilimleri temalı, yılda 2 defa elektronik yayınlanan,
Ulusal Hakemli Dergisidir.
Dergide yer alan yazılarla ilgili yasal sorumluluk ilgili yayının yazarlarına aittir.

İçindekiler/Contents

ASHD Dergi Künyesi.....i-ii

Editör Köşesi.....iv-v

Araştırma Makalesi/Research Article

Geriatrik Bireylerde Düşme Riskini Önleme Stratejisi Bakımından Ayakkabı Ergonomisi.....1-10
Ayşegül Atlı ve Bahar Anaforoğlu Külünkoğlu

Biyodozimetreler: Radyasyon Tespit ve İzlemede Gelişmeler.....11-34
Başak Ünver Koluman , Meltem Delimanlar , Atakan Konukbay ve Ahmet Koluman

Sağır Yetişkinlerin İşiten Çocuklarının (CODA) Aile ve İletişim Deneyimleri.....35-48
Nuran Korkmaz Odabaş

Tekerlekli Sandalye Kullanan Bireylerde Basınç Yaralanmalarını Önlemeye İlişkin Hemşirelik Yaklaşımları.....49-58
Neslihan İstek ve Zehra Göçmen Baykara

Değerli Okurlar,

Akademik ilerlemede büyük emeklerle ortaya konulan çalışmaların yayınlanması önemli bir süreç olarak ortaya çıkmakta ancak bu sürecin etkin işlemesi için de hakemlik faaliyetlerinde görev alınması bir o kadar önem arz etmektedir. Sürecin sağlıklı işlemesi derginin indeks durumuna bakılmaksızın ana unsur olan editoryal sürecin sekreteryasından sonra ana adım olan hakemlik sürecinin sağlıklı işlemesine bağlıdır. Diğer taraftan dergilere indekslerde yer alması için rutin yayın açısından destek vermediğimiz hergün indekslere girme ve tanınırlığı arttırmada yapay bir yol alan şirket bazlı ve mali destek gerektiren yolları seçmek gerekmektedir. Ancak bu yolun seçilmesi, akademisyenlerin özveriyle yaptığı ve gönüllülük esaslı yürütülen editoryal ve hakemlik süreçlerinin artık ücretsiz yürütülmemesine, şirket bazlı desteklerle danışmanlık, basım düzenlemeleri ve veri saklama alt yapısı ile bunun düzenli kontrolü için çıkan maliyetin yazarlara yansıtılmasına neden olacaktır. İndekslerde yer alarak hızlıca ilerleyen çoğu derginin bu tip bir danışmanlık hizmeti aldığı, yayın aşamasında yazarlardan basım ücreti talep edildiği veya kurumsal olarak bütçe sağlanarak bu süreçlerin yürütüldüğü bilinmektedir. Okurlarımıza önerimiz Türkçe dilinde yaygın bir bilimsel etki oluşturacak dergilere kavuşmak için bu dergilere yazar, hakem, teknik danışman ve editoryal süreç parçası olarak gönüllü olmalarıdır. En azından uzun vadede tüm ücretsiz hakemli ve ulusal indeksli dergilerimizin uluslararası indekslere taşınma sürecinde birikecek arşiv belgeleri için server maliyetleri dışında bir maliyet çıkmadan yazarlarımıza yayın yapabilme şansı tanımış olabileceğiz.

Değerli Okurlar,

ASHD dergisi bu sayısında üç Türkçe ve bir İngilizce çalışmayla karşınıza çıkıyor. Bu yayınlardan ilki toplum geriatrik bireylerin çok sık görülen denge kaybına bağlı düşme riski ve bu riski önlemede stratejik açıdan ayakkabı ergonomisinin önemini irdeliyor. Pek çok faktöre bağlı olan düşme riskini azaltmada düzgün basmayı, konforlu ama güvenli yürümeyi sağlayan ayakkabıların en sık görülen denge kaybı ve beraberindeki düşme ve düşmeye bağlı yaralanmaları azalttığını gösteren çalışmalar irdelenmiştir. Özellikle yaşlı nüfusun artışıyla beraber sıklığı artan günümüzün bu güncel sorununa değinen bir derleme olması açısından değerli bir çalışma olarak ortaya çıkmaktadır.

Yeni sayıda karşınıza çıkan ikinci çalışma ise tıptan çevre sağlığı ve endüstriye dek çok alanda yer alan radyoaktif materyale maruziyet ve burada kullanılan dosimetrelerin kullanım ve çeşitliliğindeki güncel gelişmeleri irdelemektedir. Sağlık sektöründe çok önemli bir yeri olan radyoaktif görüntüleme ve tedavi tekniklerinden aşına olunan radyoaktif maruziyet gözlem aracı olan biyodozimetrelerin farklı alanlardaki

kullanımları, tür ve özellikleri ile güncel teknolojileri hakkında oldukça doyurucu bilgi sunan bu İngilizce derleme, bu alanda çalışan ve ilgili olanlar için teknik bilgi ve terminoloji geliştirmek gibi pek çok açıdan dikkat çekmektedir.

Yeni sayımızın üçüncü yayını yine bir derleme makalesidir ve sağır ebeveynlerin işitme engeli olmayan çocuklarının yaşadığı aile ve toplumsal iletişim deneyimlerini ele almaktadır. Toplumda işitsel iletişimin merkezi önemi olması, sağır yetişkinlerin işiten çocuklarına aile ve toplumun dolaylı sorumluluk yüklemesi gibi ortaya çıkan sorunların etkilerinin de değinildiği bu derleme, konusu ve toplumsal önemi ile çözüm yolları arayanlar için kaynak olması açısından çok değerli bir derleme olarak sayımızda yer almaktadır.

Bu sayımızın son makalesi ise engelli bireylerin yaşam kalitesini olumsuz etkileyen tekerlekli sandalye kullanımında karşılaştıkları basınç yaralarının önlenmesinde hemşirelik yaklaşımlarını ele alıyor. Bu derleme, sadece hemşirelik açısından değil, bireysel olarak engelli bireyin mobilitesini arttırırken yaşam kalitesini düşmesine neden olan yaraların engellenmesi için bakımdan beslenmeye izlenmesi gereken önemli tedbir ve uygulamalar konusunda özet ama etkin bilgiler içermesi açısından değerli bir çalışma olarak karşınıza çıkıyor.

Değerli Okurlar,

mevcut sayımıza büyük emek vererek hazırladıkları çalışmalarıyla katkı sunan yazarlarımıza ve bu çalışmaları özveriyle değerlendiren hakemlerimize değerli katkıları için teşekkür ediyor, yeni sayımızda okurlarımıza bilimsel çalışma ve derleme bilgi sunan çok sayıda yayınlarla ulaşabilmek için desteklerinizi bekliyoruz.

İyi okumalar dileğiyle,

ASHD Editör

Prof. Dr. Yasemin G. İŞGÖR

Geriatrik Bireylerde Düşme Riskini Önleme Stratejisi Bakımından Ayakkabı Ergonomisi

Ayşegül Atlı¹, Bahar Anaforoğlu Külünkoğlu²

(1) Ankara Üniversitesi, Haymana Meslek Yüksekokulu, Fizyoterapi Programı, Ankara, Türkiye.

(2) Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi Bölümü, Ankara, Türkiye.

Sorumlu yazar: Atlı, Ayşegül; atlia@ankara.edu.tr

Makale Gönderim: 14 Nisan 2024, Revizyon: 9 Ağustos 2024, Makale Kabul: 1 Ocak 2025, Makale Yayım: 3 Ocak 2025

ÖZ

Geriatrik bireylerde düşmeler başlıca geriatrik sendromlardan biridir ve bu popülasyondaki kırılabilirliğin açık bir göstergesidir. Düşmelerin sonuçları arasında yaralanmalar, kırıklar, immobilité, depresyon, fiziksel bağımlılık ve sağlık sistemleri üzerinde önemli bir ekonomik yük yer almaktadır. Düşmeler ilk olduğunda ya da tekrarladığında, düşme nedeninin birçok faktöre bağlı olduğu göz önüne alınırsa, düşme riskinin çok faktörlü değerlendirmesi de önem kazanmaktadır. Düşmelere bağlı yaralanmalar ergonomik olmayan ayakkabı seçimiyle ilişkili olabileceğinden, sağlık uzmanları tarafından ayakkabı özellikleri düşme riskini önleme stratejisi bakımından önemli bir yere sahiptir. İyi oturan uygun ayakkabılar geriatrik bireylerin yürütmesine yardımcı olmaktadır. Bu bireyler arasında çıplak ayakla dolaşmak, çorap giymek ve evde terlik giymek yaygındır. Bu nedenle düşme riski olan geriatrik bireylerde mümkün olduğunca kapalı alanlarda ayakkabı giymeleri önerilmektedir. Düşme riskini azaltmak amacıyla hem evin içinde hem de dışında kaymaz tabanlı, daha iyi oturan ayakkabıların kullanılması tavsiye edilir. Geriatrik popülasyonda konfor, daha iyi denge ve yaralanma riskini azaltmak için alçak topuklu, kaymaz tabanlı ve daha geniş çerçeveli ayakkabıların kullanımı bu alanda yapılan çalışmaların sonuçları ile desteklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Geriatri, Düşme Riski, Ayakkabı, Ergonomi.

Shoe Ergonomics in Terms of Fall Risk Prevention Strategy in Geriatric Individuals ABSTRACT

Falls in geriatric individuals are one of the major geriatric syndromes and a clear indicator of frailty in this population. The consequences of falls include injuries, fractures, immobility, depression, physical dependency, and a significant economic burden on healthcare systems. Considering that the cause of falls depends on many factors, when falls occur for the first time or recur, multifactorial evaluation of fall risk also becomes important. Since injuries due to falls may be associated with non-ergonomic shoe selection, shoe features are evaluated by healthcare professionals as a fall risk prevention strategy. Well-fitting and appropriate shoes help geriatric individuals walk. It is common for these individuals to walk barefoot, wear socks without shoes, and wear slippers at home. For this reason, geriatric individuals at risk of falling should be advised to wear shoes indoors as much as possible. To reduce the risk of falling, it is recommended to use better-fitting shoes with non-slip soles both inside and outside the house. The literature supports the use of shoes with low heels, non-slip soles and wider frames to provide comfort, better balance and less risk of injury in the elderly population.

Keywords: Geriatrics, fall risk, shoes, ergonomics.

1. Giriş

Geriatrik bireylerde düşme ve düşmeye bağlı yaralanmaların görülme oranı yüksektir ve bu oranın yılda yaklaşık %30 olduğu rapor

edilmektedir. Diğer yaş gruplarına göre düşme oranının daha yüksek olmasının yanı sıra düşme riski, kırılabilirlik şiddeti fazla olan geriatrik bireyler ve huzurevinde yaşayan geriatrik bireylerde daha da fazladır [1]. Düşmelerin sonuçları arasında yaralanmalar, kırıklar, immobilité, depresyon, fiziksel bağımlılık ve sağlık sistemleri üzerinde önemli bir ekonomik yük yer almaktadır [2]. Yaşlanan küresel nüfusla birlikte, düşme riskini azaltmak ve düşmeye bağlı yaralanmaları önlemek amacıyla 65 yaş ve üstü bireyler için düşmelerin önlenmesi ve yönetimi için çeşitli klinik uygulama kılavuzları geliştirilmiştir. Düşmeyi önlemek amacıyla geliştirilen bu kılavuzların 15'inden 12'si ayakkabı değerlendirmesi ve müdahalesi ile düşmeyi önleme eğitimi önermektedir [3-5].

Ayakkabı, ayak ve ayak bileğine yönelik somatosensoriyel geri bildirimi ve ayakkabı/zemin arasında sürtünmeyi değiştirerek dengeyi etkilemektedir [6]. Dengenin olumsuz yönde etkilenmesi özellikle geriatrik bireylerde kayma, takılma ve düşme riskini artırmaktadır. Dış mekanlarda yüksek topuklu ayakkabılarla yürümenin geriatrik bireylerde ayakkabıya bağlı düşme riskini en çok artıran faktör olduğu bildirilmiştir [7]. Bu faktöre ek olarak geriatrik bireylerde giyilen ayakkabının özellikleri de denge ve yürüme stabilitesini etkilediği bildirilmiştir [8]. Pek çok geriatrik birey, ergonomik açıdan uygun ayakkabı giymediği için yaşlanmaya bağlı düşme riski daha da artırmaktadır. Bu nedenle ergonomik açıdan uygun ve güvenli ayakkabı kullanımını düşmeyi önlemede etkili bir strateji olabilir.

Ayakkabı kullanımının ayak yapısını etkileyerek ayak pozisyonunu ve mekaniğini değiştirdiği bilinmektedir [9]. Antropolojik kanıtlar ayakkabıların yaklaşık 40.000 yıl önce giyilmeye başladığını göstermektedir [10]. Tarihte ilk başta ayakkabıların ayağın yaralanmasını önlemek

amacıyla kullanıldığı görülmektedir. Günümüzde ayakkabılar karmaşık moda ürünlerine doğru evrildikçe ve tasarımları giderek estetiğe bağımlı hale geldikçe, ayak işlevi üzerindeki olumsuz etkiler de yarattığı görülmektedir. Ayak patolojileri, geriatrik bireylerde %80 gibi oldukça yüksek bir oranda görülmektedir. Bunun altında yatan en temel nedenlerden birinin uygunsuz ayakkabı kullanımı olduğu gösterilmiştir [11]. Menz ve ark.'ın çalışmasında vakaların %87'sinin en az bir ayak problemi olduğu ve bu problemlerin azalan yürüme performansı ve düşme riski ile önemli ölçüde ilişkili olduğunu belirtmiştir [7]. Geriatrik bireylerde ayak patolojileri günlük yaşam aktivitelerini gerçekleştirmelerini giderek zorlaştırmaktadır [12]. Sonuç olarak, bu durum yaşam kalitesinde genel bir düşüş olarak belirtilen fiziksel hareketsizliğe yol açmaktadır. Bu derleme, geriatrik bireylerde düşme riskini önlemek için geliştirilen stratejilerden ayakkabı ergonomisi ve ilişkili ayak patolojilerini anlamak için genel bir temel oluşturmayı amaçlamaktadır.

1.1. Geriatrik Bireylerde Ayakkabı Kullanımının Etkisi

Geriatrik bireylerde ergonomiye uygun olmayan ayakkabı giymek yürüme sırasında önemli bir faktör olan adım uzunluğunu azaltmaktadır [13]. Bu durum yaşla birlikte doğal olarak azalan yürüme hızının daha da azalmasına neden olmaktadır. Yürüyüş sırasında görülen diğer önemli değişimler ise; çift destek, duruş ve adım alma süresinin azalması, sallanma süresinin artmasıdır [14]. Bu değişimler bireylerin dengesinin daha kolay bozulmasına yol açarak düşme riskini arttırmaktadır.

Ayağın yük taşıma mekanizmalarını etkileme potansiyeline ek olarak, ayakkabıların uzun süreli kullanımı ayağın anatomik yapısını da etkileyebilir. Sivri ve kapalı burunlu ayakkabılar, ayak parmağı kutusu içindeki alanın kısıtlanması, potansiyel olarak şu anda yaygın kabul edilen ayak

parmağı patolojilerine katkıda bulunmaktadır. Bu patolojilerin geriatrik bireylerde en sık görülenleri ise: halluks valgus, plantar fasciit ve calcaneal epindir [15]. Özellikle kadınlar bu sorunlara erkeklerden daha duyarlı olduğu bilinmektedir [16]. Yanlış giyilen ayakkabılar ayak patolojisiyle ilişkilendirildiğinden, ayakkabının doğru giyilmesinin geriatrik bireylerde düşme riski açısından önemli olduğu kabul edilmektedir. Birçok çalışmada geriatrik bireylerin ayaklarından daha büyük ayakkabılar kullandıkları bildirilse de ayağına dar olan ayakkabıları da tercih ettikleri görülmektedir [17, 18]. Bu durum ayak patolojilerini artıran ve geriatrik bireyin düşme riskini etkileyen bir durumdur.

Ayakkabıyla ve ayakkabısız yürümek arasındaki önemli farklardan biri medial longitudinal arktaki (MLA) değişimdir. Bu değişiklik ayakkabıyla yürürken MLA'taki uzunluk değişiminin daha az olmasıdır [19]. Bu durum yürürken ayak biyomekaniğini olumsuz etkilemektedir. Ayak yerle temasta iken vücudun yükünün bir kısmını taşır. Bu esnada MLA basınç altında olması nedeniyle düzleşir ve arka binen yük koruma mekanizması ile basıncı plantar fasya boyunca aktararak gerilim oluşturur. Bu gerilim daha sonra itme fazı sırasında kemerin yükselmesine neden olur; bu durum topuk ve metatarsallar arasındaki mesafeyi azaltır. Ayakkabı kullanan kişilerde yürüme sırasında MLA'nın uzunluk değişimindeki azalma, bu mekanizmanın inhibe edildiğini göstermektedir [20]. Bu nedenle geriatrik bireylerde uygun ergonomik ayakkabılar kullanmak ayak biyomekaniğine olumlu katkıda bulunarak hem ayak sağlığı açısından deformitelerinin oluşumunu önleyebileceği gibi hem de düşme riskini azaltmaya yardımcı olacağı düşünülmektedir.

1.2. Geriatrik Bireylerde Ayakkabı Ergonomisi

Ergonomik açıdan alçak topuklu ve geniş temas alanı olan ayakkabılar giymek, geriatrik bireylerin günlük yaşam aktivitelerinde düşme riskini azaltmaktadır [21]. Chantelau [22] çalışmasında uygun ayakkabı tanımı "Yürüme ve ayakta durma sırasında esneme sırasında ayak parmaklarına ekstra alan" sağlamak için ayak parmakları ile ayakkabının ön kısmı arasında 10 ila 15 mm'lik bir boşluğa ihtiyaç olduğu şeklinde yapılmıştır.

Geriatrik bireylerde düşmelerin nedenleri, alt ekstremité proprioepsiyonun zayıflaması, görme bozukluğu, psikoaktif ilaçların yan etkileri, reaksiyon süresinin azalması ve alt ekstremité kas kuvvet kaybı dahil olmak üzere çok faktörlüdür. Bu bireye ait faktörlere ek olarak, düşmelerin çevresel tehlikeler ve ergonomik olmayan ayakkabılar gibi dış faktörlerden de kaynaklanabileceği öne sürülmüştür. Bir çalışmada geriatrik bireylerin yarısından fazlasının ev içinde düşme yaşadıklarında terlik, yalınayak veya çorap giydikleri görülmüştür [23]. Yürüme sırasında meydana gelen düşmelerin, geriatrik bir popülasyonda uygun bir fiksasyon olmaksızın terlik veya ayağına uygun olmayan ayakkabı giymekle bağlantılı olduğu bildirilmiştir. Yüksek topuklu ayakkabılar, geriatrik bireylerde bozulmuş denge ile ilişkilendirilmiştir. Topuk yüksekliği ve genişliği yürüyüş ve duruşu etkilemektedir. Bu nedenle düşme riskini önlemek için geriatrik bireylerde, ev içinde veya huzurevi gibi merkezlerde terlik kullanımının yerine ergonomik açıdan yüksek topuğu olmayan ev ayakkabısı önerilmektedir. Geriatrik bireyler tarafından iç mekân kullanımı için terlik seçiminin ana nedenleri; rahatlık ve düşük maliyet olarak tanımlanmıştır. Birincisi, tüm düşmelerin yarısı ev içinde meydana gelir ve ev içinde düşen geriatrik bireylerin cinsiyet bakımından kadın olma, ileri yaşa sahip olma, fiziksel olarak inaktif olma ve genel sağlıklarının daha kötü olma olasılığı yüksektir. İkinci olarak, terlikler, ergonomik ayakkabılardan daha az destekleyici olma

eğilimindedir. Geriatrik bireyler tarafından en sık tercih edilenler sabitleme eksikliği olan, kalın, yumuşak orta tabanlar ve pürüzsüz dış tabanlar dahil olmak üzere genellikle denge için zararlı olduğu düşünülen tasarım özelliklerini içeren terliklerdir [24]. Genellikle tercih edilen arkası açık terliklerin ilk olarak çok kalın ve yumuşak bir tabanı vardır ve bu tabanın ayak tabanından gelen dokunma duyusuna ait girdiyi azalttığı, böylece ayak pozisyonu hissini ve dengeyi korumak için duruş düzeltmelerini bozduğu düşünülmektedir [25]. İkinci olarak, terliğin üst kısmındaki destek eksikliği ayağın terlik içinde kaymasına neden olur ve kişi terliği yerinde tutmak için ayak hareketini bilinçli olarak değiştirmesini gerektirir[26]. Bu durum da bireylerin düşme riskini artırır. Aynı zamanda sürekli terliği ayağında tutmak için çaba harcaması bilişsel olarak bireyi olumsuz etkiler. Benzer şekilde, yürüme hızı, kadans ve adım uzunluğu ölçümleriyle kanıtlandığı üzere yürüyüş paternlerinin ergonomik ayakkabı giyilirken optimal, arkası açık terliklerle orta ve çoraplarla en kötü durumda olduğu bilinmektedir [25]. Birlikte ele alındığında, bu bulgular ergonomik ayakkabılar düşme riski yüksek olan geriatrik bireyler için en uygun ev ayakkabısıdır [27, 28]. Bu nedenle, düşme riski taşıyan geriatrik bireyler için hem rahat hem de güvenli aynı zamanda ergonomik açıdan ayak biyomekaniğine daha uygun olan ev içi ayakkabıların kullanılması önerilmektedir [29, 30].

Düşme riskini azaltmak amacıyla hem evin içinde hem de dışında kaymaz tabanlı, daha iyi oturan ayakkabıların kullanılması tavsiye edilir [11]. Geriatrik popülasyonda konfor, daha iyi denge ve daha az yaralanma riski sağlamak için alçak topuklu, kaymaz tabanlı ve daha geniş çerçeveli ayakkabıların kullanımını literatür desteklemektedir [31]. Çoklu ayak deformitesi olan kişiler, ayak stabilitesini artırmak ve dengeyi

kolaylaştırmak için ekstra derinlikli, geniş ve alçak topuklu ayakkabılardan yararlanabilir [17].

Ayak deformiteleri, özellikle geriatrik bireylerde ciddi patolojilere yol açabilir, çünkü basit bir sıyrık veya sürtünme, diyabet veya dolaşım bozuklukları gibi sistemik patolojileri olan kişilerde ciddi bir lezyona dönüşebilir. Profesyonellerin ayrıca bu kişileri (veya yasal vasi olarak onlardan sorumlu olan yakınlarını) ayak patolojilerinden kaçınmak için uygun özelliklere sahip kaliteli ayakkabı almanın önemi konusunda bilgilendirebilmeleri gerekmektedir [32].

1.3. Geriatrik bireylerde ayakkabıya bağlı düşme riskini değerlendirme

Düşme, sağlık profesyonellerinin sıklıkla karşılaştığı bir değerlendirme sorunudur [33]. Değerlendirme için iki yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler düşmeye yönelik farklı risk faktörlerinden oluşan kontrol listeleri ve riski tahmin etmeye yönelik sayısal sonuçlara dayanan ölçeklerdir [34]. Kontrol listeleri, personelin en yaygın faktörleri belirlemesine yardımcı olurken, sayısal sonuçlara dayanan ölçekler ise risk faktörlerinin sayısı ile orantılı bir sayısal puan kullanarak bir bireyin riskini tahmin etmek için kullanılır[35]. Kılavuzlar, 65 yaş ve üzeri tüm hastalarına en az yılda bir kez düşme konusunda soru sormaları gerektiğini belirtmektedir [36]. Çünkü düşen geriatrik bireylerin yarısından azı bu konuda sağlık uzmanlarıyla konuşur ve çok az sayıda geriatrik birey kanıta dayalı düşme önleme stratejilerini kullanır. Gelecekteki düşmeleri önlemek için ne yaptıkları sorulduğunda, bu bireylerin genellikle daha dikkatli olduklarını belirttikleri bilinmektedir [37]. Ancak daha dikkatli olmanın tek başına düşmeleri önlediğine dair hiçbir kanıt yoktur. Bu nedenle hastaları düşme riski açısından değerlendirerek ve onları kanıta dayalı önleme stratejileri benimsemeye teşvik ederek, hastaların düşme ve fonksiyonel düşüş, düşmeye bağlı yaralanma veya ölüm gibi olumsuz etkilerin olasılığını azaltmalarına

yardımcı olmak çok önemlidir. Bu nedenle değiştirilebilir düşme risk faktörlerini tanımlamak, düşmeyi önlemeye dair çalışmalarda sürekli olarak vurgulanmaktadır[38]. Bu bakımdan düşme riski üzerindeki ayak ve ayakkabılarla ilgili etkiler, düşme riski faktörlerinin çok faktörlü değerlendirmesinin önemli bir parçası olarak tanımlanmaktadır [39]. Geriatrik Yetişkinlerde Düşmeyi Önlemeye Yönelik Koordineli Bakım Planı [5], plantar duyunun azalması, ayak deformitelerinin varlığı ve "iyi ark destekleri, topuk desteği ve iyi tutuşa sahip sağlam tabanlar" içeren ayakkabıların kullanılması dahil olmak üzere genel öneriler sunar. Ayakkabıya bağlı düşmeleri önlemek için yapılan değerlendirmelerde bu tanımlanan ayakkabının özelliklerini içerip içermediği kontrol edilmelidir [39].

Standart ayakkabı olarak tanımlanan topuk yüksekliği 2,5 cm veya daha kısa olan ayakkabılarla ayakta durma ile daha yüksek topuklu ayakkabılarla ayakta durma aktivitesi kıyaslandığında geriatrik bireylerin daha fazla postüral sallanmaya sahip olduğu görülmüştür [40]. Yüksek topukların aynı zamanda çift destek süresini, topuk vuruşunda topuk yatay hızını ve ayak parmağı açıklığını arttırdığı da bulunmuştur. Bu nedenle 2,5 cm'den yüksek topuklu ayakkabı giyiyor olmak düşme riskini artıran ve değerlendirmede göz önüne alınması gereken önemli bir ayakkabı özelliğidir [41].

Evde veya huzurevinde yaşayan geriatrik bireyler arasında ayakkabı kullanımı bakımından farklılık olabilmektedir [42]. Huzurevinde yaşayan bireylerin gün içinde sağlık personeli gözetimi altında olduklarında uygun ayakkabı kullanım oranlarını arttırabilmektedir. Fakat evde yaşayan geriatrik bireylerde ayakkabı kullanım oranının düşük olup, bunun yerine arkası açık terlik kullanımının daha yaygın olduğu görülmektedir [17]. Bu bakımdan ayakkabı giymeden yürümek

düşme riskini artırdığı ayrıca terlik giyerken düşenlerin ciddi yaralanma riskinin daha yüksek olduğu bilinmektedir [43]. Evin içinde çıplak ayakla yürümek, sadece çorap giymek ve çorap giymek düşme riski bakımından değerlendirilmesi gereken ayakkabı özellikleri arasında yer almaktadır [41]. Kadın geriatrik bireylerin kapalı alanlarda, erkek geriatrik bireylerin ise daha çok açık alanlarda düşme eylemini gerçekleştirdiği bilinmektedir [23]. Bu nedenle ayakkabı değerlendirmesi yaparken cinsiyet ve ayakkabının kullanım alanının da mutlaka değerlendirmeye alınması gereklidir. Buna ek olarak sandaletler postüral stabiliteyi olumsuz etkileyebilir bu nedenle değerlendirme kapsamında sandalet, parmak arası terlik ve arkası açık terlik olarak çeşitlendirme yapılmalıdır [44].

Atletik/kanvas (spor) ayakkabıların, düşme riskinin en düşük olduğu ayakkabı türü olduğu rapor edilmiştir [40]. Koepsell ve ark.'nın çalışmasında atletik/kanvas ayakkabılarla karşılaştırıldığında diğer ayakkabıları (stile göre değişmekle birlikte) kullanan bireylerin düşme riskinde 1,3 kat artış ile sonuçlandığı gösterilmiştir. Yürüyüş laboratuvarı çalışmalarından elde edilen bulgulara, atletik/kanvas ayakkabıları kullanan geriatrik bireylerin günlük aktiviteler sırasında düşme riskinin azaldığı ve aynı katılımcıların ayakkabı giymediğinde düşme riskinin belirgin şekilde arttığı bildirilmiştir [45].

Ayaklar, hareket sırasında çevreyle etkileşimin birincil temas yüzeyini sağlar. Bu nedenle, yaralanmaların önlenmesi, risk yönetimi ve genel sağlık korunması ve geliştirilmesi için ayak problemlerini erken bir aşamada teşhis etmek önemlidir. Ayak sağlığını ölçmeye yönelik yaygın kullanılan bir yaklaşım, ayağın plantar basınç özelliklerinin incelenmesidir [46]. Bu amaçla hem statik hem de dinamik şartlarda plantar basınç dağılımını değerlendiren, hareket analiz

laboratuvarlarında kullanılan yürüyüş platformuna gömülü kuvvet plakları sistemler mevcuttur [20]. Bunun yanı sıra esnek ve taşınabilir ayakkabı içine yerleştirilen basınç sensörleri ile de ölçüm yapılabilir [47]. Sağlık hizmetleri açısından, basınç dağılımları geriatrik bireylerde ve diğer denge bozukluğu olan bireylerde yürüyüş instabilitesi ile ilişkilendirilebilir. Ayak taban basıncı ile ilgili elde edilen bilgiler geriatriklerde dengeyi iyileştirmek için kullanılabilir [48].

Tip 2 diyabetli geriatrik bireylerin düşme riski, aynı yaştaki sağlıklı yetişkinlere göre daha yüksektir [49]. Bu durumun altında yatan başlıca risk faktörleri arasında hipertansiyon, diyabet, ağrı, yaş, polifarmasi, diyabete bağlı periferik nöropatiye sekonder güç kaybı, duyu algısı kaybı, denge kaybı ve kognitif işlevlerde azalma yer almaktadır [50]. Tip 2 diyabetin toplumdaki geriatrik bireylerde yaygın olması nedeniyle bu hastalar ile ayak taban sensörlerini içeren çalışmalar oldukça yaygındır [51],[52] Diyabetli bireylerde kullanılan ayakkabılarda kayma ve basınç gerilmesini önlemeye yönelik yeni ayakkabı tasarımları güncel çalışmalarda yer almaktadır [53]. Kliniklerde değerlendirme için kullanılan formlar (Ayakkabı Değerlendirme Formu) olduğu gibi ayakkabı içine yerleştirilen özellikle basınca duyarlı sensörlerle çalışan sistemler bulunmaktadır [54].

1.4. Sosyoekonomik bakımdan ayakkabı kullanımının ergonomik yönü

En sık görülen ayak patolojilerinde ilk tedavi yöntemi olarak ameliyatsız yaklaşımlar tercih edilmektedir. Etkilenen bölgedeki baskıyı ayarlamak veya hafifletmek için önlemler alınır [55]. Bu önlemler için tedavinin ilk seçeneği olarak daha geniş ve burun kısmı yüksek ayakkabılar tercih edilmektedir. Aynı zamanda ayak ark desteğini iyileştirerek dengeyi kolaylaştırmak için de kullanılır, bu da ağırlık taşıma manevraları

sırasında ayağın genişliğini azaltabilir. Geriatrik bireylerde uygun ayakkabı kullanımı sosyoekonomik faktörlerle ilişkilidir[56]. 75 yaş üstü kadınların yoksul olma olasılığı diğer geriatrik bireylere oranla daha fazladır. Sosyal güvenlik gibi yerleşik mali programlar sayesinde, geriatrik bireylerin büyük çoğunluğu günümüzde sosyoekonomik açıdan desteklenmektedir [57]. Yaşam koşullarındaki değişiklikler sıklıkla geriatrik bireylerin sosyoekonomik durumlarını kötüleştirebilir [58]. İyi olmayan sağlık koşulları ve buna bağlı olarak azalan sosyoekonomik gücün azalması klinik bakımda hastalığın yönetimini zorlaştırabilir [59]. Bu tür sosyoekonomik kısıtlamalar karşısında, uygun ayakkabılar genellikle sonradan akla gelen bir düşüncedir. Sonuç olarak klinik bakımda artan harcamalar geriatrik bireylerin önerilerden tamamen vazgeçmesine neden olabilir [60, 61].

2.Sonuç

Geriatrik bireylerde ayakkabı giymeyle ilgili yaygın sorunlar uzun süredir önemli bir sorun olarak kabul edilmektedir. Özellikle kadınlar bu sorunlara erkeklerden daha duyarlıdır. Ayak patolojisi olan geriatrik bireyler ciddi fiziksel bozukluklara sahiptir ve bu da günlük yaşam aktivitelerini gerçekleştirmeyi giderek zorlaştırmaktadır. Sonuç olarak bu durum, yaşam kalitesinde bozulmanın ve genel düşüşün ilk belirtilerinden biri olarak gösterilen fiziksel hareketsizliğe yol açmaktadır. Düşmelerin önlenmesi aynı zamanda geriatrik bireyler ve onların bakım verenleri için bu ayakkabı önerileriyle ilgili olarak eğitimleri de içermelidir. Çünkü düşme riskini önleme stratejisinde ergonomik ayakkabı geriatrik bireyler için önemli bir faktördür. Ev içinde ve dışında giyilen ergonomik ayakkabıların kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalarda düşme risk faktörlerini göz önüne alan daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır. Son olarak somatosensoriyel eğitimin postür kontrolünde potansiyel faydaları bilinmektedir.

Bu nedenle uyarıcı tabanlıkların daha da geliştirilmesini içeren çalışmaların literatürde yer alması gerektiğini düşünüyoruz.

Bilgi Notu: Yazarın kurumsal ve kişisel çıkar çatışmaları bulunmamaktadır. Bu araştırma için, kamu, ticari veya kâr amacı gütmeyen sektörlerdeki finansman kuruluşlarından destek alınmamıştır. Yazarın ORCID numarası: <https://orcid.org/0000-0003-4879-1553>

Etik onay: Etik kurul onayına gerek yoktur.

Kaynakça

- [1]. B. Pellicer-García, I. Antón-Solanas, E. Ramón-Arbués, L. García-Moyano, V. Gea-Caballero, and R. Juárez-Vela, "Risk of Falling and Associated Factors in Older Adults with a Previous History of Falls," (in eng), *Int J Environ Res Public Health*, vol. 17, no. 11, Jun 8 2020.
- [2]. R. Vaishya and A. Vaish, "Falls in Older Adults are Serious," (in eng), *Indian J Orthop*, vol. 54, no. 1, pp. 69-74, Feb 2020.
- [3]. "Guideline for the prevention of falls in older persons. American Geriatrics Society, British Geriatrics Society, and American Academy of Orthopaedic Surgeons Panel on Falls Prevention," (in eng), *J Am Geriatr Soc*, vol. 49, no. 5, pp. 664-72, May 2001.
- [4]. D. Jung, S. Shin, and H. Kim, "A fall prevention guideline for older adults living in long-term care facilities," (in eng), *Int Nurs Rev*, vol. 61, no. 4, pp. 525-33, Dec 2014.
- [5]. M. M. Montero-Odasso, N. Kamkar, F. Pieruccini-Faria, A. Osman, Y. Sarquis-Adamson, J. Close, D. B. Hogan, S. W. Hunter, R. A. Kenny, L. A. Lipsitz, S. R. Lord, K. M. Madden, M. Petrovic, J. Ryg, M. Speechley, M. Sultana, M. P. Tan, N. van der Velde, J. Verghese, and T. Masud, "Evaluation of Clinical Practice Guidelines on Fall Prevention and Management for Older Adults: A Systematic Review," (in eng), *JAMA Netw Open*, vol. 4, no. 12, p. e2138911, Dec 1 2021.
- [6]. J. C. Menant, J. R. Steele, H. B. Menz, B. J. Munro, and S. R. Lord, "Optimizing footwear for older people at risk of falls," (in eng), *J Rehabil Res Dev*, vol. 45, no. 8, pp. 1167-81, 2008.
- [7]. H. B. Menz, M. Auhl, and M. J. Spink, "Foot problems as a risk factor for falls in community-dwelling older people: A systematic review and meta-analysis," (in eng), *Maturitas*, vol. 118, pp. 7-14, Dec 2018.
- [8]. T. Cudejko, J. Gardiner, A. Akpan, and K. D'Août, "Minimal shoes improve stability and mobility in persons with a history of falls," (in eng), *Sci Rep*, vol. 10, no. 1, p. 21755, Dec 10 2020.
- [9]. S. Franklin, M. J. Grey, N. Heneghan, L. Bowen, and F. X. Li, "Barefoot vs common footwear: A systematic review of the kinematic, kinetic and muscle activity differences during walking," (in eng), *Gait Posture*, vol. 42, no. 3, pp. 230-9, Sep 2015.
- [10]. E. Trinkaus and H. Shang, "Anatomical evidence for the antiquity of human footwear: Tianyuan and Sunghir," *Journal of Archaeological Science*, vol. 35, no. 7, pp. 1928-1933, 2008.
- [11]. T. C. Ikpeze, A. Omar, and J. H. Elfar, "Evaluating Problems With Footwear in the Geriatric Population," (in eng), *Geriatr Orthop Surg Rehabil*, vol. 6, no. 4, pp. 338-40, Dec 2015.
- [12]. D. E. Warburton, C. W. Nicol, and S. S. Bredin, "Health benefits of physical activity: the evidence," (in eng), *Cmaj*, vol. 174, no. 6, pp. 801-9, Mar 14 2006.
- [13]. H. Nagano, "Gait Biomechanics for Fall Prevention among Older Adults," *Applied Sciences*, vol. 12, no. 13. doi: 10.3390/app12136660
- [14]. M. M. O. Elhadi, C. Z.-H. Ma, W. K. Lam, and W. C.-C. Lee, "Biomechanical approach in facilitating long-distance walking of elderly people using footwear modifications," *Gait &*

- Posture, vol. 64, pp. 101-107, 2018/07/01/ 2018.
- [15]. L. Mulquiny and J. Oakman, "Australian podiatrists' understanding and current practices of reablement for older people: a qualitative exploratory study," (in eng), J Foot Ankle Res, vol. 15, no. 1, p. 82, Nov 8 2022.
- [16]. H. B. Menz and S. R. Lord, "The contribution of foot problems to mobility impairment and falls in community-dwelling older people," (in eng), J Am Geriatr Soc, vol. 49, no. 12, pp. 1651-6, Dec 2001.
- [17]. B. O'Rourke, M. E. Walsh, R. Brophy, S. Vallely, N. Murphy, B. Conroy, C. Cunningham, and N. F. Horgan, "Does the shoe really fit? Characterising ill-fitting footwear among community-dwelling older adults attending geriatric services: an observational cross-sectional study," (in eng), BMC Geriatr, vol. 20, no. 1, p. 55, Feb 13 2020.
- [18]. A. K. Buldt and H. B. Menz, "Incorrectly fitted footwear, foot pain and foot disorders: a systematic search and narrative review of the literature," (in eng), J Foot Ankle Res, vol. 11, p. 43, 2018.
- [19]. H. B. Menz, "Biomechanics of the Ageing Foot and Ankle: A Mini-Review," (in eng), Gerontology, vol. 61, no. 4, pp. 381-8, 2015.
- [20]. R. L. Krupenevich, W. H. Clark, S. F. Ray, K. Z. Takahashi, H. E. Kashefsky, and J. R. Franz, "Effects of age and locomotor demand on foot mechanics during walking," (in eng), J Biomech, vol. 123, p. 110499, Jun 23 2021.
- [21]. A. Davis, T. Haines, and C. Williams, "Do footwear styles cause falls or increase falls risk in healthy older adults? A systematic review," Footwear Science, vol. 11, no. 1, pp. 13-23, 2019.
- [22]. E. Chantelau and A. Gede, "Foot dimensions of elderly people with and without diabetes mellitus - a data basis for shoe design," (in eng), Gerontology, vol. 48, no. 4, pp. 241-4, Jul-Aug 2002.
- [23]. J. L. Kelsey, S. D. Berry, E. Procter-Gray, L. Quach, U. S. Nguyen, W. Li, D. P. Kiel, L. A. Lipsitz, and M. T. Hannan, "Indoor and outdoor falls in older adults are different: the maintenance of balance, independent living, intellect, and Zest in the Elderly of Boston Study," (in eng), J Am Geriatr Soc, vol. 58, no. 11, pp. 2135-41, Nov 2010.
- [24]. H. B. Menz, M. Auhl, and S. E. Munteanu, "Effects of indoor footwear on balance and gait patterns in community-dwelling older women," Gerontology, vol. 63, no. 2, pp. 129-136, 2017.
- [25]. K. C. Broscheid and A. Zech, "Influence of Barefoot, Minimalist, and Standard Footwear Conditions on Gait and Balance in Healthy Older Adults," (in eng), J Am Geriatr Soc, vol. 64, no. 2, pp. 435-7, Feb 2016.
- [26]. R. G. Dunne, A. B. Bergman, L. W. Rogers, B. Inglin, and F. P. Rivara, "Elderly persons' attitudes towards footwear--a factor in preventing falls," (in eng), Public Health Rep, vol. 108, no. 2, pp. 245-8, Mar-Apr 1993.
- [27]. P. L. Li, K. L. Yick, J. Yip, and S. P. Ng, "Influence of Upper Footwear Material Properties on Foot Skin Temperature, Humidity and Perceived Comfort of Older Individuals," (in eng), Int J Environ Res Public Health, vol. 19, no. 17, Aug 31 2022.
- [28]. J. L. Kelsey, E. Procter-Gray, U. S. Nguyen, W. Li, D. P. Kiel, and M. T. Hannan, "Footwear and Falls in the Home Among Older Individuals in the MOBILIZE Boston Study," (in eng), Footwear Sci, vol. 2, no. 3, pp. 123-129, Sep 2010.
- [29]. J. S. Wrobel, P. Ammanath, T. Le, C. Luring, J. Wensman, G. S. Grewal, B. Najafi, and R. Pop-Busui, "A novel shear reduction insole effect on the thermal response to walking stress, balance, and gait," (in eng), J Diabetes Sci Technol, vol. 8, no. 6, pp. 1151-6, Nov 2014.
- [30]. T. J. Lane, K. B. Landorf, D. R. Bonanno, A. Raspovic, and H. B. Menz, "Effects of shoe sole

- hardness on plantar pressure and comfort in older people with forefoot pain," (in eng), *Gait Posture*, vol. 39, no. 1, pp. 247-51, Jan 2014.
- [31]. A. H. Jellema, T. Huysmans, K. Hartholt, and T. J. M. van der Cammen, "Shoe design for older adults: Evidence from a systematic review on the elements of optimal footwear," (in eng), *Maturitas*, vol. 127, pp. 64-81, Sep 2019.
- [32]. D. López-López, M. Grela-Fariña, M. E. Losa-Iglesias, C. Calvo-Lobo, D. Rodríguez-Sanz, P. Palomo-López, and R. Becerro-de-Bengoa-Vallejo, "Clinical Aspects of Foot Health in Individuals with Alzheimer's Disease," (in eng), *Int J Environ Res Public Health*, vol. 15, no. 2, Feb 7 2018.
- [33]. G. P. Duarte, J. L. F. Santos, M. L. Lebrão, and Y. A. O. Duarte, "Relationship of falls among the elderly and frailty components," (in por eng), *Rev Bras Epidemiol*, vol. 21Suppl 02, no. Suppl 02, p. e180017, Feb 4 2019. Relação de quedas em idosos e os componentes de fragilidade.
- [34]. V. Strini, R. Schiavolin, and A. Prendin, "Fall Risk Assessment Scales: A Systematic Literature Review," (in eng), *Nurs Rep*, vol. 11, no. 2, pp. 430-443, Jun 2 2021.
- [35]. S. H. Park, "Tools for assessing fall risk in the elderly: a systematic review and meta-analysis," (in eng), *Aging Clin Exp Res*, vol. 30, no. 1, pp. 1-16, Jan 2018.
- [36]. A. Lee, K. W. Lee, and P. Khang, "Preventing falls in the geriatric population," (in eng), *Perm J*, vol. 17, no. 4, pp. 37-9, Fall 2013.
- [37]. M. K. Appeadu and B. Bordoni, "Falls and Fall Prevention in Older Adults," in *StatPearlsTreasure Island (FL) ineligible companies. Disclosure: Bruno Bordoni declares no relevant financial relationships with ineligible companies.: StatPearls Publishing*
- [38]. G. Bergen, M. R. Stevens, R. Kakara, and E. R. Burns, "Understanding Modifiable and Unmodifiable Older Adult Fall Risk Factors to Create Effective Prevention Strategies," (in eng), *Am J Lifestyle Med*, vol. 15, no. 6, pp. 580-589, Nov-Dec 2021.
- [39]. R. K. Iseli, G. Duncan, E. K. Lee, E. Lewis, and A. B. Maier, "Incorporating foot assessment in the comprehensive geriatric assessment," (in eng), *BMC Geriatr*, vol. 21, no. 1, p. 223, Apr 1 2021.
- [40]. A. L. Hatton, K. Rome, J. Dixon, D. J. Martin, and P. O. McKeon, "Footwear interventions: a review of their sensorimotor and mechanical effects on balance performance and gait in older adults," (in eng), *J Am Podiatr Med Assoc*, vol. 103, no. 6, pp. 516-33, Nov-Dec 2013.
- [41]. M. Wingood, E. Peterson, C. Neville, and J. L. Vincenzo, "Feet/Footwear-Related Fall Risk Screening Tool for Older Adults: Development and Content Validation," (in eng), *Front Public Health*, vol. 9, p. 807019, 2021.
- [42]. P. Palomo-López, R. Becerro-de-Bengoa-Vallejo, M. E. Losa-Iglesias, D. Rodríguez-Sanz, C. Calvo-Lobo, and D. López-López, "Footwear used by older people and a history of hyperkeratotic lesions on the foot: A prospective observational study," (in eng), *Medicine (Baltimore)*, vol. 96, no. 15, p. e6623, Apr 2017.
- [43]. H. Ohtsu, R. Togashi, M. Hiramuki, S. Yoshida, T. Minamisawa, and H. Kanzaki, "How does wearing slippers affect the movement strategy while crossing over an obstacle?," *Gait & Posture*, vol. 86, pp. 17-21, 2021/05/01/ 2021.
- [44]. X. Zhang, M. R. Paquette, and S. Zhang, "A comparison of gait biomechanics of flip-flops, sandals, barefoot and shoes," (in eng), *J Foot Ankle Res*, vol. 6, no. 1, p. 45, Nov 6 2013.
- [45]. T. D. Koepsell, M. E. Wolf, D. M. Buchner, W. A. Kukull, A. Z. LaCroix, A. F. Tencer, C. L. Frankenfeld, M. Tautvydas, and E. B. Larson, "Footwear style and risk of falls in older

- adults," (in eng), J Am Geriatr Soc, vol. 52, no. 9, pp. 1495-501, Sep 2004.
- [46]. A. H. Razak, A. Zayegh, R. K. Begg, and Y. Wahab, "Foot plantar pressure measurement system: a review," (in eng), Sensors (Basel), vol. 12, no. 7, pp. 9884-912, 2012.
- [47]. E. S. Sazonov, G. Fulk, J. Hill, Y. Schutz, and R. Browning, "Monitoring of posture allocations and activities by a shoe-based wearable sensor," (in eng), IEEE Trans Biomed Eng, vol. 58, no. 4, pp. 983-90, Apr 2011.
- [48]. E. A. Phelan, J. E. Mahoney, J. C. Voit, and J. A. Stevens, "Assessment and management of fall risk in primary care settings," (in eng), Med Clin North Am, vol. 99, no. 2, pp. 281-93, Mar 2015.
- [49]. N. F. Horgan, F. Crehan, E. Bartlett, F. Keogan, A. M. O'Grady, A. R. Moore, C. F. Donegan, and M. Curran, "The effects of usual footwear on balance amongst elderly women attending a day hospital," Age and Ageing, vol. 38, no. 1, pp. 62-67, 2008.
- [50]. R. S. Alasmari, H. A. Hassani, N. A. Almalky, A. F. Bokhari, A. Al Zahrani, and A. A. Hafez, "Risk factors for fall among the elderly with diabetes mellitus type 2 in Jeddah, Saudi Arabia, 2022: a cross-sectional study," (in eng), Ann Med Surg (Lond), vol. 85, no. 3, pp. 412-417, Mar 2023.
- [51]. A. I. Vinik, P. Camacho, S. Reddy, W. M. Valencia, D. Trence, A. M. Matsumoto, and J. E. Morley, "AGING, DIABETES, AND FALLS," (in eng), Endocr Pract, vol. 23, no. 9, pp. 1117-1139, Sep 2017.
- [52]. E. M. Macdonald, B. M. Perrin, L. Cleeland, and M. I. C. Kingsley, "Podiatrist-Delivered Health Coaching to Facilitate the Use of a Smart Insole to Support Foot Health Monitoring in People with Diabetes-Related Peripheral Neuropathy," (in eng), Sensors (Basel), vol. 21, no. 12, Jun 9 2021.
- [53]. Y. Wang, Q. Cai, J. Bai, Y. Ming, and W. Qin, "Perceptions of protective shoes and recommendations from patients with diabetic foot ulcers," (in eng), Glob Health Med, vol. 5, no. 5, pp. 306-310, Oct 31 2023.
- [54]. M. Saito, K. Nakajima, C. Takano, Y. Ohta, C. Sugimoto, R. Ezoe, K. Sasaki, H. Hosaka, T. Ifukube, S. Ino, and K. Yamashita, "An in-shoe device to measure plantar pressure during daily human activity," Medical engineering & physics, vol. 33, pp. 638-45, 02/01 2011.
- [55]. F. Trombini-Souza, A. Kimura, A. P. Ribeiro, M. Butugan, P. Akashi, A. C. Pássaro, A. C. Arnone, and I. C. Sacco, "Inexpensive footwear decreases joint loading in elderly women with knee osteoarthritis," (in eng), Gait Posture, vol. 34, no. 1, pp. 126-30, May 2011.
- [56]. D. Deselnicu, G. Militaru, And A. M. Vasilescu, Customer Satisfaction Of Elderly Consumers Regarding The Footwear Market In Romania. 2015.
- [57]. A. Steptoe and P. Zaninotto, "Lower socioeconomic status and the acceleration of aging: An outcome-wide analysis," (in eng), Proc Natl Acad Sci U S A, vol. 117, no. 26, pp. 14911-14917, Jun 30 2020.
- [58]. B. Tang, Z. Li, S. Hu, and J. Xiong, "Economic Implications of Health Care Burden for Elderly Population," (in eng), Inquiry, vol. 59, p. 469580221121511, Jan-Dec 2022.
- [59]. D. J. McMaughan, O. Oloruntoba, and M. L. Smith, "Socioeconomic Status and Access to Healthcare: Interrelated Drivers for Healthy Aging," (in eng), Front Public Health, vol. 8, p. 231, 2020.
- [60]. J. Vienneau, S. Nigg, S. Hirai, K. Ito, N. Sato, and B. Nigg, "Effects of textured footwear on cognition and muscle activity," Footwear Science, vol. 11, pp. S12-S13, 06/28 2019.
- [61]. A. Society, G. Society, A. Of, and O. Prevention, "Guideline for the Prevention of Falls in Older Persons," Journal of the American Geriatrics Society, vol. 49, pp. 664-672, 12/21 2001.

Biodosimeters: Advancements in Radiation Detection and Monitoring

Başak Ünver Koluman¹; Meltem Delimanlar^{2*}; Atakan Konukbay³; Ahmet Koluman⁴

(1) Pamukkale University, Faculty of Medicine, Department of Hematology, Denizli, Turkey.

(2) Pamukkale University, Faculty of Technology, Department of Biomedical Engineering, Denizli, Turkey.

(3) HAVELSAN, CBRN Product Management, Ankara, Turkey.

(4) Pamukkale University, Faculty of Technology, Department of Biomedical Engineering, Denizli, Turkey.

Sorumlu yazar: Delimanlar, Meltem, delimanlarmeltem@gmail.com

Makale Gönderim:30 Ekim 2023, Makale Kabul: 2 Ocak 2025, Makale Yayın:3 Ocak 2025

ÖZ

Bu çalışma, biyolojik tepkileri ölçen biodosimetrelere derinlemesine bir bakış sunarak, insan sağlığı ve çevre için radyasyon maruziyetinin ciddi bir sorun olduğunu ve etkili radyasyon tespit ve izleme sistemlerine ihtiyaç duyulduğunu vurgulamaktadır. İlk bölümde biodosimetrelere ve radyasyon tespitinde ve izlenmesindeki kullanımlarına değinilmektedir. Güvenilir maruziyet seviyesi göstergeleri olarak kabul edilirler ve radyasyon güvenliğinde önemli bir rol oynarlar. Araştırma, kan bileşenlerini ve kromozomal değişiklikleri analiz eden hematolojik ve sitogenetik biyoduyarlı sensörler gibi diğer biodosimetre türlerine de odaklanmaktadır. Takip eden bölümler, biodosimetrelere ilişkin işleyiş ve kullanımlara daha detaylı bir bakış sunmaktadır. Biodosimetrelere, radyasyon maruziyetinin gerçek zamanlı izlenmesine izin verdiği gibi sağlık sorunlarının erken tespitine de olanak tanır. Ayrıca, biodosimetrelere, tıbbi tedavilerde ve çevresel araştırmalarda hassas doz tahmini yapmada yardımcı olarak, radyasyon olayları sonrası çalışmaları mümkün kılar. Biodosimetrelere, işyeri radyasyon maruziyet izleme, radyoterapi, nükleer tıp ve çevresel radyasyon izleme gibi alanlarda, ekosistemler üzerindeki radyasyon etkisini incelemek için geniş ölçüde başvurulmaktadır. Son dönemdeki gelişmeler, onların doğruluğunu ve duyarlılığını

artırarak, onları giyilebilir cihazlar ve IoT platformları ile entegre ederek basit ve gerçek zamanlı izleme imkanı sunmuştur. Rapor ayrıca, düşük maliyetli, yüksek duyarlılıkta radyasyon tespiti sağlayan bakteriyel biyoduyarlı sensörlerin tanıtımına da vurgu yapmaktadır. Biodosimetre teknolojisinin ilerlemesi, özelleştirilmiş radyasyon maruziyet izleme ve uzay keşfi koruması için umut vaat etmektedir. Son olarak, biodosimetrelere, geniş bir endüstri yelpazesini kapsayan radyasyon güvenliğinde kritik varlıklar olup, insan sağlığı ve çevre için daha güvenli ve daha güvenli bir gelecek sağlayarak gerçek zamanlı izleme ve erken risk tespiti sağlar.

Anahtar Kelimeler: *Biyodosimetrelere; radyasyon; biyoduyarlılar; hematoloji; tarama.*

Biodosimeters: Advancements in Radiation Detection and Monitoring

ABSTRACT

Radiation exposure is a serious problem for both human health and the environment, needing effective radiation detection and monitoring systems. Biodosimeters, which measure biological reactions to radiation, have emerged as cutting-edge technologies in this sector. This study takes an in-depth look at biodosimeters and their uses. The first section discusses biodosimeters and their use in radiation detection and monitoring. They are considered as dependable exposure level indicators and serve an important role in radiation

safety. The research then looks into other forms of biodosimeters, such as hematological and cytogenetic biosensors, which analyze blood components and chromosomal changes, respectively. The sections that follow go into the functioning and uses of biodosimeters in greater detail. They allow for real-time monitoring of radiation exposure as well as early detection of health problems. Furthermore, biodosimeters help with precise dose estimation in medical treatments and environmental investigations, allowing for post-radiation event study. Biodosimeters are widely used to examine the impact of radiation on ecosystems in occupational radiation exposure monitoring, radiotherapy, nuclear medicine, and environmental radiation monitoring. Recent advances have improved their accuracy and sensitivity, allowing them to be integrated with wearable devices and IoT platforms for simple and real-time monitoring. The report also emphasizes the introduction of bacterial biosensors, which provide low-cost, high-sensitivity radiation detection options. The advancement of biodosimeter technology holds promise for tailored radiation exposure monitoring and space exploration protection. Finally, biodosimeters are critical assets in radiation safety, with applications covering a wide range of industries. They provide real-time monitoring and early risk detection, resulting in a safer and more secure future for human health and the environment.

Keywords: biodosimeters; radiation; biosensors; hematology; screening.

1. Introduction

Biodosimeters are indispensable tools used for measuring radiation exposure levels and assessing its impact on biological systems. Their significance in radiation detection and monitoring is widely recognized, making them vital instruments in various fields. These innovative devices play a crucial role in ensuring radiation

safety and protecting human health. At their core, biodosimeters are designed to detect and quantify radiation exposure [1]. They provide valuable insights into the amount of radiation absorbed by living organisms, including humans [2,3]. By utilizing different biological and physical markers, biodosimeters enable scientists and medical professionals to assess radiation doses accurately and monitor exposure over time. In this section, we will explore the different types of biodosimeters and their respective functions [4,5]. The variations in biodosimeters cater to specific applications, offering diverse approaches to radiation detection and monitoring. Biological biodosimeters, for instance, focus on analyzing biological materials, such as blood components or chromosomal alterations, to gauge radiation exposure levels. On the other hand, physical biodosimeters, such as thermoluminescent biodosimeters (TLD) and optically stimulated luminescence biodosimeters (OSL), rely on the measurement of luminescence to assess accumulated radiation doses [6,7].

The introduction of biodosimeters revolutionized radiation safety, especially in fields where exposure is a concern. They enable real-time monitoring of radiation levels, facilitating early identification of potential health risks [8]. Furthermore, biodosimeters have proven to be invaluable in post-radiation incident analysis, aiding in assessing the extent of exposure after radiological emergencies or accidents. Throughout this article, we will delve deeper into the functions and applications of biodosimeters in diverse settings. From occupational radiation exposure monitoring to their use in medical and clinical environments, biodosimeters have become indispensable tools for ensuring safe radiation practices [9,3]. Advancements in biodosimeter technology have further enhanced their accuracy and sensitivity, paving the way for integration with wearable devices and Internet of Things (IoT) platforms. These developments

promise convenient and real-time monitoring of radiation exposure, making biodosimeters even more versatile and accessible in various scenarios. Looking ahead, the potential areas of research and development in biodosimeter technology are vast [4]. From exploring novel applications in personalized radiation exposure monitoring to their role in space exploration, biodosimeters continue to hold promising prospects for advancing radiation safety measures and protecting human health. Throughout this article, we will explore the intricacies of biodosimeters, their wide-ranging functions, and the exciting possibilities they hold for the future [10].

Biodosimeters are sophisticated devices used in radiation science to measure the level of radiation exposure and evaluate its impact on biological systems. These innovative tools play a vital role in the field of radiation detection and monitoring, providing valuable insights into the amount of radiation absorbed by living organisms, including humans [1,5]. The principle behind biodosimeters lies in their ability to analyze specific biomarkers and cellular changes that occur in response to radiation exposure. When ionizing radiation interacts with biological tissues, it can cause various alterations, such as DNA damage or changes in cellular function. Biodosimeters are designed to detect and quantify these changes, thereby offering a means to estimate the absorbed radiation dose accurately [11]. One of the essential applications of biodosimeters is in the field of personnel monitoring, especially for individuals working in environments where radiation exposure is a concern, such as nuclear power plants, radiological research facilities, and medical facilities utilizing ionizing radiation in treatments [12]. By regularly monitoring the radiation exposure levels of workers, employers can ensure that safety regulations are adhered to, and employees are protected from excessive radiation doses. Furthermore, biodosimeters have proven

to be invaluable in assessing the potential health risks associated with radiation exposure. By analyzing biological samples and cellular responses, scientists and medical professionals can identify early signs of radiation-induced health issues, allowing for timely interventions and appropriate medical care [12, 13].

Biodosimeters play a critical role in ensuring radiation safety across various applications and industries. By providing real-time data on radiation exposure, these devices enable professionals to take proactive measures to minimize potential health risks and prevent overexposure to radiation. In occupational settings, where workers are regularly exposed to radiation, biodosimeters are extensively used for personnel monitoring. By wearing biodosimeters, employees can have their radiation exposure levels continuously monitored, ensuring that they remain within safe limits prescribed by regulatory agencies. This monitoring not only protects workers' health but also assists in compliance with safety standards [14]. In medical and clinical settings, biodosimeters are indispensable in radiotherapy treatments. Precise and accurate monitoring of radiation doses during treatments is crucial to effectively target cancerous cells while minimizing damage to healthy tissues. Biodosimeters assist medical practitioners in optimizing treatment plans and ensuring that the radiation dose delivered is within the therapeutic range [15]. Environmental radiation monitoring is another significant application of biodosimeters. By measuring radiation levels in the environment, scientists can study the impact of radiation on ecosystems and wildlife. This data aids in understanding the potential risks to the environment and supports conservation efforts. With advancements in technology, biodosimeters are becoming more user-friendly and convenient. Integration with wearable devices and IoT platforms allows for continuous and real-time

monitoring of radiation exposure. This integration enhances radiation safety practices in various industries, including emergency response and disaster management, where rapid assessment of radiation exposure is crucial. Overall, biodosimeters play a vital role in safeguarding human health, protecting the environment, and ensuring that radiation is used safely and responsibly in various applications. Their contributions in monitoring and assessing radiation exposure levels are instrumental in promoting radiation safety and mitigating potential health risks [16, 17].

2. Importance in Radiation Detection And Monitoring

Biodosimeters play a crucial role in the field of radiation detection and monitoring, offering significant benefits in various environments where radiation exposure is a concern [15,18]. These advanced devices have revolutionized the way we assess and manage radiation exposure, providing valuable data to ensure radiation safety and protect human health [7,10].

Biodosimeters serve as invaluable tools for detecting and quantifying radiation exposure levels across diverse settings. From nuclear power plants to radiological research facilities and medical institutions, biodosimeters are at the forefront of radiation monitoring [19]. The ability to analyze biological and physical markers allows biodosimeters to offer accurate and reliable assessments of radiation doses absorbed by individuals. In occupational environments, where workers may face routine exposure to radiation, biodosimeters play a crucial role in personnel monitoring [3]. By wearing biodosimeters, employees can have their radiation exposure continuously monitored, providing crucial data to ensure they remain within safe exposure limits. This not only safeguards workers' health but also helps employers comply with safety standards and regulatory requirements. In the context of emergency response and disaster management,

biodosimeters are vital assets. In the aftermath of radiological incidents or accidents, biodosimeters enable rapid and precise assessment of radiation exposure in affected individuals. This data allows authorities to respond promptly and provide appropriate medical care to those in need [20, 21, 22].

Real-time monitoring is a critical aspect of radiation safety, especially in high-risk environments. Biodosimeters offer the advantage of continuous monitoring, providing immediate feedback on radiation exposure levels. This real-time data empowers workers, emergency responders, and medical personnel to take necessary precautions if exposure levels approach or exceed safety thresholds, thus preventing potential health risks [23]. Moreover, one of the most significant contributions of biodosimeters lies in their ability to facilitate early identification of potential health risks associated with radiation exposure. By analyzing biological samples and detecting changes at a cellular level, biodosimeters can alert medical professionals to early signs of radiation-induced health issues. Timely identification of such risks can lead to early intervention and appropriate medical care, improving treatment outcomes and minimizing potential health complications. Beyond the immediate benefits in radiation safety, biodosimeters also contribute to ongoing research and development in radiation science [24]. The data collected by these devices helps scientists better understand the effects of radiation on the human body and contributes to advancements in radiation protection and medical treatments. In conclusion, biodosimeters have become indispensable instruments in radiation detection and monitoring. Their ability to detect and quantify radiation exposure in diverse environments, coupled with real-time monitoring capabilities and early identification of health risks, makes them essential tools for ensuring radiation

safety and protecting human health [25]. As technology continues to advance, biodosimeters hold promise for even greater precision and expanded applications, further advancing our understanding and management of radiation exposure [26, 27].

3. Significance of Biodosimeters in Radiation Detection and Monitoring

Biodosimeters hold immense significance in radiation detection and monitoring, garnering widespread recognition as reliable indicators of radiation exposure levels. These advanced devices have revolutionized the field of radiation science, playing a pivotal role in safeguarding human health and contributing to radiation safety across various applications [28, 29].

Biodosimeters have gained global acknowledgment and trust as accurate tools for measuring radiation exposure. Their ability to analyze specific biomarkers and cellular changes in response to radiation makes them highly reliable indicators of absorbed radiation doses. The scientific community, regulatory agencies, and industries alike have embraced biodosimeters as essential instruments for ensuring radiation safety [30,31]. The versatility of biodosimeters allows for their application in a wide range of scenarios. From routine personnel monitoring in nuclear power plants to emergency response situations, biodosimeters have proven their effectiveness in providing real-time data on radiation exposure levels. As a result, they have become instrumental in both planned radiation activities and unforeseen radiological incidents, aiding in efficient emergency management and response [32,33].

The role of biodosimeters in contributing to radiation safety cannot be overstated. By providing accurate and timely information on radiation exposure levels, biodosimeters

empower individuals and organizations to make informed decisions that minimize potential health risks associated with radiation. In occupational settings, where workers may encounter radiation as part of their daily tasks, biodosimeters offer a proactive approach to personnel monitoring.

Through continuous and real-time monitoring, employers can ensure that radiation exposure remains within safe limits, fostering a safe working environment and protecting the health of their workforce [3, 34]. Additionally, biodosimeters play a critical role in medical and clinical applications, particularly in radiotherapy treatments. The precise monitoring of radiation doses during medical procedures ensures that cancer patients receive optimal treatment while minimizing damage to surrounding healthy tissues. This not only enhances treatment effectiveness but also reduces the risk of long-term side effects. Moreover, biodosimeters contribute to the broader field of radiation research, aiding in understanding the effects of radiation on biological systems. The data collected by biodosimeters allows scientists to improve radiation protection measures and develop innovative medical treatments [35]. As technology continues to advance, biodosimeters hold even greater promise for the future. Integration with wearable devices and IoT platforms enables convenient and continuous monitoring of radiation exposure, further enhancing radiation safety practices across diverse industries. In conclusion, biodosimeters have emerged as essential and reliable tools in radiation detection and monitoring. Their wide recognition as accurate indicators of radiation exposure levels, coupled with their contribution to radiation safety and the protection of human health, solidifies their significance in the field of radiation science. With ongoing research and technological advancements, biodosimeters will continue to play a vital role in ensuring safe and responsible

use of radiation, ultimately contributing to the well-being of individuals and the environment [36].

4. TYPES OF BIODOSIMETERS

When it comes to biodosimeters, there are several types that cater to different aspects of radiation detection and monitoring. Each type has its unique characteristics and applications, making them valuable tools in diverse scenarios. Hematological biodosimeters focus on analyzing blood components to assess radiation exposure levels. By studying specific biomarkers in blood samples, such as micronuclei or chromosomal aberrations, these biodosimeters provide valuable insights into the absorbed radiation dose. They are particularly useful in medical settings, research facilities, and even emergency response situations [37,38]. Cytogenetic biodosimeters evaluate radiation-induced chromosomal alterations, providing information about the extent of radiation exposure. These biodosimeters are instrumental in understanding the biological effects of radiation and are frequently used in research and medical fields. Each type of biodosimeter has its strengths and applications, and the selection depends on specific requirements, such as the type of radiation, the environment, and the purpose of monitoring [2,4]. The continuous advancements in biodosimeter technology promise even greater precision and capabilities in the future, further enhancing our ability to detect and monitor radiation exposure levels effectively. As we delve deeper into each type of biodosimeter, we will discover their unique functions and the essential role they play in radiation safety and protection [39,40].

Biological biodosimeters encompass a range of techniques that rely on biological materials to assess radiation exposure levels. Two common types of biological biodosimeters are the hair biodosimeter and the DNA comet assay, each offering valuable insights into radiation-induced changes in biological systems[41,42].

4.1. Hair Biodosimeter

The hair biodosimeter involves analyzing hair samples to estimate radiation exposure levels. Hair has the unique property of preserving a chronological record of exposure to ionizing radiation, making it a convenient and non-invasive tool for retrospective dosimetry. As hair grows, it incorporates stable isotopes of certain elements, such as carbon and oxygen, which can serve as radiation exposure markers[43]. By analyzing the isotopic composition of hair strands, scientists can approximate the cumulative radiation dose received over a specific period. Hair biodosimeters are particularly useful in situations where other biological samples might not be readily available or when assessing long-term exposure over several months or years. They have found applications in retrospective dosimetry for individuals exposed to radiation due to medical treatments, occupational settings, or radiological incidents [4, 44].

4.2. DNA Comet Assay

The DNA comet assay, also known as the single-cell gel electrophoresis assay, is a sensitive technique used to evaluate DNA damage caused by radiation exposure. In this assay, individual cells are embedded in agarose gel, subjected to electrophoresis, and then stained with a fluorescent dye[45]. When viewed under a microscope, the DNA fragments resemble a "comet" shape, with the extent of "comet tail" indicating the level of DNA damage. The comet assay is highly versatile, allowing scientists to assess DNA damage in various cell types and tissues. It is particularly valuable in biodosimetry for detecting acute radiation exposure and assessing the effectiveness of radiation protection measures. The comet assay is commonly used in research, emergency response scenarios, and environmental radiation monitoring[46,47]. Both hair biodosimeters and the DNA comet assay play

essential roles in assessing radiation exposure levels and understanding its impact on biological systems[48]. These biological biodosimeters complement other techniques, such as cytogenetic biodosimeters and hematological biodosimeters, in providing a comprehensive assessment of radiation exposure. By combining multiple biodosimetric approaches, we gain a better understanding of radiation effects, enabling us to enhance radiation safety practices and protect human health effectively [49, 50, 51].

4.3. Hematological Biodosimeters

Hematological biodosimeters are specialized tools used to assess radiation exposure levels by analyzing blood components. These biodosimeters rely on changes in blood cells and their characteristics, induced by exposure to ionizing radiation, to estimate the absorbed radiation dose [1, 52]. Hematological biodosimeters are based on the principle that ionizing radiation can cause alterations in blood cell populations and their properties. When the body is exposed to radiation, it can lead to various changes in blood cells, which can be detected and quantified through hematological biodosimetry [2,5]. Blood samples are collected from individuals exposed to radiation, and specific blood components are analyzed to determine the extent of radiation exposure. The advantage of hematological biodosimetry lies in its non-invasive nature, as blood samples are relatively easy to obtain and analyze. Hematological biodosimeters utilize several biomarkers to assess the effects of radiation on blood cells. Two common biomarkers used in hematological biodosimetry are micronuclei and chromosomal aberrations [53, 54].

4.3.1. Micronuclei

Micronuclei are small, additional nuclei that may form in cells after exposure to radiation or genotoxic agents. These micronuclei arise due to

chromosomal fragments or whole chromosomes that are not incorporated into the main nucleus during cell division [55, 56]. In hematological biodosimetry, the presence and frequency of micronuclei in blood cells, such as lymphocytes or erythrocytes, are analyzed. The number of micronuclei is directly proportional to the absorbed radiation dose, making them valuable indicators of radiation exposure levels [57, 58].

4.3.2. Chromosomal Aberrations

Chromosomal aberrations refer to structural changes or abnormalities in chromosomes that result from exposure to ionizing radiation. Such changes may include breaks, deletions, translocations, or inversions of chromosomal segments [59]. Hematological biodosimetry involves analyzing blood cells for these chromosomal aberrations, particularly in lymphocytes. The frequency and types of chromosomal aberrations observed in the blood cells provide valuable information about the magnitude of radiation exposure [37,60]. By analyzing these hematological biomarkers, scientists and medical professionals can estimate the absorbed radiation dose accurately. Hematological biodosimeters are particularly valuable in emergency response situations, where rapid assessment of radiation exposure is crucial, as well as in long-term monitoring of individuals exposed to radiation due to medical treatments or occupational settings [61, 62]. The data obtained through hematological biodosimetry aids in medical decision-making, ensuring the safety of individuals exposed to radiation and contributing to better understanding and management of radiation-related risks [1, 63].

4.4. Cytogenetic Biodosimeters

Cytogenetic biodosimeters are specialized tools used to evaluate radiation-induced chromosomal alterations as a means to estimate the absorbed radiation dose. These biodosimeters focus on the

analysis of chromosomal changes that occur in response to ionizing radiation exposure, providing valuable insights into the extent of radiation damage. Cytogenetic biodosimeters are a subset of biodosimetry techniques that specifically target the effects of radiation on chromosomes. When cells are exposed to ionizing radiation, it can cause breaks or other structural changes in the DNA of chromosomes. Cytogenetic biodosimeters capitalize on these changes to assess the magnitude of radiation exposure [59]. The key biological material used in cytogenetic biodosimetry is usually lymphocytes, which are white blood cells that play a crucial role in the immune system. Lymphocytes are particularly sensitive to radiation and readily exhibit chromosomal alterations after exposure. By analyzing the chromosomal changes in lymphocytes, cytogenetic biodosimetry provides a reliable and accurate method for assessing the absorbed radiation dose. Cytogenetic biodosimeters quantitatively assess the absorbed radiation dose based on the frequency and types of chromosomal alterations observed in lymphocytes. The dose-response relationship between the absorbed radiation dose and the extent of chromosomal damage is well established, allowing for a precise estimation of the radiation dose received by an individual [3]. One of the primary chromosomal alterations detected by cytogenetic biodosimeters is the formation of dicentric chromosomes. Dicentric chromosomes result from the fusion of two damaged chromosomes and are highly specific to radiation exposure. The number of dicentric chromosomes observed in lymphocytes serves as a direct indicator of the absorbed radiation dose, even when exposure occurs in a short period. Cytogenetic biodosimeters are especially valuable in emergency situations, where a rapid and accurate assessment of radiation exposure is essential for medical decision-making and appropriate treatment. In the event of a

radiological incident or accident, cytogenetic biodosimetry plays a crucial role in identifying individuals exposed to high levels of radiation and prioritizing their medical care[64]. Furthermore, cytogenetic biodosimetry is used in long-term monitoring of individuals with potential occupational radiation exposure or those receiving radiotherapy treatments. Regular monitoring of chromosomal changes in lymphocytes allows for the continuous evaluation of radiation doses received, ensuring safety and providing valuable data for the optimization of radiation treatments. In conclusion, cytogenetic biodosimeters are invaluable tools in radiation science, focusing on the evaluation of chromosomal alterations induced by radiation exposure. By quantifying the absorbed radiation dose through the analysis of chromosomal changes, these biodosimeters offer a reliable method for radiation dose assessment. Their applications range from emergency response situations to routine monitoring, contributing to radiation safety practices and the protection of human health in various contexts [64, 65].

4.5. Bacterial Biodosimeters

In recent years, bacterial biodosimeters have emerged as a novel and promising approach in the field of radiation detection and monitoring. These innovative biosensors utilize the remarkable ability of certain bacteria to respond to radiation exposure by activating specific genes or undergoing morphological changes. This response can be measured and quantified, providing valuable data on the level of radiation exposure. Bacterial biodosimeters offer several advantages that make them attractive for various applications. Firstly, they are cost-effective and easy to use, making them suitable for large-scale monitoring in radiation-prone environments. Unlike traditional biodosimeters that may require complex processing and analysis, bacterial biosensors can often provide rapid and

straightforward readouts. Moreover, bacterial biosensors demonstrate high sensitivity to low levels of radiation, allowing for the detection of even subtle changes in exposure. This sensitivity is particularly valuable in environments where radiation levels might be relatively low but still pose potential health risks over extended periods. The versatility of bacterial biosensors extends to different types of radiation, such as ionizing and non-ionizing radiation. This adaptability allows researchers and professionals to utilize bacterial biosensors in a wide range of radiation-related studies and applications [66,67]. One of the most significant advantages of bacterial biosensors is their potential for real-time monitoring. Due to their rapid response to radiation, these biosensors can provide continuous data, enabling immediate assessment of radiation exposure levels. Real-time monitoring is especially valuable in emergency situations or high-risk environments where rapid decision-making is crucial for ensuring the safety of individuals [68]. Several types of bacteria have been used as biosensors in bacterial biosensors. Some of the commonly used bacterial species include:

4.5.1. *Escherichia coli* (E. coli)

E. coli is a well-known bacterium that has been extensively used in biological research. It possesses various stress response genes that can be activated in response to radiation exposure, making it a popular choice for bacterial biosensors [69].

4.5.2. *Deinococcus radiodurans*

Deinococcus radiodurans is a remarkable bacterium known for its extreme resistance to radiation. It can withstand very high doses of ionizing radiation and repair its damaged DNA efficiently. Due to its unique radiation resistance, *D. radiodurans* is often employed as a model

organism for studying the effects of radiation and for developing biosensors.

4.5.3. *Pseudomonas putida*

Pseudomonas putida is a versatile bacterium that can detect and respond to various environmental stresses, including radiation exposure. Researchers have explored its potential as a biosensor in environmental monitoring and radiation studies [67].

4.5.4. *Bacillus subtilis*

Bacillus subtilis is another bacterium known for its ability to survive under extreme conditions, including exposure to ionizing radiation. It contains genes that respond to radiation-induced stress, making it a candidate for biosensor development [66].

4.5.5. *Shewanella oneidensis*

Shewanella oneidensis is a bacterium that has been investigated for its ability to generate an electric current in response to radiation exposure. This unique property makes it a promising candidate for radiation biosensors with potential applications in bioenergy and environmental monitoring.

The choice of bacterial species depends on the specific requirements of the biosensor application, the type of radiation being monitored, and the desired sensitivity and response characteristics. Researchers continue to explore different bacterial strains and their genetic responses to radiation exposure to optimize and expand the capabilities of bacterial biosensors for various radiation monitoring purposes [70]. Although bacterial biosensors show great promise, ongoing research and development are still needed to further optimize their performance and reliability. This includes exploring different bacterial strains and their responses to various radiation types, as well as refining the

methodologies for data collection and analysis. Bacterial biodosimeters represent an exciting advancement in the field of radiation detection and monitoring. Their cost-effectiveness, high sensitivity, and real-time monitoring potential make them valuable tools in various applications, including environmental radiation monitoring, occupational safety, and emergency response. As research in this area continues to progress, bacterial biosensors hold great potential to contribute significantly to radiation safety and protection of human health and the environment [71, 72].

5. Functions of Biodosimeters

5.1. Real-time Monitoring of Radiation Exposure

Biodosimeters play a crucial role in facilitating real-time monitoring of radiation exposure, providing continuous and immediate feedback on the level of radiation to which an individual or a group of people are exposed [73]. This function is essential in various high-risk environments where radiation safety is paramount. Real-time monitoring with biodosimeters is made possible through their ability to rapidly analyze and assess changes in biological or physical markers in response to radiation exposure [74]. Depending on the type of biodosimeter used, this could involve analyzing blood components, detecting luminescence in crystals, or assessing DNA damage in cells. In occupational settings, wearable biodosimeters can be easily integrated into the daily attire of workers, allowing for continuous monitoring during their work shifts. These wearable devices provide immediate readings and can transmit data to a centralized monitoring system, enabling supervisors and safety personnel to keep a close watch on radiation exposure levels in real-time. For personnel working in environments with a risk of sudden radiological incidents, portable handheld biodosimeters offer rapid assessment capabilities. These handheld

devices can be quickly deployed to assess radiation exposure levels during emergency response situations, providing crucial data for decision-making and emergency management.

In high-risk occupational settings, such as nuclear power plants, radiological research facilities, and medical institutions that utilize ionizing radiation, real-time monitoring with biodosimeters is of paramount importance [75,76]. Workers in these environments are regularly exposed to radiation, and continuous monitoring is essential to ensure their safety. In nuclear power plants, where workers handle radioactive materials and are exposed to various sources of radiation, wearable biodosimeters can provide real-time data on their radiation exposure levels. If exposure levels approach or exceed safety limits, immediate action can be taken to mitigate risks and protect workers from potential health hazards. Similarly, in medical settings where radiation is used for diagnostic or therapeutic purposes, such as in radiation oncology or interventional radiology, real-time monitoring is crucial. Biodosimeters can ensure that patients receive the prescribed radiation dose accurately and that medical staff is not exposed to excessive radiation during procedures [77]. Moreover, real-time monitoring with biodosimeters is valuable in emergency response scenarios, such as radiological accidents or nuclear incidents. Rapid assessment of radiation exposure levels in affected individuals allows emergency responders to prioritize medical care and allocate resources effectively. In conclusion, the real-time monitoring function of biodosimeters is a powerful tool for ensuring radiation safety in high-risk environments [78,79]. By providing continuous and immediate feedback on radiation exposure levels, biodosimeters empower individuals and organizations to take proactive measures, protecting human health and minimizing potential risks associated with radiation exposure. Whether

in routine occupational monitoring or emergency response situations, real-time biodosimetry significantly contributes to radiation safety practices and the overall well-being of individuals in radiation-prone environments [80, 81].

5.2. Dose Assessment and Accumulated Exposure Measurement

Biodosimeters play a vital role in accurately assessing radiation doses and measuring cumulative exposure over time. These sophisticated instruments provide valuable data that enables professionals to make informed decisions about radiation safety in various fields, including medical treatments, environmental studies, and emergency response scenarios.

Biodosimeters employ various biological and physical markers to assess radiation doses accurately. In the case of biological biodosimeters, such as hematological and cytogenetic biodosimeters, changes in blood components or chromosomal alterations are analyzed to determine the extent of radiation exposure. These biomarkers respond to radiation in predictable ways, allowing for a direct correlation between the observed changes and the absorbed radiation dose.

Physical biodosimeters, like thermoluminescent and optically stimulated luminescence biodosimeters, work based on the principle of luminescence. When exposed to radiation, these biodosimeters absorb energy, which is later released as light when heated or stimulated with specific wavelengths of light [82]. The intensity of the emitted light is directly proportional to the absorbed radiation dose, making them reliable tools for dose assessment. Furthermore, biodosimeters enable the measurement of accumulated exposure over time. By monitoring radiation exposure continuously or through periodic assessments, biodosimeters allow for the

determination of the total radiation dose received over a specific duration. This cumulative exposure data is valuable in assessing long-term effects, setting safety standards, and optimizing radiation protection measures. Dose assessment is of utmost significance in various fields where radiation exposure is a concern [83]. In medical treatments, such as radiotherapy for cancer patients, precise dose assessment is essential to deliver the correct amount of radiation to target cancer cells while minimizing damage to healthy tissues. Biodosimeters play a critical role in verifying that the prescribed radiation dose is accurately administered, ensuring the effectiveness and safety of the treatment. In environmental studies, biodosimeters aid in assessing the impact of radiation on ecosystems and wildlife. By measuring radiation exposure levels in environmental samples, researchers can study the effects on biodiversity, identify potential risks to the environment, and develop conservation strategies. In emergency response scenarios, such as radiological incidents or nuclear accidents, dose assessment is crucial in identifying exposed individuals and prioritizing medical care [84].

Biodosimeters offer rapid and accurate dose estimation, helping emergency responders make informed decisions and allocate resources effectively during the critical early stages of response. Moreover, accumulated exposure measurement through biodosimeters allows for long-term monitoring of radiation workers and individuals in high-risk environments. Regular assessment of cumulative exposure ensures that safety limits are not exceeded, minimizing the risk of adverse health effects, and protecting the well-being of those working with or around ionizing radiation. It can be said that biodosimeters' ability to accurately assess radiation doses and measure accumulated exposure over time is invaluable in medical treatments, environmental studies, and

emergency response. By providing reliable dose data, biodosimeters enhance radiation safety practices, contribute to research and regulatory efforts, and ultimately safeguard human health and the environment from the potential risks associated with radiation exposure [85, 86].

5.3. Early Identification of Potential Health Risks

Biodosimeters play a crucial role in the early identification of potential health risks caused by radiation exposure. These sophisticated instruments allow for the detection of subtle biological changes and cellular responses that occur in response to radiation, enabling timely interventions and proactive health monitoring. Biodosimeters, especially cytogenetic and hematological biodosimeters, offer valuable insights into the effects of radiation on biological systems. For instance, cytogenetic biodosimeters can detect specific chromosomal aberrations in cells, while hematological biodosimeters analyze blood components for changes induced by radiation exposure. These alterations serve as biomarkers that indicate the body's response to radiation and potential health risks [87]. Early identification of such radiation-induced changes through biodosimeters allows medical professionals and researchers to recognize the initial signs of radiation-related health issues. Detecting these changes early can lead to further investigations and targeted health monitoring, facilitating timely interventions to prevent or minimize the progression of adverse health effects. The ability to identify potential health risks early based on biodosimeter data is of paramount importance in radiation safety and medical contexts. For individuals exposed to high radiation doses, prompt and appropriate medical care is crucial to mitigate the health impacts. By detecting early signs of radiation-induced damage through biodosimeters, healthcare providers can implement personalized treatment plans and

closely monitor the individual's health to ensure optimal outcomes [88].

In occupational settings where workers may face routine radiation exposure, early identification of health risks through regular biodosimetry monitoring enables employers to take timely actions to protect their employees' well-being. Implementing safety measures and optimizing radiation protection practices can help prevent overexposure and long-term health complications. In addition to occupational settings, biodosimeters are vital tools for monitoring individuals undergoing medical treatments involving ionizing radiation. In cancer patients receiving radiotherapy, for example, biodosimeters can help assess the radiation dose delivered to healthy tissues surrounding the tumor [89]. By identifying any deviations from the planned dose, adjustments can be made to improve treatment accuracy and reduce the risk of adverse effects. Furthermore, in the context of emergency response to radiological incidents or nuclear accidents, biodosimeters are indispensable for triaging exposed individuals. Early identification of individuals with potentially high radiation doses ensures they receive priority medical attention, enabling timely interventions to minimize radiation-related health risks [90].

There is an obvious result that should be underlined, biodosimeter readings serve as early indicators of potential health risks caused by radiation exposure. By detecting subtle biological changes and cellular responses, biodosimeters enable timely interventions and health monitoring, ultimately contributing to radiation safety and protecting individuals from adverse health effects. The data obtained from biodosimeters plays a vital role in optimizing medical treatments, safeguarding radiation workers, and guiding emergency response efforts, highlighting their significance in ensuring the

well-being of individuals exposed to ionizing radiation [91, 92].

5.4. Post-Radiation Incident Analysis

Biodosimeters play a crucial role in analyzing radiation exposure levels and evaluating the impact of radiological incidents or accidents. After such events, biodosimeters provide essential data that helps assess the extent of radiation exposure, understand its effects on individuals, and plan appropriate responses to ensure the safety and well-being of those affected. In the aftermath of a radiological incident or accident, one of the primary concerns is assessing the radiation exposure levels of individuals who may have been affected. [4] Biodosimeters are invaluable tools for this task, as they can quickly and accurately measure radiation doses absorbed by individuals during the incident. Emergency responders can rapidly collect biological samples, such as blood or tissue, from those involved in the incident. These samples are then analyzed using biodosimeters, such as cytogenetic biodosimeters or hematological biodosimeters, to detect specific biomarkers or chromosomal changes indicative of radiation exposure. By analyzing the biodosimeter data, authorities can identify individuals who have received high radiation doses and require immediate medical attention. This information allows for the prioritization of medical care and ensures that resources are allocated efficiently during the emergency response [93, 94]. Biodosimeters provide essential information for understanding the extent of radiation exposure and its potential health effects on affected individuals. The data obtained from biodosimeter readings allow experts to estimate the absorbed radiation dose and assess the severity of exposure. This understanding of the extent of exposure is crucial for planning appropriate responses and medical interventions. It helps healthcare professionals anticipate potential health risks and design

targeted treatment strategies for individuals with high radiation doses. For those with lower exposure levels, health monitoring and follow-up care can be tailored to address specific risks. Moreover, the biodosimeter data aids in determining the scope of the radiological incident and its impact on the environment. Environmental samples can also be analyzed using biodosimeters to assess radiation levels in affected areas and wildlife. With this comprehensive assessment of the incident's impact, authorities can implement effective safety measures and decontamination protocols to minimize further exposure risks [95]. Additionally, the biodosimeter data contributes to the ongoing research and development of radiation protection measures, ensuring that lessons learned from the incident are applied to enhance preparedness for future radiological events.

Finally, biodosimeters play a crucial role in post-radiation incident analysis by providing accurate and timely information on radiation exposure levels. This data is instrumental in understanding the extent of exposure, planning appropriate medical responses, and implementing safety measures. By enabling swift assessment and response, biodosimeters contribute significantly to emergency management efforts and help safeguard the health and well-being of individuals affected by radiological incidents or accidents [3].

6. Applications of Biodosimeters

Biodosimeters find diverse applications in various fields, including occupational radiation exposure monitoring, medical and clinical settings, as well as environmental radiation monitoring [96, 97]. These advanced instruments play a crucial role in ensuring radiation safety, optimizing medical treatments, and assessing radiation's impact on the environment, including in CBRN (Chemical, Biological, Radiological, and Nuclear) contexts [98, 99].

6.1. Occupational Radiation Exposure Monitoring

In occupational settings where workers may encounter radiation as part of their daily tasks, biodosimeters are extensively used to monitor radiation exposure. These settings include nuclear power plants, research facilities, industrial radiography, and other industries dealing with radioactive materials. Biodosimeters provide continuous or periodic monitoring, enabling employers to track and manage radiation doses received by workers accurately[11, 3].

Regulatory agencies and guidelines often mandate occupational radiation monitoring programs to ensure worker safety. Biodosimeters play a crucial role in complying with these regulations, providing precise data on radiation exposure. Employers implement biodosimeter-based monitoring programs to assess compliance with safety standards, identify potential overexposure, and take appropriate measures to protect workers' health[100, 101].

6.2. Medical and Clinical Settings

6.2.1. Radiotherapy

In radiotherapy, where radiation is used to treat cancer, biodosimeters play a crucial role in ensuring accurate and safe radiation doses to patients. Biodosimeters are employed to verify the delivered radiation dose during treatments, enabling radiation oncologists to adjust treatment plans and optimize dose distribution for better tumor targeting and sparing of healthy tissues [102]. Advancements in biodosimetry techniques have revolutionized radiotherapy planning and optimization. Biodosimeters allow for personalized treatment plans based on individual patient responses to radiation. This approach, known as "biologically guided radiotherapy," enhances treatment efficacy and reduces the risk of radiation-induced side effects[103, 104].

6.2.2. Nuclear Medicine

Biodosimeters have valuable applications in nuclear medicine, where radioactive materials are used for diagnostic and therapeutic procedures. Biodosimeters enable patient-specific dose monitoring, ensuring that the administered dose is appropriate for effective diagnosis and treatment while minimizing unnecessary radiation exposure. In diagnostic nuclear medicine, biodosimeters aid in optimizing imaging procedures to achieve accurate diagnostic information with the least possible radiation dose to patients. In therapeutic nuclear medicine, biodosimeters assist in monitoring and adjusting the radiation dose during treatments, optimizing treatment outcomes while protecting healthy tissues[105, 106].

6.3. Environmental Radiation Monitoring

Biodosimeters are valuable tools for environmental radiation monitoring, allowing researchers to assess radiation levels in the environment accurately. By analyzing biodosimeter responses in plants, animals, or environmental samples, scientists gain insights into the level of radiation present in specific ecosystems [107]. Environmental studies utilizing biodosimeters help understand radiation's impact on ecosystems and wildlife. Researchers can assess how radiation exposure affects organisms' health and behavior, providing valuable data for conservation efforts and ecosystem management [108].

In conclusion, biodosimeters have diverse applications in occupational, medical, and environmental settings, providing crucial data for radiation safety, medical treatments, and environmental studies. Their contribution is especially significant in CBRN contexts, where biodosimeters aid in monitoring and mitigating the impact of radiation, contributing to overall human and environmental well-being[109].

7. ADVANCEMENTS AND FUTURE PROSPECTS

Biodosimeters, as essential tools for radiation detection and monitoring, have witnessed significant technological advancements that promise to revolutionize various applications, including space exploration and personalized radiation exposure monitoring. These innovations aim to enhance accuracy, sensitivity, and convenience, making biodosimeters even more indispensable in diverse fields[4, 110].

Recent years have seen remarkable progress in biodosimeter technology. Researchers and engineers have focused on improving the sensitivity and precision of biodosimeters, enabling them to detect even lower levels of radiation exposure. New materials and sensor designs have been incorporated, enhancing the biodosimeters' capabilities to accurately assess radiation doses across various dose ranges. Advancements in data processing and analysis have led to faster and more efficient biodosimeter readouts. Automated biodosimeter systems are now capable of providing real-time data, facilitating rapid decision-making in critical situations. The improved accuracy and sensitivity of biodosimeters have opened up new opportunities, particularly in the realm of space exploration. Space missions expose astronauts to elevated levels of cosmic radiation, posing potential health risks. Advanced biodosimeters are being developed to precisely measure radiation exposure in space environments, ensuring the safety of astronauts during extended missions beyond Earth. Accurate biodosimetry in space is not only critical for astronaut health but also for developing strategies to protect future space travelers during long-duration missions to the moon, Mars, or beyond. By providing real-time radiation monitoring, biodosimeters contribute to designing safer spacecraft and developing adequate shielding measures [2, 111].

An emerging trend in biodosimeter technology is their integration into wearable devices and Internet of Things (IoT) platforms. Miniaturized biosensors can now be seamlessly incorporated into wearable gadgets, such as smartwatches or badges, offering continuous, non-invasive monitoring of radiation exposure. IoT platforms allow biodosimeter data to be collected, analyzed, and transmitted in real-time, enabling centralized monitoring and data sharing. This integration enhances radiation safety, as individuals working in radiation-prone environments can receive instant alerts if exposure levels exceed safety limits [112, 113].

The integration of biodosimeters with wearable devices and IoT platforms holds tremendous potential for revolutionizing radiation exposure monitoring. Workers in high-risk occupational settings can have personalized biodosimeter wearables, empowering them to proactively manage their radiation exposure levels. In emergency response scenarios, first responders equipped with biodosimeter wearables can quickly assess their radiation exposure and take necessary precautions. Additionally, real-time monitoring with wearable biodosimeters aids in triaging exposed individuals during radiological incidents, ensuring that those with high radiation doses receive immediate medical attention. Future research in biodosimeter technology is likely to focus on enhancing its versatility and compatibility with different biological samples and radiation sources. Development of novel biosensors based on advanced materials and nanotechnology may further improve sensitivity and accuracy[31].

Researchers may also explore multi-parametric biodosimeters, which simultaneously assess multiple biological responses to radiation, providing a comprehensive evaluation of radiation exposure and its effects. As

biodosimeter technology advances, new applications in personalized radiation exposure monitoring may emerge. Personal biodosimeters tailored to an individual's genetic and physiological characteristics could provide personalized safety thresholds and recommendations for radiation exposure. In medical contexts, personalized biodosimeters could optimize radiotherapy treatments, adjusting radiation doses based on an individual's response to radiation. This approach, known as "precision radiation oncology," promises to enhance treatment outcomes while minimizing side effects. In conclusion, the advancements and future prospects in biodosimeters are promising for radiation safety, medical treatments, and space exploration[110]. The integration of biosensors into wearable devices and IoT platforms opens new avenues for real-time monitoring and data-driven decision-making. Ongoing research and development in biodosimeter technology are likely to expand their applications, contributing to personalized radiation exposure monitoring and further enhancing radiation safety measures across various domains[113].

8. Conclusion

Biodosimeters stand as indispensable tools in the realm of radiation detection, monitoring, and safety. Throughout this article, we have explored the various aspects of biodosimeters, delving into their functions and applications in diverse fields. Recapitulating their importance and functionality reinforces their vital role in safeguarding individuals from the potential risks of radiation exposure. Biodosimeters play a critical role in assessing radiation exposure levels accurately. From biological biodosimeters, such as hematological and cytogenetic biodosimeters, to physical biodosimeters like thermoluminescent and optically stimulated luminescence biodosimeters, each type offers valuable insights into radiation's impact on biological systems and

materials. By enabling real-time monitoring and early identification of potential health risks, biodosimeters contribute significantly to radiation safety. They aid in ensuring radiation workers are exposed within safe limits, optimizing medical treatments, and facilitating appropriate emergency responses in the event of radiological incidents. Biodosimeters find extensive applications in multiple sectors, each serving a unique purpose. In medical and clinical settings, biodosimeters provide invaluable data for accurate radiotherapy treatments, optimizing patient care and outcomes. In nuclear medicine, biodosimeters aid in patient dose monitoring, balancing effective diagnosis and treatment with minimizing radiation exposure. Environmental radiation monitoring is another critical area where biodosimeters prove their worth. They help researchers and authorities assess radiation levels in the environment, understand its impact on ecosystems, and develop strategies for conservation and environmental management. As technology advances, biodosimeters continue to improve in accuracy, sensitivity, and convenience. Recent developments have led to real-time monitoring capabilities, integration with wearable devices, and IoT platforms, enhancing their usability and application. The ongoing research and development in biodosimeter technology hold promising prospects for the future. Advancements may lead to novel biosensors, multi-parametric biodosimeters, and personalized radiation exposure monitoring. These developments could further optimize radiation safety measures and broaden the scope of biodosimeter applications. The potential impact of biodosimeters on protecting human health and the environment cannot be overstated. By providing timely and accurate data, biodosimeters enable proactive measures to minimize health risks associated with radiation exposure. They facilitate precision radiation oncology, reducing treatment side effects and improving patient outcomes. In the

environmental context, biodosimeters aid in assessing radiation's impact on ecosystems, ensuring the preservation of biodiversity and the sustainable management of natural resources. Furthermore, biodosimeters play a pivotal role in space exploration, safeguarding astronauts during extended missions and advancing humanity's journey into the cosmos.

To summarize and finalize, biodosimeters stand as indispensable tools in the realm of radiation detection, monitoring, and safety. Throughout this article, we have explored the various aspects of biodosimeters, delving into their functions and applications in diverse fields. Biodosimeters play a critical role in assessing radiation exposure levels accurately, whether through biological biodosimeters, such as hematological and cytogenetic biodosimeters, or physical biodosimeters like thermoluminescent and optically stimulated luminescence biodosimeters. Their ability to enable real-time monitoring and early identification of potential health risks reinforces their vital role in radiation safety, ensuring that radiation workers are exposed within safe limits, optimizing medical treatments, and facilitating appropriate emergency responses in the event of radiological incidents. The significance of biodosimeters extends across various sectors, making them invaluable assets in different applications. In medical and clinical settings, biodosimeters provide crucial data for accurate radiotherapy treatments, optimizing patient care and outcomes. They also aid in nuclear medicine procedures, monitoring patient doses for effective diagnosis and treatment while minimizing radiation exposure. Environmental radiation monitoring benefits from biodosimeters as well, helping researchers and authorities assess radiation levels in the environment, understand its impact on ecosystems, and develop strategies for conservation and environmental management. Looking to the future, biodosimeters hold

promising prospects for advancing radiation safety measures. Recent technological advancements have led to improved accuracy, sensitivity, and convenience in biodosimeter development. Real-time monitoring capabilities, integration with wearable devices and IoT platforms, and ongoing research in biodosimeter technology indicate a bright future for their applications. The potential impact of biodosimeters is profound, as they enable proactive measures to minimize health risks associated with radiation exposure and pave the way for precision radiation oncology, reducing treatment side effects and improving patient outcomes. Additionally, biodosimeters play a pivotal role in space exploration, safeguarding astronauts during extended missions and advancing humanity's journey into the cosmos. As biodosimeter technology continues to progress, they will continue to be vital instruments in protecting human health and the environment, forging a safer and more secure path forward in the world of radiation science.

REFERENCES

- [1] E. C. Laiakis et al., "A Serum Small Molecule Biosignature of Radiation Exposure from Total Body Irradiated Patients," *Journal of Proteome Research*, vol. 16, no. 10, pp. 3805–3815, Aug. 2017, doi: 10.1021/acs.jproteome.7b00468.
- [2] W. Cui, J. Ma, Y. Wang, and S. Biswal, "Plasma MIRNA as biomarkers for Assessment of Total-Body Radiation Exposure Dosimetry," *PLOS ONE*, vol. 6, no. 8, p. e22988, Aug. 2011, doi: 10.1371/journal.pone.0022988.
- [3] H. Budworth et al., "DNA repair and cell cycle biomarkers of radiation exposure and inflammation stress in human blood," *PLOS ONE*, vol. 7, no. 11, p. e48619, Nov. 2012, doi: 10.1371/journal.pone.0048619.
- [4] C. E. Redon, A. Nakamura, K. Gouliava, A. Rahman, W. F. Blakely, and W. M. Bonner, "The use of Gamma-H2AX as a biodosimeter for Total-Body radiation exposure in Non-Human

- primates," PLOS ONE, vol. 5, no. 11, p. e15544, Nov. 2010, doi: 10.1371/journal.pone.0015544.
- [5] L. Sun, Y. Inaba, N. Kanzaki, M. Bekal, K. Chida, and T. Moritake, "Identification of potential biomarkers of radiation exposure in blood cells by capillary electrophoresis Time-of-Flight mass spectrometry," International Journal of Molecular Sciences, vol. 21, no. 3, p. 812, Jan. 2020, doi: 10.3390/ijms21030812.
- [6] E. L. Pannkuk, E. C. Laiakis, M. Garcia, A. J. Fornace, and V. K. Singh, "Nonhuman Primates with Acute Radiation Syndrome: Results from a Global Serum Metabolomics Study after 7.2 Gy Total-Body Irradiation," Radiation Research, vol. 190, no. 6, p. 576, Sep. 2018, doi: 10.1667/rr15167.1.
- [7] V. K. Singh and H. B. Pollard, "Ionizing radiation-induced altered microRNA expression as biomarkers for assessing acute radiation injury," Expert Review of Molecular Diagnostics, vol. 17, no. 10, pp. 871-874, Aug. 2017, doi: 10.1080/14737159.2017.1366316.
- [8] M. Sang et al., "A Hydrophobic, Self-Powered, Electromagnetic Shielding PVDF-Based wearable device for human body monitoring and protection," ACS Applied Materials & Interfaces, vol. 11, no. 50, pp. 47340-47349, Nov. 2019, doi: 10.1021/acsami.9b16120.
- [9] E. Gotoh and Y. Tanno, "Simple biodosimetry method for cases of high-dose radiation exposure using the ratio of the longest/shortest length of Giemsa-stained drug-induced prematurely condensed chromosomes (PCC)," International Journal of Radiation Biology, vol. 81, no. 5, pp. 379-385, May 2005, doi: 10.1080/09553000500147667.
- [10] M. A. Chaudhry, "Biomarkers for human radiation exposure," Journal of Biomedical Science, vol. 15, no. 5, pp. 557-563, May 2008, doi: 10.1007/s11373-008-9253-z.
- [11] S. Heydarheydari, A. Haghparast, and M. T. Eivazi, "A novel biological dosimetry method for monitoring occupational radiation exposure in diagnostic and therapeutic wards: From radiation dosimetry to biological Effects," DOAJ (DOAJ: Directory of Open Access Journals), vol. 6, no. 1, pp. 21-6, Mar. 2016, [Online]. Available: <https://doaj.org/article/f2bdc80e1b2f4c5296cb1a5dfafe7fa4>
- [12] U. Plappert, B. Stocker, H. Fender, and T. M. Fliedner, "Changes in the repair capacity of blood cells as a biomarker for chronic low-dose exposure to ionizing radiation," Environmental and Molecular Mutagenesis, vol. 30, no. 2, pp. 153-160, Jan. 1997, doi: 10.1002/(sici)1098-2280(1997)30:2.
- [13] E. Kis et al., "Microarray analysis of radiation response genes in primary human fibroblasts," International Journal of Radiation Oncology Biology Physics, vol. 66, no. 5, pp. 1506-1514, Dec. 2006, doi: 10.1016/j.ijrobp.2006.08.004.
- [14] N. A. Gkanatsios, W. Huda, K. Peters, and J. A. Freeman, "Evaluation of an on-line patient exposure meter in neuroradiology.," Radiology, vol. 203, no. 3, pp. 837-842, Jun. 1997, doi: 10.1148/radiology.203.3.9169713.
- [15] K. Coeytaux, É. Bey, D. M. Christensen, E. S. Glassman, B. Murdock, and C. Doucet, "Reported Radiation Overexposure Accidents Worldwide, 1980-2013: A Systematic review," PLOS ONE, vol. 10, no. 3, p. e0118709, Mar. 2015, doi: 10.1371/journal.pone.0118709.
- [16] C. R. Muirhead et al., "Mortality and cancer incidence following occupational radiation exposure: third analysis of the National Registry for Radiation Workers," British Journal of Cancer, vol. 100, no. 1, pp. 206-212, Jan. 2009, doi: 10.1038/sj.bjc.6604825.
- [17] R. H. Jensen et al., "Laser-based flow cytometric analysis of genotoxicity of humans exposed to ionizing radiation during the Chernobyl accident," Proceedings of SPIE, May 1991, doi: 10.1117/12.57307.
- [18] S. Avino et al., "Detecting ionizing radiation with optical fibers down to biomedical doses," Applied Physics Letters, vol. 103, no. 18, Oct. 2013, doi: 10.1063/1.4826934.
- [19] W. C. Pfeiffer, E. Penna-Franca, C. C. Ribeiro, A. Nogueira, H. Londres, and A. E. De Oliveira, "Measurements of environmental radiation exposure dose rates at selected sites in Brazil," PubMed, vol. 53, no. 4, pp. 683-91, Dec. 1981,

- [Online]. Available: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7345962>
- [20] M. Ghardi, M. Moreels, B. Châtelain, C. Chatelain, and S. Baatout, "Radiation-induced double strand breaks and subsequent apoptotic DNA fragmentation in human peripheral blood mononuclear cells," *International Journal of Molecular Medicine*, Feb. 2012, doi: 10.3892/ijmm.2012.907.
- [21] Y. Sanada, Y. Urabe, M. Sasaki, K. Ochi, and T. Torii, "Evaluation of ecological half-life of dose rate based on airborne radiation monitoring following the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant accident," *Journal of Environmental Radioactivity*, vol. 192, pp. 417–425, Dec. 2018, doi: 10.1016/j.jenvrad.2018.07.016.
- [22] E. C. Laiakis et al., "Metabolic phenotyping reveals a lipid mediator response to ionizing radiation," *Journal of Proteome Research*, vol. 13, no. 9, pp. 4143–4154, Aug. 2014, doi: 10.1021/pr5005295.
- [23] A. Alba-Patiño, S. M. Russell, M. Borges, N. Pazos-Pérez, R. A. Álvarez-Puebla, and R. De La Rica, "Nanoparticle-based mobile biosensors for the rapid detection of sepsis biomarkers in whole blood," *Nanoscale Advances*, vol. 2, no. 3, pp. 1253–1260, Jan. 2020, doi: 10.1039/d0na00026d.
- [24] A. Maradona et al., "Utilization of multiple organisms in a proposed early-warning biomonitoring system for real-time detection of contaminants: preliminary results and modeling," *Journal of Hazardous Materials*, vol. 219–220, pp. 95–102, Jun. 2012, doi: 10.1016/j.jhazmat.2012.03.064.
- [25] Z. Wang et al., "Free radical sensors based on inner-cutting graphene field-effect transistors," *Nature Communications*, vol. 10, no. 1, Apr. 2019, doi: 10.1038/s41467-019-09573-4.
- [26] R. Rákay, M. Višňovský, A. Galajdová, and D. Šimšík, "Testing properties of e-health system based on arduino," *Journal of Automation and Control*, vol. 3, no. 3, pp. 122–126, Dec. 2015, doi: 10.12691/automation-3-3-17.
- [27] X. Li et al., "Ultrasensitive label-free detection for lung cancer CYFRA 21-1 DNA based on ring-opening polymerization," *Talanta*, vol. 223, p. 121730, Feb. 2021, doi: 10.1016/j.talanta.2020.121730.
- [28] S. Sarai et al., "Detection of self-dose from an OSL dosimeter and a DIS dosimeter for environmental radiation monitoring," *Journal of Nuclear Science and Technology*, pp. 474–477, Aug. 2014, doi: 10.1080/00223131.2004.10875750.
- [29] A. Fučić, D. Markučić, A. Mijić, and A. Jazbec, "Estimation of genome damage after exposure to ionizing radiation and ultrasound used in industry," *Environmental and Molecular Mutagenesis*, Jan. 2000, doi: 10.1002/1098-2280(2000)36:1.
- [30] M. Hofstetter et al., "Real-time x-ray response of biocompatible solution gate AlGaIn/GaN high electron mobility transistor devices," *Applied Physics Letters*, vol. 96, no. 9, Mar. 2010, doi: 10.1063/1.3334682.
- [31] F. Yatagai et al., "Frozen human cells can record radiation damage accumulated during space flight: mutation induction and radioadaptation," *Radiation and Environmental Biophysics*, vol. 50, no. 1, pp. 125–134, Dec. 2010, doi: 10.1007/s00411-010-0348-3.
- [32] N. Kopjar and V. Garaj-Vrhovac, "Assessment of DNA damage in nuclear medicine personnel – comparative study with the alkaline comet assay and the chromosome aberration test," *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, vol. 208, no. 3, pp. 179–191, May 2005, doi: 10.1016/j.ijheh.2005.01.027.
- [33] V. Garaj-Vrhovac, N. Kopjar, and M. Poropat, "Evaluation of cytogenetic damage in nuclear medicine personnel occupationally exposed to low-level ionising radiation," *PubMed*, vol. 57, no. 1, pp. 31–8, Mar. 2006, [Online]. Available: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16605164>
- [34] M. Shakeri, F. Zakeri, V. Changizi, M. R. Rajabpour, and M. R. Farshidpour, "A cytogenetic biomonitoring of industrial radiographers occupationally exposed to low levels of ionizing radiation by using cbmn assay," *Radiation Protection Dosimetry*, vol. 175, no. 2, pp. 246–251, Nov. 2016, doi: 10.1093/rpd/ncw292.

- [35] S. Fesenko et al., "Comparative radiation impact on biota and man in the area affected by the accident at the Chernobyl nuclear power plant," *Journal of Environmental Radioactivity*, vol. 80, no. 1, pp. 1–25, Jan. 2005, doi: 10.1016/j.jenvrad.2004.08.011.
- [36] A. C. Upton, F. P. Conte, G. S. Hurst, and W. A. Mills, "The relative biological effectiveness of fast neutrons, X-Rays, and Γ -Rays for acute lethality in mice," *Radiation Research*, vol. 4, no. 2, p. 117, Feb. 1956, doi: 10.2307/3570348.
- [37] C. R. Mitchell et al., "Stable intrachromosomal biomarkers of past exposure to densely ionizing radiation in several chromosomes of exposed individuals," *Radiation Research*, vol. 162, no. 3, pp. 257–263, Sep. 2004, doi: 10.1667/rr3231.
- [38] P. Wang et al., "X-ray-Induced changes in the expression of Inflammation-Related genes in human peripheral blood," *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 15, no. 11, pp. 19516–19534, Oct. 2014, doi: 10.3390/ijms151119516.
- [39] M. Brengues et al., "BIODOSIMETRY ON SMALL BLOOD VOLUME USING GENE EXPRESSION ASSAY," *Health Physics*, vol. 98, no. 2, pp. 179–185, Feb. 2010, doi: 10.1097/01.hp.0000346706.44253.5c.
- [40] W. F. Blakely, D. J. Sandgren, V. Nagy, S.-Y. Kim, and N. I. Ossetrova, "MURINE partial-body radiation exposure model for biodosimetry studies — Preliminary report," *Radiation Measurements*, vol. 46, no. 9, pp. 898–902, Sep. 2011, doi: 10.1016/j.radmeas.2011.05.006.
- [41] J. B. Etzol et al., "DosiKit, a new immunoassay for fast radiation biodosimetry of hair and blood samples," *Radiation Research*, vol. 190, no. 5, p. 473, Aug. 2018, doi: 10.1667/rr15136.1.
- [42] R. Kudynski, J. Kudyńska, and H. A. Buckmaster, "The decay constant for irradiated human hair using EPR spectroscopy," *Applied Radiation and Isotopes*, vol. 45, no. 6, pp. 645–650, Jun. 1994, doi: 10.1016/0969-8043(94)90241-0.
- [43] J.-F. Wiart et al., "Pitfalls of toxicological investigations in hair, bones, and nails in extensively decomposed bodies: illustration with two cases," *International Journal of Legal Medicine*, vol. 134, no. 4, pp. 1339–1344, Mar. 2020, doi: 10.1007/s00414-020-02267-3.
- [44] S. T. Çam, M. Polat, and N. Seyhan, "The use of human hair as biodosimeter," *Applied Radiation and Isotopes*, vol. 94, pp. 272–281, Dec. 2014, doi: 10.1016/j.apradiso.2014.08.021.
- [45] R. S. Malyapa, C. Bi, E. W. Ahern, and J. L. R. Roti, "Detection of DNA Damage by the Alkaline Comet Assay after Exposure to Low-Dose Gamma Radiation," *Radiation Research*, vol. 149, no. 4, p. 396, Apr. 1998, doi: 10.2307/3579703.
- [46] L. Qiu et al., "Observation of DNA damage of human hepatoma cells irradiated by heavy ions using comet assay," *World Journal of Gastroenterology*, vol. 9, no. 7, p. 1450, Jan. 2003, doi: 10.3748/wjg.v9.i7.1450.
- [47] D. McKenna, B. Doherty, C. S. Downes, S. McKeown, and V. J. McKelvey-Martin, "Use of the Comet-FISH Assay to Compare DNA Damage and Repair in p53 and hTERT Genes following Ionizing Radiation," *PLOS ONE*, vol. 7, no. 11, p. e49364, Nov. 2012, doi: 10.1371/journal.pone.0049364.
- [48] V. Garaj-Vrhovac and N. Kopjar, "The alkaline Comet assay as biomarker in assessment of DNA damage in medical personnel occupationally exposed to ionizing radiation," *Mutagenesis*, vol. 18, no. 3, pp. 265–271, May 2003, doi: 10.1093/mutage/18.3.265.
- [49] A. N. Osipov, E. Arkhangelskaya, A. Vinokurov, H. M. Сметанина, A. Zhavoronkov, and D. Klokov, "DNA comet GiEMsa staining for conventional Bright-Field microscopy," *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 15, no. 4, pp. 6086–6095, Apr. 2014, doi: 10.3390/ijms15046086.
- [50] M. Gleib, T. Schneider, and W. Schlörmann, "Comet assay: an essential tool in toxicological research," *Archives of Toxicology*, vol. 90, no. 10, pp. 2315–2336, Jul. 2016, doi: 10.1007/s00204-016-1767-y.
- [51] J. Pouget, J. Ravanat, T. Douki, M. J. Richard, and J. Cadet, "Measurement of DNA base damage in cells exposed to low doses of gamma-radiation: comparison between the HPLC-EC and comet assays," *International Journal of Radiation*

- Biology, vol. 75, no. 1, pp. 51–58, Jan. 1999, doi: 10.1080/095530099140807.
- [52] A. Tichý et al., “The first in vivo multiparametric comparison of different radiation exposure biomarkers in human blood,” PLOS ONE, vol. 13, no. 2, p. e0193412, Feb. 2018, doi: 10.1371/journal.pone.0193412.
- [53] R. P. Balog et al., “Development of a point-of-care radiation biodosimeter: studies using novel protein biomarker panels in non-human primates,” International Journal of Radiation Biology, vol. 96, no. 1, pp. 35–46, Nov. 2018, doi: 10.1080/09553002.2018.1532612.
- [54] K. Matsumoto, M. J. Ramsey, D. Nelson, and J. D. Tucker, “Persistence of Radiation-Induced translocations in human peripheral blood determined by chromosome painting,” Radiation Research, vol. 149, no. 6, p. 602, Jun. 1998, doi: 10.2307/3579907.
- [55] J. A. Walker, D. R. Boreham, P. Unrau, and A. M. V. Duncan, “Chromosome content and ultrastructure of radiation-induced micronuclei,” Mutagenesis, vol. 11, no. 5, pp. 419–424, Jan. 1996, doi: 10.1093/mutage/11.5.419.
- [56] B. Miller, T. Werner, H.-U. Weier, and M. Nüsse, “Analysis of Radiation-Induced Micronuclei by Fluorescence In Situ Hybridization (FISH) Simultaneously Using Telomeric and Centromeric DNA Probes,” Radiation Research, vol. 131, no. 2, p. 177, Aug. 1992, doi: 10.2307/3578439.
- [57] Y. Huang et al., “The fate of micronucleated cells post X-irradiation detected by live cell imaging,” DNA Repair, vol. 10, no. 6, pp. 629–638, Jun. 2011, doi: 10.1016/j.dnarep.2011.04.010.
- [58] M. Lenarczyk, S. Goddu, D. V. Rao, and R. W. Howell, “Biologic dosimetry of bone marrow: induction of micronuclei in reticulocytes after exposure to 32P and 90Y,” PubMed, vol. 42, no. 1, pp. 162–9, Jan. 2001, [Online]. Available: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11197968>
- [59] T. L. Ryan, A. Pantelias, G. I. Terzoudi, G. E. Pantelias, and A. S. Balajee, “Use of human lymphocyte G0 PCCs to detect intra- and inter-chromosomal aberrations for early radiation biodosimetry and retrospective assessment of radiation-induced effects,” PLOS ONE, vol. 14, no. 5, p. e0216081, May 2019, doi: 10.1371/journal.pone.0216081.
- [60] Y. Chen et al., “Seventeen-year follow-up study on chromosomal aberrations in five victims accidentally exposed to several Gy of 60Co γ-rays,” Radiation and Environmental Biophysics, vol. 48, no. 1, pp. 57–65, Nov. 2008, doi: 10.1007/s00411-008-0203-y.
- [61] R. A. Kleinerman et al., “Chromosome aberrations in relation to radiation dose following Partial-Body exposures in three populations,” Radiation Research, vol. 123, no. 1, p. 93, Jul. 1990, doi: 10.2307/3577663.
- [62] C. Baudin, M. Bernier, D. Klovov, and M. G. Andreassi, “Biomarkers of Genotoxicity in Medical workers exposed to Low-Dose Ionizing Radiation: Systematic Review and Meta-Analyses,” International Journal of Molecular Sciences, vol. 22, no. 14, p. 7504, Jul. 2021, doi: 10.3390/ijms22147504.
- [63] J. D. Tucker et al., “Biological dosimetry of radiation workers at the Sellafield nuclear Facility,” Radiation Research, vol. 148, no. 3, p. 216, Sep. 1997, doi: 10.2307/3579605.
- [64] H. M. Swartz, B. B. Williams, R. J. Nicolalde, E. Demidenko, and A. B. Flood, “Overview of biodosimetry for management of unplanned exposures to ionizing radiation,” Radiation Measurements, vol. 46, no. 9, pp. 742–748, Sep. 2011, doi: 10.1016/j.radmeas.2011.03.011.
- [65] N. Dainiak, P. Berger, and J. Albanese, “Relevance and feasibility of multi-parameter assessment for management of mass casualties from a radiological event,” Experimental Hematology, vol. 35, no. 4, pp. 17–23, Apr. 2007, doi: 10.1016/j.exphem.2007.01.007.
- [66] S. Ayari, D. Dussault, M. Millette, M. Hamdi, and M. Lacroix, “Changes in membrane fatty acids and murein composition of *Bacillus cereus* and *Salmonella Typhi* induced by gamma irradiation treatment,” International Journal of Food Microbiology, vol. 135, no. 1, pp. 1–6, Sep. 2009, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2009.07.012.

- [67] D. Soghomonyan, A. Margaryan, K. Trchounian, K. Sh. Ohanyan, H. G. Badalyan, and A. Trchounian, "The Effects of Low Doses of Gamma-Radiation on Growth and Membrane Activity of *Pseudomonas aeruginosa* GRP3 and *Escherichia coli* M17," *Cell Biochemistry and Biophysics*, vol. 76, no. 1–2, pp. 209–217, Oct. 2017, doi: 10.1007/s12013-017-0831-4.
- [68] M. A. Selivanova, O. A. Mogil'naya, G. A. Badun, G. A. Vydryakova, A. M. Кузнецов, and N. S. Kudryasheva, "Effect of tritium on luminous marine bacteria and enzyme reactions," *Journal of Environmental Radioactivity*, vol. 120, pp. 19–25, Jun. 2013, doi: 10.1016/j.jenvrad.2013.01.003.
- [69] T. K. Outchma and B. P. Arisi, "Biodosimetry of *Escherichia coli* UV Inactivation in Model Juices with Regard to Dose Distribution in Annular UV Reactors," *Journal of Food Science*, vol. 69, no. 1, pp. FEP14–FEP22, Jan. 2004, doi: 10.1111/j.1365-2621.2004.tb17862.x.
- [70] E. L. Pannkuk, A. J. Fornace, and E. C. Laiakis, "Metabolomic applications in radiation biodosimetry: exploring radiation effects through small molecules," *International Journal of Radiation Biology*, vol. 93, no. 10, pp. 1151–1176, Jan. 2017, doi: 10.1080/09553002.2016.1269218.
- [71] E. Obrador et al., "Nuclear and radiological emergencies: biological effects, countermeasures and biodosimetry," *Antioxidants*, vol. 11, no. 6, p. 1098, May 2022, doi: 10.3390/antiox11061098.
- [72] M. B. Pinto, N. N. D. Santos, and A. Amaral, "Current status of biodosimetry based on standard cytogenetic methods," *Radiation and Environmental Biophysics*, vol. 49, no. 4, pp. 567–581, Jul. 2010, doi: 10.1007/s00411-010-0311-3.
- [73] B. M. Halm et al., "In vivo changes in plasma coenzyme Q10, carotenoid, tocopherol, and retinol levels in children after computer tomography," *Archives of Biochemistry and Biophysics*, vol. 547, pp. 37–43, Apr. 2014, doi: 10.1016/j.abb.2014.02.007.
- [74] H. Rezaeejam, A. Shirazi, M. Valizadeh, and P. Izadi, "Candidate gene biodosimeters of mice and human exposure to ionizing radiation by quantitative reverse transcription polymerase chain reaction," *Journal of Cancer Research and Therapeutics*, vol. 11, no. 3, p. 549, Jan. 2015, doi: 10.4103/0973-1482.160912.
- [75] S. Wakamiya and K. Yamauchi, "What are the standard functions of electronic clinical pathways?," *International Journal of Medical Informatics*, vol. 78, no. 8, pp. 543–550, Aug. 2009, doi: 10.1016/j.ijmedinf.2009.03.003.
- [76] Z. Řeháková et al., "CD27+ peripheral blood B-cells are a useful biodosimetric marker in vitro," *Physiological Research*, pp. 589–600, Jan. 2008, doi: 10.33549/physiolres.931220.
- [77] K. Nomura et al., "A flexible proximity sensor formed by duplex screen/screen-offset printing and its application to non-contact detection of human breathing," *Scientific Reports*, vol. 6, no. 1, Jan. 2016, doi: 10.1038/srep19947.
- [78] R. F. James et al., "Analysis of occupational radiation exposure during cerebral angiography utilizing a new real time radiation dose monitoring system," *Journal of NeuroInterventional Surgery*, vol. 7, no. 7, pp. 503–508, May 2014, doi: 10.1136/neurintsurg-2014-011215.
- [79] Y. Inaba, M. Nakamura, K. Chida, and M. Zuguchi, "Effectiveness of a novel real-time dosimeter in interventional radiology: a comparison of new and old radiation sensors," *Radiological Physics and Technology*, vol. 11, no. 4, pp. 445–450, Oct. 2018, doi: 10.1007/s12194-018-0484-z.
- [80] V. Sandblom et al., "Evaluation of the impact of a system for real-time visualisation of occupational radiation dose rate during fluoroscopically guided procedures," *Journal of Radiological Protection*, vol. 33, no. 3, pp. 693–702, Jul. 2013, doi: 10.1088/0952-4746/33/3/693.
- [81] M. Ahmad and R. Nath, "Three-dimensional radiotherapy of head and neck and esophageal carcinomas: A monoisocentric treatment technique to achieve improved dose distributions," *International Journal of Cancer*, Jan. 2001, doi: 10.1002/1097-0215(20010220)96:1.

- [82] K. Sexton, M. A. Callahan, and E. F. Bryan, "Estimating exposure and dose to characterize health risks: the role of human tissue monitoring in exposure assessment," *Environmental Health Perspectives*, vol. 103, no. suppl 3, pp. 13-29, Apr. 1995, doi: 10.1289/ehp.95103s313.
- [83] T. J. Smith, "Exposure assessment for occupational epidemiology," *American Journal of Industrial Medicine*, vol. 12, no. 3, pp. 249-268, Jan. 1987, doi: 10.1002/ajim.4700120303.
- [84] S. Mandal, K. K. Madhipatla, S. Guttikunda, I. Kloog, D. Prabhakaran, and J. Schwartz, "Ensemble averaging based assessment of spatiotemporal variations in ambient PM2.5 concentrations over Delhi, India, during 2010-2016," *Atmospheric Environment*, vol. 224, p. 117309, Mar. 2020, doi: 10.1016/j.atmosenv.2020.117309.
- [85] V. Aleksandropoulou, C. Mitsakou, C. Housiadas, and M. Lazaridis, "Particulate Matter Exposure and Dose Relationships Derived from Realistic Exposure Scenarios," *Indoor and Built Environment*, vol. 17, no. 3, pp. 237-246, Jun. 2008, doi: 10.1177/1420326x08091201.
- [86] W. B. Reid and H. E. Johns, "Measurement of Absorbed Dose with Calorimeter and Determination of W," *Radiation Research*, vol. 14, no. 1, p. 1, Jan. 1961, doi: 10.2307/3571052.
- [87] L. Williams et al., "DNA hypermethylation of CD3+ T cells from cord blood of infants exposed to intrauterine growth restriction," *Diabetologia*, vol. 59, no. 8, pp. 1714-1723, May 2016, doi: 10.1007/s00125-016-3983-7.
- [88] M. Lu et al., "Application of penalized linear regression methods to the selection of environmental enteropathy biomarkers," *Biomarker Research*, vol. 5, no. 1, Mar. 2017, doi: 10.1186/s40364-017-0089-4.
- [89] H. Tovalín, M. Valverde, M. T. Morandi, S. Blanco, L. W. Whitehead, and E. Rojas, "DNA damage in outdoor workers occupationally exposed to environmental air pollutants," *Occupational and Environmental Medicine*, vol. 63, no. 4, pp. 230-236, Apr. 2006, doi: 10.1136/oem.2005.019802.
- [90] J. T. Wu and L. Wu, "Linking inflammation and atherogenesis: Soluble markers identified for the detection of risk factors and for early risk assessment," *Clinica Chimica Acta*, vol. 366, no. 1-2, pp. 74-80, Apr. 2006, doi: 10.1016/j.cca.2005.10.016.
- [91] N. Hansmeier, T.-C. Chao, L. R. Goldman, F. R. Witter, and R. U. Halden, "Prioritization of biomarker targets in human umbilical cord blood: identification of proteins in infant blood serving as validated biomarkers in adults," *Environmental Health Perspectives*, vol. 120, no. 5, pp. 764-769, May 2012, doi: 10.1289/ehp.1104190.
- [92] A. K. Pandey et al., "Multipronged evaluation of genotoxicity in Indian petrol-pump workers," *Environmental and Molecular Mutagenesis*, vol. 49, no. 9, pp. 695-707, Dec. 2008, doi: 10.1002/em.20419.
- [93] M. S. Chin et al., "Hyperspectral imaging as an early biomarker for radiation exposure and microcirculatory damage," *Frontiers in Oncology*, vol. 5, Oct. 2015, doi: 10.3389/fonc.2015.00232.
- [94] N. I. Ossetrova et al., "Early-response biomarkers for assessment of radiation exposure in a mouse total-body irradiation model," *Health Physics*, vol. 106, no. 6, pp. 772-786, Jun. 2014, doi: 10.1097/hp.0000000000000094.
- [95] B. N. Pandey, A. Kumar, P. Tiwari, and K. P. Mishra, "Radiobiological basis in management of accidental radiation exposure," *International Journal of Radiation Biology*, vol. 86, no. 8, pp. 613-635, Aug. 2010, doi: 10.3109/09553001003746059.
- [96] M. De and V. K. Singh, "Multi-purpose photonic crystal fiber having advanced optical properties and long sensing range," *Photonics and Nanostructures: Fundamentals and Applications*, vol. 36, p. 100722, Sep. 2019, doi: 10.1016/j.photonics.2019.100722.
- [97] P. Bhardwaj, P. Bagdi, and A. K. Sen, "Microfluidic device based on a micro-hydrocyclone for particle-liquid separation," *Lab on a Chip*, vol. 11, no. 23, p. 4012, Jan. 2011, doi: 10.1039/c1lc20606k.
- [98] D. She and M. G. Allen, "A micromachined freestanding electrochemical sensor for

- measuring dissolved oxygen," *Journal of Microelectromechanical Systems*, vol. 28, no. 3, pp. 521–531, Jun. 2019, doi: 10.1109/jmems.2019.2903457.
- [99] X. Guo, J. Zhou, C. Du, and X. Wang, "Highly sensitive miniature All-Silica Fiber TIP Fabry-Perot Pressure Sensor," *IEEE Photonics Technology Letters*, vol. 31, no. 9, pp. 689–692, May 2019, doi: 10.1109/lpt.2019.2904420.
- [100] L. Binetti and L. S. M. Alwis, "Novel technique for meniscus height measurement of liquids using optical fibers," *IEEE Sensors Journal*, vol. 21, no. 18, pp. 20092–20098, Sep. 2021, doi: 10.1109/jsen.2021.3100644.
- [101] C.-C. Chen, M.-C. Shih, and K.-Y. Wu, "Exposure estimation using repeated blood concentration measurements," *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, vol. 24, no. 3, pp. 445–454, Aug. 2009, doi: 10.1007/s00477-009-0332-0.
- [102] Y. Li, X. Men, G. Gao, Y. Tian, Y. Wen, and X. Zhang, "A distance-based capillary biosensor using wettability alteration," *Lab on a Chip*, vol. 21, no. 4, pp. 719–724, Jan. 2021, doi: 10.1039/d0lc01147a.
- [103] Y. Narita et al., "Usefulness of a glass-free medical three-dimensional autostereoscopic display in neurosurgery," *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, vol. 9, no. 5, pp. 905–911, Feb. 2014, doi: 10.1007/s11548-014-0984-1.
- [104] X. Wang, L. I. Mudie, and C. J. Brady, "Crowdsourcing," *Current Opinion in Ophthalmology*, vol. 27, no. 3, pp. 256–261, May 2016, doi: 10.1097/icu.0000000000000251.
- [105] R. Pan et al., "A High-Sensitive Fiber-Optic Fabry-Perot sensor with parallel Polymer-Air cavities based on Vernier effect for simultaneous measurement of pressure and temperature," *IEEE Sensors Journal*, vol. 21, no. 19, pp. 21577–21585, Oct. 2021, doi: 10.1109/jsen.2021.3101863.
- [106] R. J. Whelan, T. Wohland, L. Neumann, B. Huang, B. K. Kobilka, and R. N. Zare, "Analysis of biomolecular interactions using a miniaturized surface plasmon resonance sensor," *Analytical Chemistry*, vol. 74, no. 17, pp. 4570–4576, Jul. 2002, doi: 10.1021/ac025669y.
- [107] S. Avino et al., "Detecting ionizing radiation with optical fibers down to biomedical doses," *Applied Physics Letters*, vol. 103, no. 18, Oct. 2013, doi: 10.1063/1.4826934.
- [108] Y. Luo, M. Hossain, C. Wang, Y. Qiao, L. Ma, and M. Su, "On-chip radiation biodosimetry with three-dimensional microtissues," *Analyst*, vol. 137, no. 15, p. 3441, Jan. 2012, doi: 10.1039/c2an35046g.
- [109] P. G. Bahubalindrani et al., "High-Gain transimpedance amplifier for flexible radiation dosimetry using INGAZNO TFTs," *IEEE Journal of the Electron Devices Society*, vol. 6, pp. 760–765, Jan. 2018, doi: 10.1109/jeds.2018.2850219.
- [110] A. J. Ricco, S. R. S. Maria, R. P. Hanel, and S. Bhattacharya, "BioSentinel: a 6U nanosatellite for Deep-Space Biological Science," *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, vol. 35, no. 3, pp. 6–18, Mar. 2020, doi: 10.1109/maes.2019.2953760.
- [111] W. A. Megid et al., "A novel method for biodosimetry," *Radiation and Environmental Biophysics*, Oct. 2006, doi: 10.1007/s00411-006-0072-1.
- [112] J. Caffrey and D. M. Hamby, "A review of instruments and methods for dosimetry in space," *Advances in Space Research*, vol. 47, no. 4, pp. 563–574, Feb. 2011, doi: 10.1016/j.asr.2010.10.005.
- [113] M. Durante, "Biomarkers of space radiation risk," *Radiation Research*, vol. 164, no. 4, pp. 467–473, Oct. 2005, doi: 10.1667/rr3359.1.

Sağır Yetişkinlerin İşiten Çocuklarının (CODA) Aile ve İletişim Deneyimleri

Nuran Korkmaz Odabaş¹

(1) İstanbul Okan Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Çocuk Gelişimi Bölümü, İstanbul, Türkiye.

Sorumlu yazar: Nuran Korkmaz Odabaş; nurkorkmaz@stu.okan.edu.tr

Makale Gönderim: 4 Mayıs 2024, Makale Revizyon: 30 Haziran 2024, Makale Kabul: 3 Eylül 2024, Makale Yayımlanma: 3 Ocak 2025

ÖZ

CODA'lar toplumda bir azınlık grubu olarak karşımıza çıkmaktadır. Diğer azınlık grupları gibi CODA'lar da toplumda görünür olmakta zorlanmakta, yeterli sosyal destek görememekte ve çok küçük yaşlardan itibaren çeşitli sorunlarla mücadele etmek durumunda kalabilmektedirler. Bu derleme çalışmasının amacı, CODA'ların aile ve iletişim deneyimleri ile ilgili ulusal ve uluslararası alanyazında yapılan çalışmaları incelemektir. Alanyazın incelemesiyle elde edilen sonuçlar, CODA'ların çocukluk dönemi yaşantıları ve aile ilişkileri, CODA'lar ve işaret dili ve CODA olmanın anlamı başlıkları altında sunulmuştur. CODA'lar en az bir ebeveyni sağır olan işiten çocuklardır. Sessizlik içinde bir ses olarak yaşından büyük sorumluluklar almakta, ebeveynlerinin çevresindekilerle iletişimini sağlamak amacıyla aracılık etmektedir. Aldığı sorumluluklarla kimi zaman yaşına bakılmaksızın önemli işleri çözmede danışılan kişi olmaktadır. Bu ağır sorumlulukların yüküyle toplumdan yeterli destek göremediğinde çeşitli psikososyal sorunlar yaşayabilmektedir. Toplumun bilinçlendirilmesi ve CODA'lara yeterli destek sunulmasıyla bu problemlerin oluşması engellenebilir.

Anahtar Kelimeler: CODA, İşitme Engellilik, Aile, İşaret Dili, İletişim

Family and Communication Experiences of Hearing Children of Deaf Adults (CODA)

ABSTRACT

CODAs are a minority group in society. Like other minority groups, CODAs have difficulty in being

visible in society, do not receive adequate social support and may have to struggle with various problems from a very young age. The aim of this review study is to examine the national and international literature on the family and communication experiences of CODAs. The results obtained from the literature review are presented under the titles of CODAs' childhood experiences and family relationships, CODAs and sign language, and what it means to be a CODA. CODAs are hearing children with at least one deaf parent. As a voice in silence, they take on responsibilities beyond their age and act as intermediaries to enable their parents to communicate with those around them. With their responsibilities, they are sometimes consulted to solve important problems, regardless of their age. With the burden of these heavy responsibilities, they may experience various psychosocial problems when they do not receive adequate support from the community. These problems can be prevented by raising public awareness and providing adequate support to CODAs.

Keywords: CODA, Deafness, Family, Sign Language, Communication

1. Giriş

Sağır toplum ve kültüründe CODA'ların yerini incelemeden önce sağır ve işitme engelli kavramlarının benzerlikleri ve farklılıklarını belirlemek önemlidir. Sağır ve işitme engelli ifadeleri çoğu zaman birbiri yerine kullanılmakta, bu durum kavram karmaşasına neden olmaktadır. İşitme engellilerin duyma eşiği normal düzey

olarak kabul edilen 25 dB eşik değerinin altında olmak ve hafif, orta, şiddetli ya da ağır olmak üzere farklı düzeylerde görülebilmektedir. İşitmede zorluk çeken kişilerin bir ya da iki kulağı etkilenmektedir. İşitme cihazı ya da koklear implant kullanarak konuşma diliyle iletişim kurabilmektedirler. Sağırılar ise ağır işitme kaybı nedeniyle ya çok az duymakta ya da hiç duymamaktadırlar. İletişim kurabilmek için işaret dilini kullanmaktadırlar [1].

Engellilik durumu, tıbbi, sosyal ve biyopsikososyal olmak üzere üç modelle açıklanmaktadır. Tıbbi model engelliliği bireye atfederek patoloji olarak değerlendirip, tıbbi müdahalelerle düzeltmeye çalışır. Tıbbi modele karşı olarak gelişen sosyal model, engel durumunu birey yerine sosyal çevreye atfedip, sosyal alandaki engellerin bireyi kısıtladığını bu nedenle bu engellerin kaldırılması gerektiğini savunmaktadır. Tıbbi ve sosyal modelin bakış açılarını bir araya getirerek oluşturulan biyopsikososyal model ise birey ve çevrenin birbirinden ayrılamayacağını, engel durumunun sosyal çevrede meydana gelen engellerle karşılaştığında ortaya çıktığını savunmaktadır [2, 3].

Milli Eğitim Bakanlığı (MEB), genel bir ifadeyle işitmede yetersizlik yaşayan kişiler için tıbbi bir terim olan işitme engelli ifadesini kullanmaktadır [4]. Sosyal model kayıp durumunu belirten işitme engelli ifadesi yerine ortak dili, gelenekleri ve değerleri olan bir toplumu da tanımlayan sağır ifadesini kullanmaktadır. Sağır topluluğunun üyeleri de kendilerini baş harfi küçük "s" olan sağır İngilizce ifadesiyle deaf(fiziksel olarak işitmeyen) görmemekte, kültürel bir ifade olan baş harfi büyük "S" olan Sağır(Deaf)kelimesini kullanmaktadırlar [1, 5, 6]. Sağır toplumu bu ifadeyle, kullandıkları işaret dili ve kendilerine ait kültürleriyle bir azınlık grubu olarak işiten topluluktan ayrıştıklarını da belirtmektedirler [1, 3, 6]. Sağır toplum, sadece sağır bireylerden

oluşmamakta, sağır bireylerin işiten ya da sağır ebeveynleri ve çocukları da bu topluluk içinde yer almaktadır.

Çocukların her biri eşsiz bir ailenin içine doğar ve içinde büyüdükleri aile onların kişiliğinde önemli izler bırakır. Sağır ebeveynlerin yetiştirdiği işiten çocuklar da gelişimsel ve kültürel olarak benzersiz bir grup olarak karşımıza çıkmaktadır [7]. Sağır ebeveynlerin %90'ının işiten çocuğunun olması [8] ve bu çocukların işiten ebeveynlerin çocuklarına göre farklı koşullarda yetişmesi durumuna yönelik olarak araştırma yapılma ihtiyacı doğmuştur. Bu çocuklar, İngilizce tanımlamasının kısaltmasıyla CODA (Child of Deaf Adults) olarak adlandırılmaktadırlar. CODA kavramı, ebeveynlerinden en az biri sağır olan çocukları ifade etmektedir [9].

CODA'lar, Sağır ebeveynlerin çocukları olmaları nedeniyle farklı dil ve kültüre sahip olmakta, aynı zamanda Sağır kültürü ve topluluğu ile işiten dünya arasında kalmaktadırlar [10]. CODA'ların içine doğdukları ailenin ve toplumun kullandıkları dil arasında farklılıklar görülmektedir. İşaret dili, CODA'ların öğrendikleri ilk dil olması ve aileleriyle iletişim kurmak amacıyla kullandıkları bir dil olması nedeniyle doğal bir dil niteliği taşımaktadır [11]. İşaret dilini doğumdan itibaren ebeveynlerinden öğrenirlerken, işiten topluluğun kullandığı konuşma dilini de sonradan akrabalarından, varsa büyük kardeşlerinden, yaşlılarından ya da okulda öğrenebilmektedirler [12]. Hem işaret dilini hem de işiten toplumun dilini kullanmaları ailelerindeki, Sağırılar topluluğundaki ve işiten dünyadaki konumlarını belirlemede önemli bir etken olmuştur [13].

CODA'lar içinde bulundukları konumdan dolayı birçok avantaj ve dezavantajı birlikte yaşayabilmektedirler. Geçmiş yıllarda yapılmış çalışmalar incelendiğinde, CODA kimliğinden ve CODA kimliğinde yer alan bileşenlerden çift dillilik ve çift kültürlülüğün getirdiği sorumluluk ve

rollerin farkındalığı temelinde meydana gelen üç eğilimden bahsedilebilir: aradalık hissi ve bu durumla ilişkili kimlik gelişimi; Sağır kültürüne aidiyet hissi ve Sağır kimliğiyle özdeşim; sosyal bir grup kimliği olarak CODA kimliğini kabullenme [12, 13, 14]. Aynı zamanda CODA'lar dil aracılığı [11, 12, 13, 14], ebeveynlerini koruma [12, 14], ebeveynlik rolü [12, 14, 15] ve damgalanmayla baş etme [13] gibi sorumlulukları üstlenirken çeşitli avantaj ve dezavantajlarla karşı karşıya kalmaktadırlar.

Alanyazın incelendiğinde CODA'larla ilgili çalışmaların sınırlı sayıda olduğu görülmüştür. Bir azınlık grubu olarak CODA'ların, alacakları sosyal desteğin artmasının önce farkındalığın artmasıyla mümkün olabileceği düşünülmektedir. Bu bakımdan, bu çalışmanın da farkındalık yaratmada önemli bir katkı sunacağı düşünülmektedir. Bu çalışmada, CODA'larla ilgili güncel çalışmaların incelenmesi, bu çalışmalardan elde edilen bilgilerle CODA'ların yaşam deneyimleri ve çocukluklarından itibaren yaşadıkları problemlerle avantajların tartışılması amaçlanmıştır.

2. CODA'ların Çocukluk Dönemi Yaşantıları ve Aile İlişkileri

CODA'ların yaşam deneyimlerini anlayabilmek için önce çocukluk dönemi yaşantılarına bakmak; onların dünyaya geldiği ve büyüdüğü koşulları, aile içindeki ve toplumdaki konumlarını ve ilk çocuk ya da tek çocuk olarak büyümenin CODA'lar için ne anlama geldiğini anlamak önem arz etmektedir. CODA'ların aile yapılarına bakıldığında ev içi sorumlulukların paylaşılması ve ortak aktiviteler bakımından diğer ailelere benzediği; ancak işiten kişilerle iletişim gerektiren işlerde diğer ailelerden farklılaştığı görülmektedir. Bu ailelerde iletişim ile ilgili kısımları CODA'lar ve varsa evde yaşayan diğer aile üyeleri gerçekleştirmektedir. Geniş aileyle yaşamak CODA'ların dil gelişimi süreçlerine

önemli bir katkı sunsa da aile içinde otorite figürü olma ve karar alma süreçleri ile ilgili problemleri de beraberinde getirebilmektedir [6]. Sözlü iletişime geçilen kişilerin, CODA çocuklar ya da diğer işiten aile üyeleriyle iletişime geçmeleri de sağır ebeveynlerin otoritesini sarsabilmektedir [11].

Ebeveynlerin otoritelerinin sarsılma tehlikesi CODA'ların dil aracılığı yapımlarıyla başlamaktadır. CODA'lar, çekirdek ailelerinde kullandıkları işaret dili ve işiten yakın akrabalarından öğrendikleri dil nedeniyle, çok küçük yaşlarından itibaren anne babalarının çevirmenliğini yaparak erken yaşta yetişkin dünyasına dâhil olmaktadır. Bu çevirmenlik rolünün yelpazesi izlenilen programı anlatmaktan eşya alımı yapmaya, aileleri için herhangi birine yön sormaktan hukuki konulara bakmaya kadar geniş olmaktadır [16]. Çevirmenlik yaparken kimi zaman çözüm ve karar mercii olabilmekte kimi zamanda iletişim eksikliği nedeniyle kendilerini çatışmaların ortasında bulabilmektedirler [17]. Bu durum, CODA'ların bulundukları yaş grubuna göre daha fazla sorumluluk almalarına ve daha fazla sorunla uğraşmalarına neden olmaktadır.

CODA'ların en çok aldıkları sorumluluklar, anne babalarının kendi ebeveynleri ile iletişimlerini sağlamak, geniş aile içi iletişim problemlerinde dil aracılığıyla çözümde yer alma, ailelerini sağlık kontrolleri için hastaneye götürme ve burada doktorla ebeveynleri arasındaki iletişimi sağlama, kamu işlerinde tercümanlık yapma gibi yetişkin sorumluluklarıdır [12, 17, 18]. Bu sorumluluklar, aile içindeki işleyişlerle ilgili olduğu kadar kendi gelişim süreçleriyle ilgili de olabilmektedir. Okul sürecinde dersler konusunda ailesinden yeterli desteği alamamakta, okul seçimlerini kendi yapmakta, veli toplantılarında ebeveynleri ve öğretmeni arasında çevirmenlik yaparak aslında öğretmeninden belki de duymaması gereken cümleleri duyabilmektedir [13, 17].

Kardeş sayısı ya da doğum sırası gibi durumlar da ebeveyn sorumluluğunu hissetme, alınan sorumluluk boyutu ve kardeşler arası iletişimin niteliğinde belirleyici olabilmektedir. En büyük çocuk olma, ebeveyn sorumluluğunu en fazla alan kişi olmanın yanında kardeşlerle ilgilenmeyi de gerektirmektedir ki bu da kardeşler büyüyene kadar hatta büyüdükten sonra da sürebilmektedir [10]. Kardeşler arasındaki iletişimin niteliğine bağlı olarak bu sorumluluklar paylaşılabilmekte, devredilebilmekte ya da tek bir çocuğun üzerine kalabilmektedir [15, 17]. Erken yaşlardan itibaren alınan tüm bu sorumlulukların ana nedeni olarak karşımıza CODA'ların çift dilli olmaları çıkmaktadır. İşaret dilinin CODA'lar ve aileleri için anlamı ve önemine değinmeden bu sorumlulukları anlamlandırmak zorlaşacaktır.

3. CODA'lar ve İşaret Dili

İnsanların iletişimini sağlayan, ortak bir kararla oluşturulmuş sözel veya görsel işaretlerin kullanıldığı sistem dil; zamanla ses, anlam ve biçim olarak birbirinden az da olsa farklılaşmış dillerin kaynağı da ana dil olarak tanımlanmaktadır [19]. Sağır toplum üyeleri, sağır olmayı ve işaret dilini kullanmayı kültürel bir özellik olarak tanımlamakta ve özellikle koklear implant gibi yöntemleri bu nedenlerle reddetmektedirler [3]. CODA'ların ebeveynlerinin en az birinin çoğunlukla ikisinin de sağır olması ve ebeveynlerinin koklear implant ya da işitme cihazı kullanmama durumlarının yüksek olmasından kaynaklı evde konuşulan hâkim dil işaret dilidir [20, 21, 22]. İşiten dünyanın kullandığı dili ise evde ya da yakın çevrelerinde bulunan sözlü iletişimi kullanan kişiler tarafından sonradan öğrenmektedirler [12]. Yapılan araştırmalarda, CODA'ların anadillerini işaret dili, ikinci dillerini de bulundukları ülkede kullanılan hâkim dil olarak tanımladıkları görülmüştür [11, 12, 13, 14]. Bu durum CODA'ların çift dilli olduklarını göstermektedir [7, 11, 12, 23, 24]. Aynı zamanda

CODA'ların çoğunun, sağır ebeveynleriyle iletişim kurarken sadece işaret dilini değil konuşma dilini de kullandığı görülmüştür [13].

İşaret dili CODA'ların anadili olmasının yanında şu anlamları da taşımaktadır: iletişim aracı olarak ebeveynleriyle ve sağır topluluğuyla bağ kurmayı sağlama, yaşamlarının odağı olma, tercümanlık mesleği imkânını sunma ve sağır topluluğunun birbirleriyle ve işiten toplulukla iletişim kurmalarını sağlayarak görünür olmalarına katkı sunma [17]. İşaret dilinin taşıdığı tüm bu anlamların yanında bir görevi de vardır: sağır topluluğu kültürünün aktarıcısı olmak. Bu kültürü aktaranlar da hem sağır topluluğunun hem de işiten topluluğun doğal üyesi olan CODA'lar olmaktadır. CODA'lar her iki topluluk arasında adeta birer köprü vazifesi görmektedirler [12]. Çift kültürlü olmaları ve köprü vazifesi görmeleri nedeniyle CODA'lar zaman zaman bir topluma ya da her iki topluma birden aidiyet hissetmekte, aidiyet hissi geliştiremeyenler de arada kalmışlığı hissetmekte ve tüm bu süreçler CODA'ların kimliklenme süreçlerine etki etmektedir [10, 16, 17, 25, 26, 27].

Kendini sağır toplumuna ait hissedenler; kendilerini Sağır toplumunun işiten sesi olarak görmekte [13], işaret diline olan hakimiyetleri, hissettikleri sorumluluk ve işiten toplumun gösterdiği tutumlar nedeniyle bu aidiyet hissini geliştirdiklerini belirtmektedirler [12, 17]. Hem işiten hem de Sağır topluluğuna aidiyet geliştirdiğini ifade edenler ise iki kültür arasındaki örtüşmelerden dolayı bir tercihte bulunmadıklarını, kendilerini iki kültür arasında konumlandırabildiklerini ifade etmektedirler [10, 26]. Çift dilliliğin ve çift kültürlülüğün avantaj ve dezavantajlarını yine aynı anda deneyimleyen CODA'ların yaşamlarının seçim yapmak üzerine kurulu olduğu görülmektedir.

CODA'ların yaşamındaki diğer bir seçim ise hangi dili konuşacakları üzerinedir. İşaret dilini tercih

edenlerin; içine doğdukları ailenin dili olması, sağır topluluğuna olan aidiyet hissi, kendilerini daha rahat ifade edebildiklerini hissetme ve kültür aracılığı yapmaları gibi nedenler sundukları görülmüştür [12, 17]. İşiten topluluğun dilini seçenler azınlık olarak karşımıza çıksa da; bu dili seçenlerin nedenleri arasında kendilerini sözel olarak daha rahat ifade edebilmeleri yer almaktadır [17]. Her iki dili de seçenlerin oranı oldukça yüksek olmakla birlikte seçme nedenleri arasında iki dildeki eksikleri bu şekilde tamamlayabilmeleri ve her iki kültüre ait hissetmelerinin etkili olması gösterilmektedir [12]. CODA'larla yapılan bir çalışmada, herhangi bir yönlendirme yapılmadığında doğal olarak iki dili birden kullandıklarının görülmesi [28] de bu nedenleri desteklemektedir.

İşaret dili ülkelere, bölgelere, ailelere göre değişebilmektedir [29]. Ülkelerin ulusal işaret dilleri o ülkedeki büyük Sağır topluluklarının kullandığı dile göre şekillenmektedir [30]. Ülkelerin eğitim politikaları doğrultusunda sağır çocuklara gerekli eğitimler verilerek ulusal işaret dillerini öğrenme imkanı sunulmaktadır. Coda'ların Sağır ebeveynlerinde gerekli eğitime ulaşamama veya aileden öğrenememe durumlarına bağlı olarak ev işareti (homesign) kullanımı görülebilmektedir. Ev işareti sağır çocukların kendilerinin ürettiği jestsel sözcük öbeklerini içeren işaretlerdir [30, 31]. Coda'ların bir kısmı anadil olarak ev işaretlerini öğrenmekte, ulusal işaret dilini ise eğitim alarak öğrenebilmektedir. Sağır ebeveynlerin ulusal işaret dilini bilmemeleri tercüman desteği almalarını güçleştirmekte [29], Coda'ların dil aracılığına olan ihtiyacın devam etmesine neden olmaktadır.

Ülkemizdeki Türk İşaret Dili ve tercümanlık eğitimlerinde son yıllarda artış olmuştur. Bu eğitimler MEB onaylı sertifika programı olarak halk eğitim merkezleri ve özel kurslar tarafından

verilmektedir. YÖK'ün "Engelsiz Üniversiteler" çalışmasıyla 2018 tarihinde Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü'nde Türk İşaret Dili ve Sağır Çalışmaları Anabilim Dalı kurulmuş ve bu anabilim dalında Türk İşaret Dili Tercümanlığı Tezsiz Yüksek Lisans Programı açılmıştır [32]. Türk İşaret Dili eğitimlerinin artması ve yüksek lisans programlarının açılması ile birlikte Türk işaret dili ile ilgili çalışmalarda da artış yaşanmıştır. Bu artış sağır toplum için umut vadetmektedir. Bu çalışmalar, Türk İşaret Dili'ni öğrenme ve çeviri sistemlerini geliştirme [33, 34, 35, 36], Türk İşaret Dili'nin önemi ve tarihi [30, 37, 38, 39], Türk İşaret Dili eğitime yönelik sorunlar [40, 5], Türk İşaret Dili çalışmalarıyla Sağır topluma yönelik olumsuz tutumları değiştirme [41] ve Sağır toplumun çeviri hizmetinden memnuniyetlerini anlamaya yönelik [42, 43] konularını merkeze ele alan çalışmalardır.

Türk işaret dili ile ilgili çalışmaların ve eğitimlerin artması Coda'ların ve Sağır toplumunun görünürlüğünü arttırma ve Sağır bireylere sağlanacak tercüman desteğinin artmasını sağlamada önem arz etmektedir. Ancak Türk İşaret Dili eğitimiyle ilgili yaşanan sorunlar bu yararların önüne geçebilmektedir. Selvi ve Yıldırım (2023) Türk işaret dili eğitiminde yaşanan sorunları inceledikleri çalışmada Türkiyede'ki işaret dili eğitmenliğiyle ilgili bir yasal düzenleme olmadığı, işaret dili eğitmenleri için gerekli kriterlerin oluşturulmadığı ve Türk işaret dili eğitimlerinde hatalı ya da eksik öğretimin olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Bu durum Sağır bireylerin alacağı tercümanlık hizmetinin niteliğini düşürmekte ve tercümana olan güveni zedelemekte, CODA'lara olan ihtiyacın devam etmesine neden olmaktadır [43].

Tüm bu sorunlarla birlikte çok küçük yaşlarından itibaren işiten ve işitmeyenler arasında dil aracılığı sağlayarak bu iki topluluğu birbirine bağlamak gibi büyük sorumlulukları yerine

getirirken bazen aidiyet hissiyle arada kalmışlık arasında duygu geçişleri yaşayabilen CODA'ların; nasıl bireyler olduğunu, kimlik gelişim süreçlerini ve yaşadıkları psikososyal sorunları anlamada tüm bu süreçlerin etkili olacağı düşünülmektedir.

4. CODA Olmanın Anlamı

CODA'lar bu tanımlamayı öğrenmeden önce de kendilerini farklı bir topluluk olarak hissettiklerini belirtmişlerdir. Ne tam olarak işiten dünyasına ne de Sağır dünyasına aittirler. Çoğunun benzer deneyimler yaşayıp, benzer duyguları deneyimlemeleri bir grup olarak tanımlanma ihtiyacının oluşmasına neden olmuştur [10]. Bu grubun özellikleri arasında çift dilliliğin getirdiği konuşma gecikmeleri, dil aracılığı nedeniyle yaşından büyük sorumluluklar alma, erken olgunlaşma hatta ebeveynleşme, çift kültürlülükle ilişkili aradalık hissi, sağır toplumunu işiten topluma karşı savunma durumunda kalma; ebeveynlerinin işitme engelinden dolayı damgalanmayla yüzleşme, güven sorunları yaşama, ailesi için sürekli endişe hissetme ve aşırı fedakârlık yapma gibi durumlarla karşı karşıya kalabilmektedirler [13, 17, 20, 26]. Tüm bu süreçler boyunca sevgi, kabullenme, sorumluluk, iyimserlik gibi hissettiği olumlu duyguların yanında; utanma, öfke, üzüntü dışlanmışlık gibi olumsuz duyguları da hissetmektedir [17, 20].

İşaretlerin yoğun olarak kullanıldığı bir ortamda büyüyen CODA'larda sözlü iletişimin sonradan öğrenilmesi ve sözlü iletişime yetersiz maruz kalmaya bağlı olarak konuşma problemleri görülebilmektedir [14, 20, 44, 45]. Özellikle tek çocuk olan ve izole yaşayan sağır ailelerin çocuklarının konuşma problemleri, anaokuluna başlayana kadar fark edilememekte, anaokulu sürecinde özel eğitime yönlendirilebilmektedirler [14]. Evde işiten büyüklerin ya da büyük kardeşin olduğu evlerde büyüyen CODA'larda işaret dili baskın dil olarak görülse de konuşma

problemlerinin daha az olduğu bulgulanmıştır [21]. Tek çocuk olarak büyüyen CODA'larda işittiğinin farkına varma ve sağır anne babasından farklı olduğunu keşfetme de işiten kalabalık bir grupla vakit geçirdiği okul sürecinde olmaktadır. Büyükanne ve büyükbabayla büyüse de komşularla arada konuşsa da farklı olduğunun farkına varma sürecinin yine okul döneminde olduğunu belirtenler de olmuştur. Arkadaşlarıyla iletişim kurdukça ve arkadaşlarının aileleriyle iletişimlerini gözlemledikçe de farklı olduğu düşüncesini pekiştirmiştir [14].

Konuşmaya başladığında dil aracılığına yönlendirilmesi, yaşından büyük sorumluluklar verilmesi ve aslında yaşına göre duymaması gereken cümlelere maruz bırakılması, CODA'larda erken olgunlaşma ve ebeveynleşme görülmesine neden olabilmektedir [12, 13, 17]. Erken olgunlaşma, yaşından büyük davranma olarak da ifade edilebilmektedir. Bu durum karşımıza anne babasının sorumluluklarını alma, yine sağır anne babasını ailedeki işiten kişi olarak dış tehlikelere karşı koruma adeta onlara ebeveynlik yapma, kardeşlerinin bakımıyla ilgilenme onlara ebeveynlik yapma olarak çıkabilmektedir [10, 14, 15, 17, 45]. Çocukluğundan itibaren işiten toplumun alaycı cümlelerini duyan, damgalanmaya maruz kalan CODA'lar üzüntü, utanç ve öfke duygularını yaşamakta, sağır ebeveynlerine karşı daha fazla koruyucu tutum gösterip onları işiten topluma karşı savunma ihtiyacı duyabilmektedirler [17, 20, 45]. Böylece ebeveyn sorumluluğu daha da pekişmektedir.

Çift kültürlülüğün ve bir engel grubuyla yaşamının getirdiği sorumluluklarla büyüyen çocuk, kendisini nereye konumlandırabileceği konusunda da kafa karışıklığı yaşayabilmektedir. Ne tam anlamıyla sağır topluluğunun üyesidir ne de olumsuz tutumlara maruz kaldığı işiten topluluğa ait hissetmektedir [11, 17]. İki grup arasında seçim yapmak istemeyenler her iki

kültürün arasında bir konum benimseyebilmektedirler. Savunuculuk ve koruyuculuk rolü baskın olan CODA'lar sağır topluluğuna aidiyet geliştirmekte, kimi de her iki topluluğun arasında kalabilmektedir [10, 26]. Arada kaldığını düşünen CODA'lar aradalık hissinin getirdiği duygularla da mücadele etmek durumunda kalabilmektedirler [7, 12].

CODA'lar ve ailelerinin, tüm bu süreçlerde sosyal destekten mahrum kaldıkları ya da yetersiz destek aldıkları görülmektedir [12, 13, 16, 46]. Bu nedenle olumlu ve olumsuz duygularla kendi başlarına baş etmek durumunda kalabilmektedirler [17, 20]. Burada CODA'ların duygu düzenleme stratejileri ön plana çıkmakta, zorlu durumlara karşı farklı baş etme yöntemleri geliştirdikleri görülmektedir [17]. Durumunu kabullenme ve özdeşim kurma aşamalarını tamamladıktan sonra benliklerini sağlıklı bir şekilde inşa edebildikleri görülmüştür [45].

5. CODA'ların Aile ve İletişim Deneyimleri ile İlgili Yapılmış Çalışmalar

CODA'ların aile ve iletişim deneyimleri ile ilgili ülkemizde ve dünyada çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların bir kısmını paylaşacak olursak; Erdoğan (2018) CODA'ların aile ve iletişim deneyimlerini anlamlandırmak ve yorumlamak amacıyla yaptığı çalışmada 4 farklı şehirden katılım sağlayan 4 kadın ve 7 erkek CODA ile nitel araştırma deseni kullanarak çalışmıştır. Yarı yapılandırılmış görüşmeler sonucunda elde ettiği sonuçlar şu şekildedir: CODA kimliği oluşumunda üç örüntünün takip edildiği bulunmuştur. Bu örüntüler; kendini iki kültür arasında konumlandırma, işitme engelli kültüre aidiyet hissetme ve bir grup kimliği olarak Coda kimliğini kabullenme olarak belirtilmiştir. Ayrıca işitme engelliler toplumunun bir parçası olarak kendini konumlandıran CODA'ların maruz kaldıkları ayrımcı davranış ve ön yargılı tutumların CODA'ların meslek tercihlerini ve

psikososyal gelişimlerini etkilediği görülmüştür. Yapılan çalışma sonucunda CODA'ları ve ailelerini kapsayacak yeni bir aile yaklaşımının benimsenmesinin ve işitme engelliler ile CODA'ları konu alan çalışmaların yapılmasının gerekliliğine değinilmiştir [6].

Alsancak (2018) sağır ailelerin çocuklarının psikososyal sorunlarını saptamak amacıyla nitel ve nicel araştırma özelliklerini kullanarak 41 CODA bireyle çalışma yapmıştır. Katılımcılar sağır ailelerin çocuklarından oluşan bir derneğin üyelerinden oluşturulmuştur. Veriler açık uçlu sorular kullanılarak toplanmıştır. Araştırmanın sonucunda elde edilen bulgular; CODA'ların erken yaşlardan itibaren aldıkları sorumluluklar ve aile içi iletişimdeki aracı rollerinden kaynaklı yaşadıkları bazı sorunları ortaya koymuştur. Bu sorunların yanında bazı avantajlara da dikkat çekilmiştir. Bu avantajlar; işaret diline hakim olma, çift dilli olma ve sorumluluk alarak büyümenin verdiği güçlülük hissi olarak belirtilmiştir. CODA'ların yaşadıkları problemlerin çözümüne yönelik işaret dilinin kültürel bir dil olarak kabul edilip işaret dilini bilmeyen kişilere öğretilmesi, CODA'lar ve ailelerine psikolojik destek sağlanması, CODA'ların dil gelişim süreçlerini desteklemek amacıyla CODA çocuklar için dil okullarının hayata geçirilmesi önerilmiştir [20].

Arabacı (2018) Türkiye'deki sağır ebeveynlerin işiten çocuklarının deneyimlerini incelediği çalışmada nitel araştırma yöntemini kullanmıştır. 11 işiten yetişkin katılımcıdan yarı yapılandırılmış görüşme tekniği kullanılarak veri toplanmıştır. Araştırmanın sonucunda, işiten çocukların işaret dilini kullanarak sağır ebeveynleriyle iletişim kurmalarına rağmen ebeveynleriyle genelde yüzeysel sohbetler yaptıkları derin konuları konuşamadıkları saptanmıştır. Erken yaşlardan itibaren tercümanlık yaptıklarını, işiten toplum ve sağır ebeveynleri arasında köprü vazifesi gördüklerini ifade eden işiten çocuklar çoğu

zaman kendilerini iki toplumun ortasında hissettiklerini ortaya koymuştur. Erken yaşlardan itibaren sağır ebeveynlerinin işiten dünyaya karşı kulakları oldukları, bu nedenle ebeveynleriyle rol değişimi yaşadıkları ve işiten toplumun olumsuz yaklaşımlarına karşı ebeveynlerini koruma zorunluğu hissettikleri belirtilmiştir. CODA'ların dil gelişimleriyle ilgili nicel çalışmaların yapılması, işaret dili ve tercümanlık eğitimlerinin yaygınlaştırılması, tüm resmi kurumlarda işaret dili tercümanı bulundurulması, CODA'lara yönelik rehberlik ve psikolojik danışmanlık hizmetlerinin sunulması önerilmiştir [47].

Moroe ve De Andrade (2018) CODA bireylerin çocukluk dönemlerindeki dil aracılığı ile ilgili deneyimlerini inceledikleri çalışmada nitel çalışma modelini kullanmışlardır. Çalışmanın verilerini 2 erkek ve 8 kadın katılımcıyla yaptıkları yarı yapılandırılmış görüşmelerle elde etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda, CODA'ların çok erken yaşlardan itibaren aileleri için dil aracılığı yaparak tercümanlık yaptıkları, gelişimsel olarak hazır olmadıkları zorlayıcı durumların içinde bulundukları ve dil aracılığının duygusal olarak zorlayıcı olduğu bulunmuştur. Genç CODA'ların ruh sağlığı ve gelişimlerinin mutidisipliner yöntemlerle ele alınması gerektiği önerilmiştir [15].

Frank (2019) nitel araştırma yöntemini kullanarak sağır bir ailede tek çocuk olarak büyüyen bireylerin kimlik gelişimlerini inlemiştir. Katılımcılar yaşları 18 ila 40 arasında değişen 8 erkek ve 5 kadından oluşmaktadır. Araştırmanın sonucunda, katılımcıların çoğunun okula başlayana kadar işittiklerini fark etmedikleri, tercüman olarak görev yaptıkları ve ailelerinde tek işiten olmaları nedeniyle ebeveynlerini koruma sorumluluğunu aldıkları bulunmuştur. Katılımcılar okul toplantıları, doktor randevuları, etkinlikler gibi durumlarda ebeveynleri için tercümanlık yapmalarının istendiğini belirtmişlerdir. İşitme engelli ebeveynlerin eylemlerinin sonuçları konusunda bilgilendiril-

meleri, okullar ve kurumların sağır kültürüne hakim olmaları ve bu kurumlarda profesyonel tercüman desteği sunulması önerilmiştir [14].

Moroe (2019) CODA'ların Sağır topluluk içindeki aidiyet ve bağlılık deneyimlerini incelediği çalışmada nitel araştırma desenini kullanmıştır. Çalışmanın verilerini yarı yapılandırılmış görüşmelerle 10 CODA'dan toplamıştır. Araştırmanın sonucunda iki dünya arasında bölünmüşlük hissi ve damgalanma ve utanç hissi olmak üzere iki tema ortaya çıkmıştır. CODA'ların çoğunluğu iki kültüre de aidiyet hissetmekle birlikte Sağır topluluğunu tercih ettiklerini belirtmişlerdir. Bu tercihlerinin gerekçesi olarak aile bağlarını ve işaret dili öğrenimiyle ilişkili bir duygu olarak ifade etmişlerdir. Utanç duygusu hissetmelerinin nedeninin de ebeveynlerinin sağır olmasından ve toplum içinde işaret dilini kullanmalarından dolayı damgalanmaları olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmanın örnekleminin küçük olduğu bu nedenle genellenemeyeceği belirtilmiştir. Güney Afrika'daki diğer illerin de dahil edildiği benzer çalışmaların yapılması önerilmiştir [26].

Quadros, Lillo-Martin ve Pichler (2020) 'İki Dilli CODA Bimodal Gelişim' projesine en az bir ebeveyni sağır olan yaşları 2 ve 2 yaş 2 aylık olan iki CODA bimodal çocuk katılım sağlamıştır. Çocukların her birinden toplanmış 6 aylık veri toplama sürecinde çekilmiş uzunluğu 30-60 dakika arasında değişen 4 video analiz edilmiştir. Çalışmanın sonucunda, yaşları çok küçük olan coda bimodal ikidilli çocukların dil kullanımlarının kurallara uygun olduğu ve yaratıcı birleşimler içerdiği bulunmuştur. Bu çocukların aynı zamanda bir kısmını konuşma dilinde bir kısmını da işaret dilinde olmak üzere aynı anda üretilen kod karışımını yaptıkları görülmüştür. Bu çalışmanın daha geniş bir örnekleme hem çocuklar hem de yetişkinlerle detaylı bir şekilde yapılması önerilmiştir [28].

Klimentová ve Dočekal (2020) çalışmalarında sağır ebeveynlerinin gözünden CODA'ların çocukluk dönemi ve CODA'ların ebeveynlik süreci değerlendirmeleri olmak üzere aile durumunu kapsayan iki araştırma konusunun bulgularını incelemiştirlerdir. Nitel açıklayıcı kolektif durum çalışması modeliyle gerçekleştirilen araştırmanın verileri yarı yapılandırılmış görüşmeler ve iki ayrı anketle toplanmıştır. Araştırma sonucunda, sağır ebeveynlerin ebeveynliklerini zor ya da karmaşık olarak tanımlamadıkları, engel durumlarıyla barışık oldukları, sosyal çevrelerindeki araçları kullanarak ebeveynlik süreçlerinde yaşadıkları dezavantajları aştıkları görülmüştür. CODA bireylerin bir kısmı ise çocukluk dönemlerinde aile rollerinin tersine döndüğünü, ebeveynlerine işiten dünyayla iletişimlerinde yardımcı olduklarını belirtmişlerdir. CODA'ların yaşadıkları problemlerin azaltılması için önce kamu farkındalığının ve saygının artırılması, sağır ailelere çocuklarını tercümanlık konusunda kullanmamaları ile ilgili aile eğitimleri verilmesi ve sağır ailelerin profesyonel tercümanlık hizmetlerine yönlendirilmesi önerilmiştir [18].

Zaborniak-Sobczak (2021) "sağır ebeveynlik" adlı araştırma projesi kapsamında CODA'ların dil yeterliliklerini ve becerilerini incelemiştir. Veriler yaş ortalaması 7.1 olan 4 kız ve iki erkek çocuktan dil yeterliliğini ölçen bir tanı aracıyla (LDT) toplanmıştır. Araştırma sonucunda, CODA'ların konuşma becerilerinin gelişiminde zorluk yaşayabilecekleri bulunmuştur. Kelime anlama konusunda zorluk yaşamadıkları ancak kelime üretimi, cümle anlama ve cümle tekrarında zorlandıkları görülmüştür. CODA'lara sosyal durumlarda dilin pratik kullanımı için daha fazla fırsat sunulması gerektiğine dikkat çekilmiştir [22].

Karahan (2022) işaret dili bilen CODA'ların çok boyutlu değerlendirmesini yapmak ve sosyal hizmet ihtiyaçlarını belirlemek amacıyla 15 kadın ve 15 erkek CODA'yla çalışmıştır. Nitel desen ve

fenomenolojik yaklaşımla yapılan çalışmada veriler yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılarak yapılan görüşmelerle toplanmıştır. Araştırmanın sonucunda CODA'ların tüm yaşantılarının çocukluk dönemlerinden itibaren sağır ebeveynin işiten çocuğu olma merkezinde şekillendiği, aile içindeki en önemli rollerinin çevirmenlik olduğu saptanmıştır. İşaret dilinin, aile üyelerinin iletişim ve etkileşimlerine, ailenin yapısına, çocukların aile içindeki rollerine ve aile içindeki hiyerarşiye etkisi gösterilmiştir. Ayrıca CODA'ların sağır aileleri engel grubu olarak değil kültürel bir toplum olarak gördüğünü, erken yaşlardan itibaren yerine getirilen çevirmenlik rolünün CODA'larda görülebilen erken olgunlaşmayla ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Kamusal alanlarda tercüman desteği sunularak CODA'ların yükünün hafifletilmesi, işaret dilinin geliştirilmesi ve yaygın kullanımı için çalışmaların yapılması, CODA'ların psikososyal destek alabilecekleri merkezlerin oluşturulması, okullarda oluşturulacak okul sosyal hizmet birimiyle CODA'ların okul süreciyle ilgili destek sunulması gibi çeşitli öneriler sunulmuştur [17].

Karahan ve Duyan (2022) nitel desen ve fenomenolojik bir yaklaşımla yaptıkları çalışmada CODA'lar için işaret dilinin anlamını keşfetmeyi amaçlamışlardır. 15 kadın ve 15 erkeğin katılımcı grubunu oluşturduğu çalışmanın verileri yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılarak toplanmıştır. Araştırmanın sonucunda CODA'ların işaret diline özel bir anlam yükledikleri görülmüştür. İşaret dilinin, kullanmayı yoğun olarak tercih ettikleri dil olmasının yanında hem duygusal bağ kurdukları hem de meslek seçimlerinde etkili olan bir dil olduğu bilgisine ulaşılmıştır. Sağır ailelerin toplumda görünür olmalarını ve sağır ailelere yardım edebilmelerini mümkün kıldığı görülmüştür. Araştırmanın önemli sonuçlarından biri de CODA'ların çoğunluğunun sağır topluma aidiyet hissettiğini ortaya çıkarılmış olmasıdır. İşaret dilinin Sağır aileler

topluluğunun eğitim süreçleri, kültürel aktiviteleri ve akademik çalışmalar gibi değişkenlerle birlikte değerlendirilmesi önerilmiştir [48].

Karademir ve Aytekin (2022) Sağır ebeveynlere sahip olmaları nedeniyle yaşadıkları sözlü iletişim kısıtlılığının CODA'ların dil ve sosyal-duygusal gelişimleri üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda, yeterli sesli uyaran ve geri bildirim alamayan CODA'ların dil ve konuşma becerilerinde gecikmeler yaşanabildiği ancak erken dönemde sağlanan sözel girdi ve işiten toplumla yapılan sosyal etkileşimle bu gecikmenin önlenabildiği görülmüştür. CODA'ların sosyalleşme ve eğitim süreçlerinde sağlanan aile desteğinde sorunlar yaşadıkları, erken yaşlardan itibaren yaşlarına uygun olmayan sorumluluklar almalarının sosyal gelişimlerine olumsuz etki ettiği görülmüştü. Aynı zamanda bu sorumlulukların CODA'ların olgunlaşmalarına, daha özgüvenli olmalarına ve problem çözme becerilerini geliştirmede olumlu katkı sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. Konuyla ilgili daha fazla çalışma yapılması ve projeler geliştirilmesi gerektiği ve CODA çocukların dil gelişimi süreçlerinde desteklenmesi gerektiğine dikkat çekilmiştir [49].

Rivera (2022) Amerika'da büyüyen karma ırklı çocukların sağır kültürüyle yetişmelerinin etkilerini incelemiştir. Veriler 18 yaş üzeri 10 karma ırklı CODA'dan sanal yarı yapılandırılmış odak grupları ve anket aracılığıyla elde edilmiştir. Araştırmanın sonucunda karma ırklı bir CODA'nın kesişimsellik durumu, ebeveyn kültürü aktarımı, işiten aile üyeleri ve kesişen kimliklerin yönetilmesi gibi dört temel yaşantı teması bulunmuştur. Çalışmanın daha büyük örneklem ve daha fazla karma ırkla yapılmaması sınırlılığı olarak belirtilmiştir. Karma ırklı CODA grup çalışmaları için diler arası geçişlilik ya da çokdillilik olarak tanımlanabilen Translanguaging Modeli önerilmiştir. Bu modelin daha kapsayıcı olacağı belirtilmiştir [27].

Poyraz (2023) CODA bireylerin psikolojik sağlamlıkları, bağlanma stilleri ve özgecilik arasındaki ilişkiyi incelemiştir. İlişkisel tarama modeli kullanılan çalışmanın örneklemini Konya Sağır Derneği aracılığıyla ulaşılan 72 kadın ve 28 erkek CODA birey oluşturmıştır. Araştırma sonucunda erkek CODA'ların kadın CODA'lara göre daha yüksek güvenli bağlanma düzeyine sahip olduğu bulunmuştur. Algılanan ekonomik durumu iyi olan bireylerin daha yüksek güvenli bağlanma düzeyine sahip olduğu görülmüştür. CODA'ların psikolojik sağlamlıkları, bağlanma stilleri ve özgecilik düzeylerinin çocukluklarını geçirdikleri kişiye göre farklılaşmadığı saptanmıştır. Çalışmalarda daha çok sayıda CODA bireyle çalışılması, CODA'ların bağlanma süreçleri ve psikososyal sorunlarıyla ilgili daha fazla çalışma yapılması, CODA'lar için psikolojik danışma desteğinin artırılması gibi öneriler getirilmiştir [50].

Heffernan ve Nixon (2023) CODA'ların ev içinde ve evin dışındaki sağır ve işiten toplulukların arasında olma deneyimlerini incelemiştir. Araştırmanın verileri yarı yapılandırılmış görüşmeler yoluyla 12 CODA bireyden elde edilmiştir. Araştırmanın sonucunda üç tema oluşturulmuştur: "gerçekten normaldi", "sağıre yönelik damgalanmayla yüzleşmek" ve "dil aracılığı yapmak". İşitme engelli ebeveynlerle büyümeyi normal bir durum olarak gördüklerini, yaşadıkları damgalanma deneyimlerinin onları olumsuz etkilemesinin yanında toplum içinde azınlık olarak yaşamının nasıl bir şey olduğunu anlama fırsatı da verdiğini ifade etmişlerdir. Dil aracılığı deneyimlerinde yaşadıkları karmaşık stres faktörlerinin de CODA'ları olumsuz etkileyebileceği bulunmuştur. Dil aracılığının, ebeveynlik rolünde karmaşık değişiklikler yaratarak CODA'ların aileyi korumaları ve yönetmeleri beklentisini yaratabileceği görülmüştür. Gelecek çalışmalarda CODA'ların deneyimlerinin ebeveyn özelliklerine göre nasıl

değiştiğinin incelenmesi, dil aracılığı durumlarının CODA'ları nasıl etkilediği ile ilgili araştırmaların arttırılması ve sağır ailelere tercüman desteği sunulması önerilmiştir [13].

6. Sonuç ve Öneriler

CODA'lar, fizyolojik olarak farklı bir grubun içine doğmaktadır. İşitme engelli ailelerinden öğrendikleri ilk dil anadili olarak da tanımladıkları işaret dilidir. Konuşma dilini anne babaları dışında ya geniş aile üyelerinden ya da komşularından öğrenmektedirler [12]. Çevrelerinden gördükleri desteğe bağlı olarak da konuşma dilini öğrenme düzeyleri farklılık gösterebilmektedir [22, 50]. CODA'ların doğumlarından itibaren sözlü iletişimi kullanan birileriyle iletişimlerinin sağlanması, konuşma becerilerinin gelişimi bakımından önem kazanmaktadır. CODA'lara ve ebeveynlerine sağlanacak gelişimsel desteğin de konuşma ile ilgili yaşanabilecek problemlerin azaltılmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir [51].

Ailedeki işten olarak, çok küçük yaşlardan itibaren anne babalarının işlerine yardımcı olmaları için teşvik edilen CODA'lar, erken yaşlarda yetişkin dünyasının içine dâhil edilmektedirler. Yetişkin dünyasında, çoğu zaman dil aracılığıyla sağlayarak köprü görevi görmekte kimi zaman da karar verici pozisyonuna geçmektedirler. Yapılan çalışmalar, CODA'ların dil aracılığı nedeniyle yaşına uygun olmayan sorumluluklar aldığını, maruz kaldığı tutum ve çevirmek durumunda kaldığı yetişkin dünyasına ait ifadeler nedeniyle çocukluğunu yaşayamadığını hissettiğini, erken olgunlaştıklarını hatta ebeveynleştiklerini göstermiştir [12, 15, 17, 20, 26]. Bu durum psikolojik sağlamlıkları açısından bir risk faktörü oluşturmaktadır. CODA'ların içine sürüklendikleri ebeveyn sorumluluğu yüklerinin hafifletilmesi için çevrelerindeki yetişkinlerin işaret dilini öğrenmeleri teşvik edilmeli, özel ve kamu kurumlarında tercüman desteği sağlanmalıdır.

CODA'ların taşıdığı bu sorumlulukların hafifletilmesinin diğer bir yolu da sosyal hizmet desteği sunulmasıdır. Kamu kurumlarında sunulacak sosyal destek hizmetleriyle CODA'ların çocukluklarından itibaren yaptıkları tercümanlık desteği azaltılarak, çocukluğunu ağır sorumluluklar altında ezilmeden geçirmesine katkı sunulabilecektir. Sosyal hizmet uzmanlarının bu desteği sunarken Sağır kültürü ve toplumu hakkında bilgisinin olması da bu desteğin niteliğinin artmasında önem arz etmektedir. CODA'ların sosyal hizmet hedef gruplarının içinde yer alması sağlanarak psikososyal destek alabileceği ortamların oluşturulması da CODA'ların psikolojik sağlamlıklarını korumak için önleme ve müdahale destek çalışmalarının yapılmasına imkan sağlayacaktır.[17].

Erbeveynleri aracılığıyla sağır topluluğunun sürekli içinde olan CODA'lar bu toplumda kendilerini daha rahat hissetseler de özellikle okul sürecinde işiten toplumun büyüklüğü karşısında azınlık olarak hissetmektedirler. İşiten toplumun, Sağırılar konusundaki olumsuz tutum ve davranışlarına çok küçük yaşlardan itibaren maruz kalmaları da CODA'ların utanç, öfke, dışlanmışlık, sıkışmışlık, bıkkınlık gibi olumsuz duyguları deneyimlemelerine neden olabilmektedir. Hissettiği bu duygular da psikolojik sağlamlıklarına olumsuz etki edebilmektedir [12, 26]. İşiten toplumun farklılıklar ve işitme engeli konusunda bilinçlendirilmesi bu durumda önem kazanmaktadır. İşiten toplum bilinçlendirildiğinde, sağır toplumunun ve CODA'ların maruz kaldığı damgalanma azalacağından CODA'ların iyi oluşlarına olumlu yönde katkı sağlanabilecektir.

Ulusal ya da uluslararası literatür fark etmeksizin, CODA'larla ilgili yapılan çalışmaların sınırlı

olduğuna yapılan vurgu dikkat çekicidir. Bu nedenle, bu konuda daha fazla çalışma yapılması önerilmektedir.

Bilgi Notu

Yazarın kurumsal ve kişisel çıkar çatışmaları bulunmamaktadır. Bu araştırma için, kamu, ticari veya kâr amacı gütmeyen sektörlerdeki finansman kuruluşlarından belirli bir destek alınmamıştır. Yazarın ORCID numarası: 0009-0002-0979-5308

Kaynaklar

- [1]. Alsancak, F. (2020). Kültüre duyarlı sosyal hizmet uygulamalarında sağır toplumunu düşünmek. *Toplum ve Sosyal Hizmet*, 31(4), 1746-1763.
- [2]. World Health Organisation (WHO). (2011). World report on disability. http://www.who.int/disabilities/world_report/2011/report.pdf
- [3]. Aydoğdu, A. G. B. N., ve Yüksel, M. (2020). Kimlik ve Kültür Bağlamında İşitme Engellilik/Sağırılık. *Kalem Eğitim Ve İnsan Bilimleri Dergisi*, 10(1), 51-65.
- [4]. Milli Eğitim Bakanlığı, (MEB). (2018). Özel Eğitim Hizmetleri Yönetmeliği. http://orgm.meb.gov.tr/www/icerik_goruntule.php?KNO=608
- [5]. Alsancak, F. ve Özkan, Y. (2023). Sağır kültürünün bileşenlerine yönelik betimsel bir çalışma: Türk sağır topluluğu örneği. *Turkish Studies - Social*, 18(2), 361-385. <https://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.67522>
- [6]. Oral, Z. (2021). Türkiye'de S/sağır ve işitme engelli çocukların televizyon programlarına engelsiz erişiminde işaret dili çevirisi üzerine bir inceleme. *Çeviribilim ve Uygulamaları Dergisi*, 2021(31), 220-250.
- [7]. Brien, C. (2016). *Children of deaf adults in Ireland: bilingualism in Irish sign language*

and English, and biculturalism in hearing and deaf cultural communities (Doctoral dissertation, University of Oxford).

- [8]. Gertz, G., and Boudreault, P. (Eds.). (2016). *The SAGE deaf studies encyclopedia*. Sage Publications.
- [9]. Bauman, H.-D. L. (2008). *Open your eyes: Deaf studies talking*. ABD: U of Minnesota Press.
- [10]. Erdoğan, F., Arı, E., ve Cin, F. M. (2018). İki Dünya Arasında: İşitme Engelli Ebeveynlerin İşiten Çocuklarının (CODA'ların) Kimlik Gelişimleri. *Değerler Eğitimi Dergisi*, 16(35), 91-139.
- [11]. Seven, Y., ve Göl-Güven, M. (2016). Bir dil iki dünya: Sağır anne babanın işiten çocuğu olmak. *Ellerle Konuşmak Türk İşaret Dili Araştırmaları*, 389-410.
- [12]. Erdoğan, F. (2018). İki dünya arasında: sağır ebeveynlerin işiten çocuklarının (CODA'ların) aile ve iletişim deneyimleri (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi).
- [13]. Heffernan, G., and Nixon, E. (2023). Experiences of Hearing Children of Deaf Parents in Ireland. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 28(4), 399-407.
- [14]. Frank, A. (2019). The identity development of the only hearing child in an all-deaf family. *JADARA*, 49(1), 3.
- [15]. Moroe, N. F., and De Andrade, V. (2018). 'We were our parents' ears and mouths': Reflecting on the language brokering experiences of hearing children born to deaf parents. *South African Journal of Child Health*, 2018(1), s75-s78.
- [16]. Klimentová, E., Dočekal, V., and Hynková, K. (2017). Hearing children of deaf parents—a new social work client group?. *European Journal of Social Work*, 20(6), 846-857.
- [17]. Karahan, G. (2022). Sosyal Hizmet Perspektifinden CODA'lar: İşaret Dili Bilen CODA'ların Sosyal Hizmet İhtiyaçlarının

- İncelenmesi (Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi).
- [18]. Klimentová, E., and Dočekal, V. (2020). Specific Needs of Families of Deaf Parents and Hearing Children. *Central European Journal of Educational Research*, 2(3), 39-45.
- [19]. Türk Dil Kurumu Sözlükleri. <https://sozluk.gov.tr/>
- [20]. Alsancak, F. (2018). Sağır Ailelerin Çocuklarının Psikososyal Sorunları. *International Journal of Social and Humanities Sciences Research (JSHSR)*, 5(25), 2118-2129.
- [21]. Kanto, L. (2016). Two languages, two modalities: A special type of early bilingual language acquisition in hearing children of deaf parents.
- [22]. Zaborniak Sobczak, M. (2021). Language development and special educational needs of hearing children of deaf parents. *The New Educational Review*, 64, 247-258.
- [23]. Neves, B. C., and de Quadros, R. M. (2020). Bimodal bilingualism: analysis of the narratives of children of deaf parents. *Brazilian Sign Language Studies*, 11, 177-200.
- [24]. Kanto, L., Laakso, M. L., and Huttunen, K. (2017). Use of code-mixing by young hearing children of Deaf parents. *Bilingualism: Language and cognition*, 20(5), 947-964.
- [25]. Melo, A.V.(2015). Children of Deaf Adults:Codas Em Sergipe. *Interfaces Científicas*, 3(3), 85-91.
- [26]. Moroe, N. (2019). "Physiologically, I am hearing, but psychologically, I am Deaf." Identity: Lived experiences of hearing children born in families with Deafness in South Africa. *Journal of Psychology in Africa*, 29(5), 499-504.
- [27]. Rivera, M. (2022). Lived Experiences of Mixed-Race Children of Deaf Adults.
- [28]. de Quadros, R. M., Lillo Martin, D., and Pichler, D. C. (2020). Blending languages: Bimodal bilinguals and languages synthesis. *Sign multilingualism*.201-226.
- [29]. Sömen, O. (2023). Türk Sağır ve İşitme Engellilerde İletişim Olgusu. *Premium e-Journal of Social Science (PEJOSS)*, 7(27), 106-126.
- [30]. Erten, H., ve Arıcı, N. (2022). İşaret dilinin tarihi serüveni ve Türk işaret dili. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 24(1), 1-14.
- [31]. Goldin-Meadow, S., Ozyurek, A., SAnAr, B., and Mylander, C. (2009). Making language around the globe: A cross-linguistic study of homesign in the United States, China, and Turkey. In *Crosslinguistic approaches to the psychology of language: Research in the tradition of Dan Isaac Slobin* (pp. 27-39). Psychology Press.
- [32]. Tanyeri, O. ve Kubuş, O. (2024). İşaret dili çevirmenliğinin Türkiye'deki mesleki gelişim süreci. *Dil Dergisi*, 175 (1). 22-49.
- [33]. Aksoy, B., Ghazal, Z., Şenol, R., ve Ersoy, M. (2020). Ses ve Metin Olarak Girilen İşaret Dili Hareketlerinin Robot Kol Tarafından Gerçekleştirilmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8(1), 220-232.
- [34]. Gül, M. (2023). İnsansı robot ile bazı Türkçe işaret dili ifadelerinin gerçekleştirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 38(4), 2565-2578.
- [35]. Vişne, T., ve Yıldırım, S. (2020). İşitme Yetersizliği Yaşayanların İletişimlerine

Yönelik Bir İşaret Dili Çeviri Sisteminin Geliştirilmesi ve Uzman Değerlendirmesi. Cumhuriyet Uluslararası Eğitim Dergisi, 9(3), 679-707.

- [36]. Pacal, I., ve Alaftekin, M. (2023). Türk İşaret Dilinin Sınıflandırılması için Derin Öğrenme Yaklaşımları. Journal of the Institute of Science and Technology, 13(2), 760-777.
- [37]. Sarı, H., Bağcı, Ö. A., ve Gökdağ, H. (2021). İşitme Yetersizliği Olan Bireylerin Eğitiminde Kullanılan Türk İşaret Dilinin Gelişimi, Yeri ve Önemi: Kaynak Tarama. Turkish Special Education Journal: International, 3(1), 20-43.
- [38]. Akalın, Ş. H. (2021). Türk işaret dili tarihinde unutulmaz bir isim: Süleyman Gök. Türk Dili, 835, 4-17.
- [39]. Arslan, Y. (2021). Geçmişten günümüze işitme engellilerin eğitimi ve Türk işaret dilinin rolü. Akademik Tarih ve Düşünce Dergisi, 8(1), 163-178.
- [40]. Selvi, H. H. ve Yıldırım, S. B. (2023). Türkiye’de işaret dili eğitimine yönelik güncel sorunlar. Turkish Journal of Special Education Research and Practice, 5 (1), 40-57. <https://doi.org/10.37233/TRSPED.2023.0137>
- [41]. Karahan, G., ve Duyan, V. (2020). Türk İşaret Dili (TİD) Atölye Çalışmasının, Sağır İnsanlarla İletişime Yönelik Tutumlara Etkisi: Sosyal Hizmet Öğrenci Grubu Araştırması. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 11(1), 84-92.
- [42]. Doğan, C. (2021). Televizyon Haber Bültenlerindeki İşaret Dili Çeviri Hizmetine Yönelik Sağır Topluluğun Tutum Ve Beklentileri. Çeviribilim ve Uygulamaları Dergisi, 2021(30), 18-60.
- [43]. Bartan, Ö. Ş., Çelebioğlu, U., ve Önal, E. Türkiye’de Türk İşaret Dili Mahkeme Tercümanlığı Hizmeti Almış Sağır Bireylerin

Aldıkları Çeviri Hizmetine Yönelik Görüşleri. Söylem Filoloji Dergisi, (Çeviribilim Özel Sayısı), 514-534.

- [44]. Harrison, J. (2018). Voices through my hands: An auto-ethnographic study of the lived experiences of a South African child of Deaf adults (Master's thesis, Faculty of Health Sciences).
- [45]. Karasu, B. (2023). Sağır ebeveynlerin işiten çocukları ve sağır ailelerin sunumu: Coda Filmi incelemesi. İNİF E- Dergi, 8(1), 87-106.
- [46]. Altıntaş, S. (2022). İşitme Engelli Annelerin Çocuklarının Bakımına Yönelik Deneyimleri (Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi).
- [47]. Arabacı, B. B. (2018). Sağır ebeveynlerin işiten çocuklarının ebeveynleriyle geçirdikleri yaşantıları hakkındaki görüşleri (Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi).
- [48]. Karahan, G., and Duyan, V. (2022). CODAs and SIGN LANGUAGE. Turkish Journal of Applied Social Work, 5(2), 159-174.
- [49]. Karademir, F., ve Aytekin, Ç. (2022). İşitme Kayıplı Ebeveynlerin Çocukları (CODA): Ebeveynleri ile Sözlü İletişim Yoksunluğunun Dil ve Sosyal-Duygusal Gelişime Etkisine Genel Bir Bakış. Gelişim ve Psikoloji Dergisi, 3(6), 167-183.
- [50]. Poyraz, M. (2023). Sağır Ebeveyne Sahip Bireylerde (CODA) Psikolojik Sağlık, Bağlanma Stilleri ve Özgecilik Açısından İncelenmesi (Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi).
- [51]. Karademir, F., & Aytekin, Ç. (2022). İşitme Kayıplı Ebeveynlerin Çocukları (CODA): Ebeveynleri ile Sözlü İletişim Yoksunluğunun Dil ve Sosyal-Duygusal Gelişime Etkisine Genel Bir Bakış. Gelişim ve Psikoloji Dergisi, 3(6), 167-183.

Tekerlekli Sandalye Kullanan Bireylerde Basınç Yaralanmalarını Önlemeye İlişkin Hemşirelik Yaklaşımları

Neslihan İstek¹; Zehra Göçmen Baykara²

(1) Selçuk Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Yaşlı Bakımı Programı, Konya, Türkiye.

(2) Gazi Üniversitesi, Hemşirelik Fakültesi, Hemşirelik Esasları Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye.

Sorumlu yazar: Neslihan İstek,; neslihan.istik@selcuk.edu.tr

Makale Gönderim:2 Ağuston 2024, Makale Revizyon: 26 Ağustos 2024, Makale Kabul: 4 Eylül 2024, Makale Yayın:3 Ocak 2025

ÖZ

Hemşirelik bakımının kalitesini ortaya koyan en önemli göstergelerden biri olan ve hemşirelik girişimleri ile büyük ölçüde önlenabilen basınç yaralanmaları yatağa bağımlı bireylerin yanı sıra tekerlekli sandalye kullanan bireylerde de sık gelişen bir sağlık sorunudur. Tekerlekli sandalye kullanan bireyler, iskiyal tüberoziteler, sakrum/koksiks veya büyük trokanter bölgelerinde basınç yaralanması gelişmesi açısından risk altındadır. Tekerlekli sandalye kullanan bireylerde basınç yaralanması gelişmesini önlemenin en etkili yolu, cilt bakımı, pozisyon değiştirme, beslenme ve kilo kontrolü, uygun destek yüzey kullanımı yoluyla hastaların öz bakım yeteneklerini geliştirmek ve sürdürmektir. Hemşireler, basınç yaralanmasını önlemeye yönelik bilgilerinin değerlendirilmesinde, kanıta dayalı önleyici eğitimin verilmesinde ve bireysel bakıma yönelik uygulamaların günlük yaşama entegre bir şekilde devam ettirilmesinde profesyonel meslek üyesi olarak anahtar kişilerdir. Literatür taraması yöntemi ile yapılan bu makalede tekerlekli sandalye kullanan bireylerde basınç yaralanmalarını önlemeye ilişkin hemşirelik yaklaşımlarının derlenmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Basınç yaralanması, Önleme, Tekerlekli sandalye, Hemşirelik

ABSTRACT

Pressure injuries, which are one of the most important indicators of the quality of nursing care and which can be largely prevented by nursing interventions, are a common health problem in bedridden individuals as well as wheelchair users. Individuals who use wheelchairs are particularly at risk for pressure injuries in ischial tuberosities, sacrum/ coccyx and greater trochanter regions. The most effective way to prevent the development of pressure injury in wheelchair users is to improve and maintain the self-care skills of patients through skin care, positioning, nutrition and weight control, and the use of appropriate support surfaces. Nurses are the key persons as professionals in assessing knowledge to prevent pressure injury, providing evidence-based preventive education and continuing individual care practices in an integrated manner in daily life. The aim of this article, which has been conducted by using the literature review method, is to review the nursing approaches for the prevention of pressure injuries in individuals using wheelchairs.

Keywords: Pressure injury, Wheelchair, Prevention, Nursing

1. Giriş

Hemşirelik bakımının kalitesini ortaya koyan en önemli göstergelerden biri olan basınç yaralanması; tek başına basınç veya basınç ve yırtılmanın bir arada neden olduğu, genellikle kemik çıkıntıları üzerinde ortaya çıkan lokalize deri ve/veya deri altı doku hasarı olarak tanımlanmaktadır [1]. Birey, ailesi ve sağlık sistemi üzerinde önemli etkileri bulunan basınç yaralanmaları; kişilerin ağrı yaşamasına, hastanede uzun süre kalmasına, enfeksiyon, sepsis ve septik şok gibi komplikasyonlara neden olmakta, mortalite ve morbidite riskini yükseltmekte, tedavi maliyetlerini de büyük ölçüde artırmaktadır [2]. Sıklıkla yatağa bağımlı bireylerde gelişen basınç yaralanmalarının görüldüğü diğer bir hasta grubu ise tekerlekli sandalye kullanan bireylerdir [4].

Hareket kısıtlılığı yaşayan bireylerin, kişisel hareketliliğini artırması, günlük aktivitelerini yerine getirmesi, bağımsızlığını desteklemesi, sosyal hayata uyum sağlaması için en yaygın kullanılan araçlardan biri olan tekerlekli sandalyeler birey için birçok fayda sağlarken uzun süre kullanımı basınç yaralanmalarının gelişmesine neden olmaktadır [5, 6, 7].

Tekerlekli sandalye kullanan bireylerin günde yaklaşık 18 saate kadar oturarak vakit geçirdikleri, birçoğunun (%54,7) saatte bir defadan daha az sıklıkta yeniden konumlandırıldığı bildirilmiştir [8, 9]. Tekerlekli sandalye kullanan bireylerde uzun süreli oturmaya bağlı basınç yaralanması gelişmesinin kaçınılmaz olması nedeniyle bireylerin bakım ve korunmaya yönelik uygulamalara aktif olarak katılmaları ve bu uygulamaları günlük yaşamlarına entegre etmeleri zorunludur. Literatür incelendiğinde yatağa bağımlı hastalarda basınç yaralanmaları ile ilgili araştırmaların bulunduğu [10, 11] ancak tekerlekli sandalye kullanan bireylerde basınç yaralanmalarını önlenmeye yönelik çalışmaların ise oldukça az olduğu görülmektedir [7, 8, 9].

Literatür taraması yöntemi ile yapılan bu çalışmada tekerlekli sandalye kullanan bireylerde basınç yaralanması, önlemeye ilişkin hemşirelik yaklaşımlarının derlenmesi amaçlanmıştır.

2. Tekerlekli Sandalye Kullanan Bireylerde Basınç Yaralanması

Basınç yaralanmaları; tekerlekli sandalye kullanan bireylerin günlük yaşam aktiviteleri, çalışma hayatı ve yaşam kalitesi üzerine olumsuz etkileri olan kritik bir sağlık sorunudur [4]. Tekerlekli sandalye kullanan bireylerin uzun süre aynı pozisyonda oturması, vücut ağırlığının büyük bir bölümünün oturulan yüzeye yüklenerek dokuların sandalye yüzeyi ve kemikler arasında sıkışmasına neden olmaktadır. İki yüzey arasında sıkışan dokuda kanlanmanın bozulması basınç yaralanması gelişmesinin temelini oluşturmaktadır [15]. Dokuları etkileyen basınca sürtünme ve yırtılmanın da eşlik etmesi, basınç yaralanma gelişme riskini daha çok artırmaktadır [16]. Tekerlekli sandalye kullanan bireylerde nem, yetersiz beslenme, obezite/kaşeksi, hareketsizlik, ileri yaş, sürtünme, sigara ve alkol kullanımı, hastalıklar, dolaşım bozukluğu, kas atrofisi, anemi, basıncı gidermek amacıyla geliştirilen araçların yanlış kullanımı basınç yaralanması oluşumunu kolaylaştıran faktörlerdir [12; 17, 18, 19, 20]. Tekerlekli sandalye kullanımına neden olan hastalıklar, serebral palsy, hemipleji, multipl skleroz, parapleji/kuadripleji,

parkinson hastalığı, spina bifida ve alzheimer gibi hastalıklardır. [21]. Yukarıda sıralanan nörolojik hastalıklara bağlı tekerlekli sandalye kullanan bireylerde basınç yaralanması prevalansının %29,1 ila %46 arasında değiştiği bildirilmiştir [22,23] ABD'de 824 sağlık kurumunun dahil edildiği ve bu kurumlarda 2000 - 2020 yılları arasında sağlık hizmeti alan hasta kayıtlarının incelendiği bir çalışmada 1,252,313 hareket engeli olan bireyden 87,459' unda basınç yaralanması geliştirdiği bildirilmiştir [21]. Yapılan çalışmada

basınç yaralanması gelişen bireylerin %50'den fazlasının 65 yaşın altındaki bireyler olması tekerlekli sandalye kullanan bireylerin yaşam boyu yara gelişme riski altında olduğunu kanıtlamaktadır. Hemşireler bireylere yaşadıkları ortamda bağımsızlığını ve karar verme becerisini destekleyecek, gelişebilecek komplikasyonları hafifletmede etkin olmalarını sağlayacak eğitim ve danışmanlığın sağlanmasında anahtar rol oynamaktadır. Bu nedenle tekerlekli sandalye kullanan bireylerde basınç yaralanmalarını önlenmeye yönelik hemşirelik girişimleri büyük önem taşımaktadır.

3. Tekerlekli Sandalye Kullanan Bireylerde Basınç Yaralanmasını Önleme

Tekerlekli sandalye kullanan bireylerde basınç yaralanması riskinin değerlendirilmesi, deri kontrolü ve bakımı, aktivite, beslenme, ilaç kullanımı, vücuda uygun tekerlekli sandalye ve destek yüzeyleri kullanma gibi faktörler tekerlekli sandalye kullanan bireylerde basınç yaralanmasını önleme ve iyileşme sonuçları açısından kritik öneme sahip temel uygulamalardır [1, 24].

3.1. Risk Değerlendirme

Basınç yaralanmalarının önlenmesinde izlenecek ilk adım basınç yaralanması oluşma riski altındaki bireylerin belirlenmesidir. Risk değerlendirmesi, basınç yaralanması gelişme olasılığını artıran özelliklere sahip bireyleri belirlemeyi amaçlar. Tekerlekli sandalye kullanan bireylerde basınç yaralanması gelişme riski; aktivite, hareket, beslenme, nem, duyuşsal algılama, sürtünme-yırtılma ve genel sağlık durumu gibi faktörler ele alınarak değerlendirilir. Bu değerlendirmeler tüm dünyada ve ülkemizde sıklıkla kullanılan risk değerlendirme ölçeklerine göre yapılır [1]. Basınç yaralanması risk değerlendirme sürecinin önemli bir parçası olan risk değerlendirme ölçeklerinden sıklıkla kullanılanlar Braden Basınç Ülseri Riski

Değerlendirme Ölçeği (BBÜRDÖ), Norton Basınç Ülseri Risk Değerlendirme ölçeği ve Waterlow Basınç Ülseri Risk Değerlendirme ölçeğidir. Ayrıca Gosnell, Knoll, Douglas, Suriadi ve Sanada ölçeği, Risk Değerlendirme ve Bası Yarası ölçeği, Modifiye Norton ölçeği, Spinal Kord Yaralanması Basınç Ülseri ölçeği gibi ölçekler çeşitli hasta gruplarında tercih edilmektedir [1, 25].

3.2. Deri kontrolü ve Bakımı

Deri kontrolü ve doğru cilt bakımı basınç yaralanmalarının önlenmesi, sınıflandırılması ve tedavi edilmesinde önemli bir faktördür [26, 27]. Deride meydana gelen değişiklikler basınç yaralanmasının

erken belirtileri hakkında fikir vermektedir. Bu nedenle yatağa ve tekerlekli sandalyeye bağımlı olan bireylerin günlük düzenli olarak aydınlatılmış bir ortamda ve bir ayna yardımı ile derilerini kontrol etmesi gerekmektedir [1]. Birey ve ailesine deri kontrolünü yaparken baştan başlayarak ayağa doğru özellikle kemik çıkıntıları olan bölgeleri kapsayacak şekilde deri kontrolü öğretilmelidir [28]. Deri kontrolü sırasında basmakla solmayan kızarıklık varsa ve basınç kaldırıldıktan sonra dokudaki renk değişikliği 30 dakikadan fazla devam ediyorsa, o bölge normal rengine dönünceye kadar basınçtan korunmalıdır. Koyu ten rengine sahip bireylerde kontrol edilen bölge sıcaklık, ağrı, sertleşme gibi faktörler açısından çevre dokularla karşılaştırılmalıdır [26]. Kullanılan tıbbi cihazlar ve sandalye ekipmanlarının cilde temas eden bölgelerinin yumuşak dokuya baskı uygulayarak basınç yaralanmasına neden olabileceği göz önünde bulundurulmalı ve bu cihazlara temas eden bölgeler günde iki kez kontrol edilmelidir [1]. Basınç yaralanmalarını önlemenin en etkili yolu deri kontrolünün yanı sıra uygun deri bakımını sürdürmektir. Deri bakımı; cilde uygun PH'a sahip kokusuz ve tahriş etmeyen temizlik ürünleri ile temizlenmesi, nemlendirilmesi, ıslaklığın

önlenmesi, masaj yapmaktan kaçınılması gibi müdahaleleri kapsamaktadır [29]. Deri, günde en az bir kez ve her idrar ve dışkı ile temas olduğunda da ovalanmadan ve sürtünmeyi en aza indirecek şekilde temizlenmelidir. Temizlenen deri cilt kıvrımları ve parmak araları da ıslak kalmayacak şekilde kurulanmalıdır [28]. Kuru deri hastanın cildine uygun bir ürünle nemlendirilmeli, ıslanmaya bağlı derinin yumuşayarak dirençsiz hale gelmesini önlenmek için ıslaklık kontrol altına alınmalıdır. Deri idrar ya da dışkı tutamamaya bağlı ıslandığında hemen temizlenerek kurulanmalı ve uygun bariyer etkili kremler kullanılmalıdır [26]. Ayrıca idrarını ve/veya gaitasını tutamayan ve basınç yaralanması riski ya da basınç yaralanması olan bireylerin cildini korumak amacıyla yüksek emiciliğe sahip pedler, kalıcı idrar sondası, kondom kateter, topuk ve dirsekler için koruyucular, ince film örtüler ve sürtünmeyi önleyici kayganlaştırıcılar kullanılabilir [1].

3.3. Beslenme

Vücut dokuların büyümesi, gelişmesi, bakımı ve onarımı için belirli miktarlarda makro ve mikro besinlere ihtiyaç duymaktadır. Basınç yaralanmalarının önlenmesinde ve yara iyileşmesinde yeterli ve dengeli beslenme önemli bir role sahiptir [30, 31]. Basınç yaralanması ile beslenme durumu arasındaki ilişkinin incelendiği, bireylerin beslenme ölçümlerini raporlayan 50 prognostik çalışmanın %40'ı, beslenme ölçümünün basınç yaralanmasının anlamlı bir belirleyicisi olduğunu bildirmiştir. Bu sonuçlar beslenme durumu ile basınç yaralanması gelişmesi arasında orta düzeyde istatistiksel bir ilişki olduğunu göstermektedir [32]. Ayrıca yetersiz besin alımı ve düşük vücut ağırlığı, yara iyileşme sürecini olumsuz etkilemektedir [33]. Basınç yaralanması/riski olan her birey için yaş, cinsiyet, aktivite düzeyi ve eşlik eden hastalıklar gibi faktörler göz önünde bulundurularak bireyin

ihtiyacına uygun enerji alması sağlanmalıdır. Basınç

yaralanması ve beslenme bozukluğu riski olan yetişkinlerde günlük 30-35 kkal/kg enerji alımı önerilmektedir [1]. Yeterli kalori alımı kolajen ve nitrojen sentezini destekler, böylece proteinin enerji kaynağı olarak kullanılmasını önleyerek anabolizmayı teşvik eder [32]. Basınç yaralanması olan ve basınç yaralanması riski ya da yetersiz beslenme riski bulunan yetişkinlerin günlük 1.25-1.5g/kg protein alımı sağlanmalıdır [1]. Yapılan çalışmalar Demir, B12 vitamini ve folat gibi bazı beslenme eksiklikleri de anemiye neden olabilmekte ve basınç yaralanmalarının iyileşmesini olumsuz yönde etkilediğini desteklemektedir [32]. Basınç yaralanması ya da riski olan hastaların dengeli bir diyet ile vitaminleri ve mineralleri yeterli miktarda almaları gerekmektedir [34, 35]. Ayrıca bireylerin mevcut hastalıkları göz önüne bulundurularak doktor ve hemşiresinden bilgi alarak günlük 1ml/kkal/gün sıvı alması önerilmektedir [28, 32]. Obezite ise kişilerin pozisyon değiştirmede zorlanma, deri kıvrımlarında terleme dokulara etki eden basıncın artması gibi faktörlere bağlı olarak basınç yaralanması gelişmesini kolaylaştırmaktadır. Bu nedenle bireyler düzenli kilolarını takip etmeli, beslenme düzeni kilodaki değişimlere göre oluşturulmalıdır [32].

3.4. Pozisyon Değişimi

Oturma sırasında vücut ağırlığı aşağı doğru bir kuvvet uygular ve kemik çıkıntıları ile dış yüzeyler arasında sıkışan yumuşak dokulara kan akışı engellenir. Duyu ve hareket kabiliyeti sağlam olan bireylerde bu baskı, bireyin pozisyonunu değiştirmesine neden olan bir geri bildirim tepkisine yol açar. Duyu ve hareket kabiliyeti olmayan kişilerde pozisyon değiştirme tepkisinin olmaması nedeniyle devam eden basınç dokularda hipoksi, iskemi ve nekroz ve sonuçta basınç yaralanması gelişmesine neden olur [36]. Bu

nedenle hareket kısıtlılığı olan ve tekerlekli sandalye kullanan bireyler uzun süreli oturmalarına bağlı olarak basınç yaralanması gelişme riski altındadır. Omurilik yaralanması olan gazilerle yapılan bir çalışmada basınç yaralanmalarının %48 iskiyal veya perineal, %37 sakral ve %14,5 trokanterik bölgede geliştiği tespit edilmiştir [37]. Ancak tekerlekli sandalye kullanan bireyler pozisyon değiştirme ve otururken basınç hafifletme hareketlerine uyum sağlamada güçlük yaşamaktadır. Bu bağlamda tekerlekli sandalye kullanan bireylerin basınç hafifletme hareketlerini günlük fonksiyonel aktivitelere entegre etmeleri kritik önem taşımaktadır [38]. Basınç hafifletme hareketleri ve pozisyon değişikliği pelvik bölgede dokuları etkileyen basıncı yeniden dağıtarak, lokalize dokular üzerindeki yük azaltılmaktadır [39]. Klinik bulgular kişilerin her 15 ila 60 dakikada bir 15 ila 60 saniye boyunca basıncı hafifleten hareketleri yapmasını önermektedir [40].

3.5. Topukların Korunması

Sakrum ve koksiksten sonra basınç yaralanmalarının en sık görüldüğü bölgenin topuklar olduğu ve toplam basınç yaralanması görülme sıklığının %7,35 ila %18,26 arasında olduğu bildirilmektedir [41].

Topuk basınç yaralanması erken dönemde tespit edilip tedavi edilmediğinde, lokal doku nekrozuna, osteomyelit riskinin artmasına, amputasyon gibi bireyin yaşam kalitesini düşüren sorunlara neden olmaktadır [42]. Bu nedenle deri değerlendirmesi yapılırken topuklarında her gün kontrol edilmesi gerekmektedir [26]. Ayrıca yapılan çalışmalar topuk basınç yaralanmasını önlemede etkili diğer yöntemin, topuklardaki baskıyı önlemek için topuğun yatağa değmemesini sağlamak, yani topuğu "yüzer" durumda tutmak olduğunu göstermektedir [43, 44]. Herhangi bir aşamada basınç yaralanması gelişen belden aşağısı felçli olan hastalarda, daha fazla hasarı önlemek ve yara

iyileşmesine izin vermek için tekerlekli sandalyede otururken basıncı azaltan ürünlerin kullanılması önerilmektedir [41]. Topuk basınç yaralanmasını önlemek amacıyla, topuk basıncını azaltmaya ek olarak profilaktik yara örtüsü kullanımı önerilmektedir [26].

3.6. Uygun Destek Yüzey Kullanımı

Tekerlekli sandalye kullanan bireylerin basınç yaralanması riski altında olması nedeniyle pozisyon değiştirmeye ek olarak uygun destek yüzeyi kullanmaları büyük önem taşımaktadır. Destek yüzey terimi, basınç yaralanması önlenmesi ve tedavisinde basıncı yeniden dağıtarak azaltmaya yarayan araçların tümüne verilen ismi ifade etmektedir. Kişi destek yüzeyine temas ettiğinde ağırlık kuvveti daha geniş bir alana yeniden dağıtılır Etkili bir destek yüzeyin vücut ile maksimum temas sağlaması en ayırt edici özelliktir [1]. Destek yüzeyi hastanın ağırlığını mümkün olduğunca yeniden dağıtabilmeli ve vücudun en az çıkıntılı alanları üzerinde de basıncı azaltmalıdır. Ayrıca destek yüzeyler neme bağlı sürtünmeyi azaltarak dokuların hasar görmesini azaltmaya yardımcı olmaktadır [28]. Destek yüzeyleri tipik olarak, hava, köpük, jel ve sıvı gibi malzemelerden yapılmakta ve aktif ve reaktif destek yüzeyler olarak sınıflandırılmaktadır. Basınç yaralanmasına neden olan risk faktörlerinin farklılık göstermesi nedeniyle kullanılacak destek yüzey belirlenirken kişinin, hareketlilik düzeyi, nem kontrolü, vücut ağırlığı, var olan basınç yaralanmalarının yeri ve şiddeti gibi özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır [26]. Tekerlekli sandalye kullanan bireylerde basınç yaralanmalarının büyük çoğunluğu pelvik bölgede meydana gelmektedir [45, 20]. Bu nedenle klinik stratejiler uygun bir destek yüzeyi ile birlikte, basıncı yeniden dağıtan uygun bir tekerlekli sandalye minderini kullanımını önermektedir. Destek yüzeyi seçerken ürünün kullanım ömrü ve üretici tarafından tavsiye edilen kurallar ve ürünün kullanılmaması gereken

durumlar mutlaka dikkate alınmalıdır [28, 26]. Araştırma sonuçları basınç yaralanması gelişme riski olan kişilerde yüksek özellikli köpük şilte kullanımının özellikli olmayan bir şilteye göre basınç yaralanması gelişme riskini önemli ölçüde azalttığını bildirmiştir [46]. Bu nedenle basınç yaralanması gelişme riski bulunan bireyler için yüksek özellikli köpük şilte kullanımı önerilmektedir [26]. Mevcut basınç yarası dışında pozisyon verilememesi, birden fazla basınç yaralanması olması, kapsamlı bakıma rağmen iyileşmeyen bir basınç yaralanmasının bulunması veya flep veya greft ameliyatı geçirilmiş olması gibi durumlarda özel

destek yüzeylerine geçilmesi önerilmektedir [26]. Evre III ve IV basınç yarası gelişen bireyler için hava akışkanlı yatakların kullanımının iyileşmeyi hızlandırabileceği belirtilmektedir [26, 47].

3.7. Vücuda Uygun Ölçülerde Sandalye Seçimi

Bireye uygun bir tekerlekli sandalye; kullanıcısının ihtiyaçlarını karşılamalı, kullanıcısının çevresel şartlarına uygun olmalı, iyi bir duruş desteği sağlamalı ve yaşanılan bölgede bakımı ve onarımı yapılabilmelidir. Tekerlekli sandalye ölçülerinin kişinin ihtiyaçlarına ve vücut yapısına uygun olması; bireyin rahat hareket edebilmesi, vücut yapısının bozulmaması ve basınç yaralanmalarının önlenmesi açısından oldukça önemlidir [48, 49]. Tekerlekli sandalye koltuğun genişliği kişinin duruşunu ve basınç, sürtünme ve kesme kuvvetlerini etkileyebileceğinden oldukça önemlidir [49]. Koltuk genişliğinin çok geniş olması, kişinin sağ ve sol tarafa uzak kalmasına ve desteksiz hissetmesine neden olur. Koltuğun dar olması ise kalçaların dış yan kısımlarında ve dizlerin arkasında artan basınç ve kesme kuvvetine bağlı basınç yaralanması gelişme riski artırır. Ayrıca bu pozisyon bireyin hareketlerini kısıtlayabilir ve basınç giderme egzersizlerini yapamamasına

neden olabilir. Bu risklerin azaltılması için sandalye koltuk genişliği; kalça ile tekerlekli sandalye arasında 2,5 santim boşluk olacak şekilde ayarlanmalıdır [50]. Sandalye koltuğunun yerden çok yüksek olması, kişinin ayaklarının desteksiz kalmasına ve sandalyeden aşağı doğru kaymasına neden olur. Koltuk seviyesinin düşük olması ise özellikle pelvis ile dizlerin arka kısmında basıncın artmasına neden olur. Koltuk yüksekliği ayakların ve uyluğun desteklenmesine izin verecek şekilde ayarlanmalıdır [49, 14]. Tekerlekli sandalye koltuğunun arkaya doğru uzun olması kişinin sandalye sırtlığına yaslanabilmek için geriye doğru eğilmesine, dizlerin arkası ve kalçalarda kesme kuvvetinin artmasına neden olur. Koltuğun kısa olması ise oturulan yüzeyin temas ettiği alan azalmasına bağlı olarak basıncın kalça ve bacaklar arasında dengesiz dağılmasına neden olur. Bu nedenle sandalye oturmağının uzunluğu kişi oturduğunda dizi ile sandalye kenarı arasında 2,5 santim boşluk olacak şekilde ayarlanmalıdır [14]. Tekerlekli sandalyenin sırt bölgesi, sırt ile simetrik ve eşit bir temas sağlayarak yeterli destek ve etkili basınç dağılımı sağlaması gerekir. Kolçak yüksekliğinin, otururken bükülmüş olan dirseği desteklemesi ve ayrıca kişinin tepsi gibi malzemeleri rahat bir şekilde kullanmasına izin vermelidir. Ayrıca sandalye ayak dayama plakası ayakları tam desteklemeli ve ayak bileğinde sabit duruş sorunları olan kişilerin, ihtiyaçlarını karşılayabilmesi için, ayak plakalarının yüksekliği ayarlanabilir olmalıdır [50].

4. Sonuç

Literatür taramasıyla elde edilen bilgiler ışığında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Basınç yaralanmaları tekerlekli sandalye kullanan bireylerde sık görülen ve yaşam kalitesini etkileyen önemli bir sağlık sorunudur.

- Tekerlekli sandalye kullanan bireylerde basınç yaralanması riskinin değerlendirilmesi, deri kontrolü, uygun deri bakımı, pozisyon değişimi, basınç azaltıcı hareketler ve beslenme basınç yaralanmasını önleme ve yara iyileşmesinde büyük önem taşımaktadır.
- Tekerlekli sandalyede kullanılacak olan minderlerin özellikle kemik çıkıntısı olan bölgelerde basıncı ve terlemeyi azaltacak özellikte olması gerekmektedir. Ayrıca kullanılacak olan destek yüzey basınç yaralanması varlığı, yara bölgesi ve evresine göre belirlenmelidir.
- Oturma şekli, vücut ağırlığının eşit bir şekilde dağılmasını sağlayacak şekilde olmalıdır.
- Tekerlekli sandalye kullanan bireylerde tekerlekli sandalye ekipmanlarının kişinin vücuduna temas etmesi ve bu temasın sık aralıklarla veya sürekli hale gelmesi sürtünme kaynaklı olarak basınç yaralanmasının gelişmesine sebep olmaktadır. Bu nedenle ekipmanlarla temas eden vücut yüzeyi düzenli kontrol edilmeli ve destek yüzeyler ile korunmalıdır.
- Tekerlekli sandalye kullanan bireylerde sandalye özelliklerinin koltuk içi hareketi kolaylaştıracak şekilde ayarlanması gerekmektedir.
- Kullanılan minder hangi özelliğe sahip olursa olsun, basınç rahatlatma çalışmaları kalça kan akışında önemli artışlara neden olmakta, bu da basınç etkisinin azalması ile birlikte basınç yaralanmasının önlenmesini sağlayabilmektedir. Bu doğrultuda minder kullanımı basınç azaltıcı hareketlerin yerine geçmemelidir.
- Tekerlekli sandalye kullanan bireylerde basınç yaralanmasının önlenmesine yönelik hasta ve hasta yakınlarını bilgilendirici eğitim programlarının geliştirilmesi basınç yaralanmalarının önlenmesi, bireylerin yaşam kalitesinin yükseltilmesi ve bakım kalitesini yükselterek hemşirelik mesleğinin

görünürlüğünü artırması açısından büyük önem taşımaktadır.

•

Bilgi Notu: Yazarların kurumsal ve kişisel çıkar çatışmaları bulunmamaktadır. Bu araştırma için, kamu, ticari veya kâr amacı gütmeyen sektörlerdeki finansman kuruluşlarından belirli bir destek alınmamıştır. Yazarların ORCID numaraları: Neslihan İstek 0000-0002-4223-0205, Zehra Göçmen Baykara 0000-0002- 9076-6653

Kaynakça

- [1]. European Pressure Ulcer Advisory Panel, National Pressure Injury Advisory Panel, and Pan Pacific Pressure Injury Alliance EPUAP/NPIAP/PPPIA, "Prevention and Treatment of Pressure Ulcers/Injuries: Clinical Practice Guideline. The International Guideline," (3rd ed., pp. 1-408) Emily Haesler (Ed.), 2019.
- [2]. E. S. M. Shahin, T. Dassen, and R. J. G. Halfens, "Incidence, prevention and treatment of pressure ulcers in intensive care patients: A longitudinal study", International Journal of Nursing Studies, vol. 46, no. 4, pp.413- 421, 2019.
- [3]. W. S. Shiferaw, T. Y. Akalu, H. Mulugeta, H. and Y. A. Aynalem, "The global burden of pressure ulcers among patients with spinal cord injury: a systematic review and meta-analysis," BMC Musculoskeletal Disorders, vol. 21, no. 334, pp. 1-11, 2020.
- [4]. D. Lala, F. Dumont, J. Leblond, P. E. Houghton, and L. Noreau, "Impact of pressure ulcers on individuals living with a spinal cord injury," Arch Phys Med Rehabil, vol. 95, no. 12, pp. 2312-2319, 2014. doi: 10.1016 / j.apmr.2014.08.003
- [5]. W. Mortenson, W. Miller, C. Backman, and J. Oliffe, "Predictors of mobility among wheelchair using residents in long-term

- care," Arch Phys Med Rehabil., vol. 92, no. 10, pp. 1587-1593, 2011.
- [6]. A. Salminen, K. Samuelsson, T. Outi, and A. Malmivaara, "Mobility devices to promote activity and participation: a systematic review," J Rehabil Med., vol. 49, no. 1, pp. 697-706, 2009.
- [7]. WHO. World Health Organization. WHO global disability action plan 2014-2021. World Health Organization, 2015.
- [8]. L. Stockton, and D. Parker, "Pressure relief behaviour and the prevention of pressure ulcers in wheelchair users in the community," Journal of Tissue Viability, vol. 12, no. 3, pp. 84-99, 2022.
- [9]. Y. Yusheng, C. L. Chang, M. J. Hsu, and J. Chang, "Remote monitoring of sitting behaviors for community-dwelling manual wheelchair users with spinal cord injury," Spinal Cord, vol. 47, no. 1, pp. 67-71, 2009.
- [10]. E. Kiraner, and H. Kaya, "COVID-19 Tanısı ile yoğun bakımda yatan hastalarda basınç yaralanmalarının ve risk faktörlerinin retrospektif analizi," Yoğun Bakım Hemşireliği Dergisi, vol. 25, no. 3, pp. 139-151, 2021.
- [11]. J. Cox, L. E. Edsberg, K. Koloms, and C. A. VanGilder, "Pressure injuries in critical care patients in US hospitals: results of the International Pressure Ulcer Prevalence Survey," Journal of Wound Ostomy & Continence Nursing, vol. 49, no. 1, pp. 21-28, 2022.
- [12]. N. Gençtürk, and F. Ay, "Tekerlekli sandalye kullanan bireylerin yaşadığı önlenabilir bir sağlık sorunu: basınç yarası," II. Uluslararası Bütünleşik Sağlık ve Bakım Kongresi Engellere Çözümler, 24-26 Kasım 2016, İstanbul, 2016.
- [13]. C. Tavares, M. F. Domingues, T. Paixão, N. Alberto, H. Silva, and P. "Antunes. Wheelchair pressure ulcer prevention using FBG based sensing devices," Sensors, vol. 20, no. 1, pp. 1-13, 2019.
- [14]. M. Stephens, C. Bartley, and J. C. Dumville, "Pressure redistributing static chairs for preventing pressure ulcers," Cochrane Database of Systematic Reviews, no. 2, pp. 1-27, 2022.
- [15]. L. Stockton, and D. Parker, "Pressure relief behaviour and the prevention of pressure ulcers in wheelchair users in the community," Journal of Tissue Viability, 12(3), 84-99, 2002. doi: 10.1016 / s0965-206x (02)80031-6
- [16]. R. Schofield, A. Porter-Armstrong and M. Stinson, "Reviewing the literature on the effectiveness of pressure relieving movements." Nursing Research and Practice, pp. 1-13, 2013.
- [17]. N. S. Hogaboom, L. A. Worobey, B. V. Houlihan, A. W. Heinemann and M. L. Boninger, "Wheelchair malfunctions are associated with pain, pressure injuries, rehospitalization, and self-perceived health in full-time wheelchair users with spinal cord injuries," Archives of physical medicine and rehabilitation, vol. 99, no. 10, pp. 1949- 1956, 2018.
- [18]. S. L. Fryer, "Long-term monitoring of persons with spinal cord injury (SCI): implication for pressure ulcer development," Doctoral dissertation, University of Southampton, 2022.
- [19]. Y. K. Jan, M. A. Jones, M. H. Rabadi, R. D. Foreman and A. Thiessen, "Effect of wheelchair tilt-in-space and recline angles on skin perfusion over the ischial tuberosity in people with spinal cord injury," Arch Phys Med Rehabil., vol. 91, no.11, pp. 1758-64, 2010.
- [20]. J. H. Kim, X. Wang, C. H. Ho and K. M. Bogie, "Physiological measurements of tissue health; implications for clinical practice," Int Wound J., vol. 9, no. 6, pp. 656-64, 2012.

- [21]. S. Sprigle, D. McNair and S. Sonenblum, "Pressure ulcer risk factors in persons with mobility-related disabilities," *Advances in skin & wound care*, vol.33, no.3, pp. 146-154, 2020.
- [22]. J. J. Adriaansen, M. W. Post, S. de Groot, F. W. van Asbeck, J. M. Stolwijk-Swuste, M. Tepper and E. Lindeman, "Secondary health conditions in persons with spinal cord injury: a longitudinal study from one to five years post-discharge," *Journal of rehabilitation medicine*, vol. 45, no. 10, pp. 1016-1022, 2013.
- [23]. E. C. Zakrasek, G. Creasey and J. D. Crew, "Pressure ulcers in people with spinal cord injury in developing nations," *Spinal Cord*, vol.53, no.1, pp. 7-13, 2015.
- [24]. T. A. Tervo-Heikkinen, A. Heikkilä, M. Koivunen, T. R. Kortteisto, J. Peltokoski, S. Salmela, and K. Juntila, "Pressure injury prevalence and incidence in acute inpatient care and related risk factors: a cross-sectional national study," *International wound journal*, vol.19, no.4, 919-931, 2022.
- [25]. A. Karadağ, ve P. Avşar, "Basınç ülserlerinde değerlendirme," Baktiroğlu, S., Aktaş, Ş., (Ed.) *Kronik yarada güncel yaklaşımlar. İçinde (1. Baskı)*, 138-185. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesi Kronik Yara Konseyi, 2013.
- [26]. European Pressure Ulcer Advisory Panel, National Pressure Injury Advisory Panel and Pan Pacific Pressure Injury Alliance EPUAP/NPIAP/PPPIA, "Basınç ülserlerinin/yaralarının önlenmesi ve tedavisi: hızlı başvuru kılavuzu 2019," (Türkçe versiyon). Emily Haesler (Ed.), 2019.
- [27]. A. M. Al Aboud, and B. Manna, "Wound pressure injury management", 2018.
- [28]. Z. Göçmen Baykara, A. Karadağ, H. Bulut, S. Şenol Çelik, S. Güler Demir, Ş. Gül, ... ve A. Karabağ Aydın, "Basınç Yaralanmalarını Önleme ve İyileştirme," 2020.
- [29]. L. J. Gould, J. Alderden, R. Aslam, A. Barbul, K. M. Bogie, M. El Masry, M., ... and T. L. "Yap, WHS guidelines for the treatment of pressure ulcers—2023 update," *Wound Repair and Regeneration*, vol. 32, vol. 1, pp. 6-33, 2024.
- [30]. S. H. Saghaleini, K. Dehghan, K. Shadvar, S. Sanaie, A. Mahmoodpoor, & Z. Ostadi, "Pressure ulcer and nutrition," *Indian journal of critical care medicine: peer-reviewed, official publication of Indian Society of Critical Care Medicine*, vol. 22, no. 4, pp. 283, 2018.
- [31]. S. W. Citty, L. J. Cowan, Z. Wingfield, and J. Stechmiller, "Optimizing nutritional care for pressure injuries in hospitalized patients," *Advances in wound care*, vol. 8 no.7, pp. 309-322, 2019.
- [32]. N. Munoz, M. E. Posthauer, E. Cereda, J. M. Schols, and E. Haesler, "The role of nutrition for pressure injury prevention and healing: the 2019 international clinical practice guideline recommendations," *Advances in skin & wound care*, 33(3), 123-136, 2020.
- [33]. M. Verbrugghe, D. Beeckman, A. Van Hecke, A., K. Vanderwee, K. Van Herck, E. Clays, ... and S. Verhaeghe, "Malnutrition and associated factors in nursing home residents: a cross-sectional, multi-centre study," *Clinical nutrition*, vol. 32, no. 3, pp. 438-443, 2013.
- [34]. E. Cereda, J. C. L. Neyens, R. Caccialanza, M. Rondanelli, M., and J. M. G. A. Schols, "Efficacy of a disease-specific nutritional support for pressure ulcer healing: a systematic review and meta-analysis," *The Journal of nutrition, health and aging*, vol. 21, no. 6, pp. 655-661, 2017.
- [35]. M. A. Tuz, and A. Mitchell, "The influence of anaemia on pressure ulcer healing in elderly patients," *British journal of nursing*, vol. 30, no. 15, pp. 32-38, 2021.

- [36]. J. S. Mervis, and T. J. Phillips, "Pressure ulcers: Pathophysiology, epidemiology, risk factors, and presentation," *Journal of the American Academy of Dermatology*, vol. 81, no.4, pp. 881-890, 2019.
- [37]. M. Guihan, and M. S. Richardson, "The problem of preventing pressure ulcers in people with spinal cord injury," *The Journal of Spinal Cord Medicine*, vol. 42, no.6, pp. 681-684, 2019.
- [38]. M. Stinson, R. Schofield, C. Gillan, J. Morton, E. Gardner, S. Sprigle and A. Porter-Armstrong, "Spinal cord injury and pressure ulcer prevention: using functional activity in pressure relief," *Nursing research and practice*, 2013.
- [39]. S. E. Sonenblum, C. Feng, and S. Sprigle, "The relationship between in-seat movement and pressure ulcers in wheelchair users with SCI/D," *The Journal of Spinal Cord Medicine*, vol. 47, no. 1, pp. 91-99, 2024.
- [40]. M. M. Sliwinski and E. Druin, "Intervention principles and position changes," In *Spinal Cord Injuries*, pp. 153- 184, Mosby, 2009.
- [41]. M. Rivolo, S. Dionisi, D. Olivari, G. Ciprandi, S. Crucianelli, S. Marcadelli, S., ... and G. Pomponio, "Heel pressure injuries: consensus-based recommendations for assessment and management," *Advances in Wound Care*, vol. 9, no. 6, pp.332-347, 2020.
- [42]. T.Yang, S. Dong, J. L. Zhou, J. Zhu, and Y. X. Guo, "Evidence summary for the prevention and management of heel pressure injuries," *Chin Nurs Manag*, vol. 21, no. 8, pp. 1206-1211, 2021.
- [43]. C. Bååth, M. Engström, L. Gunningberg, and A. M. Athlin, "Prevention of heel pressure ulcers among older patients—from ambulance care to hospital discharge: A multi-centre randomized controlled trial," *Applied Nursing Research*, vol. 30, pp. 170-175, 2016.
- [44]. J. Donnelly, J. Winder, W. G. Kernohan, and M. Stevenson, "An RCT to determine the effect of a heel elevation device in pressure ulcer prevention post-hip fracture," *Journal of Wound Care*, vol. 20, no. 7, pp.309-318, 2011.
- [45]. K. Bauer, K. Rock, M. Nazzal, O. Jones, and W. Qu, "Pressure Ulcers in the United States' Inpatient Population From 2008 to 2012: Results of a Retrospective Nationwide Study," *Ostomy/wound management*, vol. 62, no. 11, 30-38, 2016.
- [46]. K. H. Park, and J. Park, "The efficacy of a viscoelastic foam overlay on prevention of pressure injury in acutely ill patients," *Journal of Wound, Ostomy and Continence Nursing*, vol. 44, no.5, pp. 440-444, 2017.
- [47]. M. Arnold, C. Yanez, and B. Yanez, "Wound healing in the long-term acute care setting using an air fluidized therapy/continuous low-pressure therapeutic bed: a multiple case series," *Journal of Wound Ostomy and Continence Nursing*, vol. 47, no.3, pp. 284-290, 2020.
- [48]. C. Khasnabis, K. Mines, and World Health Organization, "Wheelchair service training package: basic level (No.WHO/NMH/VIP/DAR/13.01 (Posters). World Health Organization, 2012.
- [49]. M. Stephens and C. A. Bartley, "Understanding the association between pressure ulcers and sitting in adults what does it mean for me and my carers? Seating guidelines for people, carers and health & social care professionals," *Journal of Tissue Viability*, vol. 27, no.1, pp. 59-73, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jtv.2017.09.004> adresinden 02.04.2024 tarihinde erişilmiştir.
- [50]. All Wales Tissue Viability Nurse Forum AWTVNF, PUPIS, "All Wales Best Practice Guidelines: Seating and Pressure Ulcers," London: Wounds UK, 2019.