

# Metaverse ve Sağlık

Zerife Orhan<sup>1</sup>

## Özet

Çevrimiçi yaşam ve çalışma, COVID-19 pandemisi sırasında başta sağlık hizmetleri olmak üzere yavaş yavaş sosyal norm haline gelmiştir. Bulut bilişim, 5G, dijital ikizler, sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, karma gerçeklik, yapay zeka, çevrimiçi çalışma ve blok zinciri gibi modern teknolojilerin hızlı bir şekilde geliştirilmesi, insanların daha yüksek düzeyde çevrimiçi sosyal yaşam senaryoları, eğlence deneyimleri, üretkenlik ve yaşam verimliliği peşinde koşmalarını mümkün kılmıştır. Bu durum, COVID-19 pandemisinden en çok etkilenen hizmet sektörlerinden biri olarak sağlık hizmetlerinin değiştirilmesine yardımcı olmuştur. Tarih boyunca, sağlık profesyonellerinin eğitimi, tıp eğitiminde yeni eğilimlere ve zorluklara yol açan önemli değişiklikler geçirmiştir. Günümüzde tıp eğitimi bilgisi her zamankinden daha fazla gereklidir ancak yeterli değildir. Tıp eğitimcileri ve tıp eğitimi, çoğu münferit olaylar olmayan birçok zorlukla karşı karşıyadır. Metaverse hızlı bir şekilde günümüz hayatına girmeye başladığından, bazı metaverse uygulamaları eğitimde kullanılmaya başlanmıştır. Metaverse, pandemi sonrası dönemde geleneksel tıp eğitimi pedagojisine bir alternatif sunmaktadır. Bir yandan tıp ve diğer sağlık alanlarında eğitim gören öğrencilere kapsamlı bir öğrenme ortamı sağlarken bir yandan da hastalara birçok yönden avantajlar sağlamaktadır.

Bu çalışmada sağlık alanında Metaverse uygulamalarının sağlık sektörüne sağlayacağı avantajlar hakkında bilgiler paylaşılması amaçlanmıştır.

## 1. Giriş

Bilgisayar Bilimi alanındaki yenilikler, insan hayatını birçok yönden değiştirip zenginleştirmektedir. Bu yüzden de günlük yaşamda önemli bir rol oynamaktadır. Bilgisayarların, internetin ve mobil cihazların tanıtılması etrafında odaklanan üç büyük teknolojik yenilik dalgası ardından dördüncü bilgisayar yenilik dalgası, Sanal Gerçeklik (Virtuality Reality=VR) ve Artırılmış Gerçeklik (Augmented Reality=AR) gibi uzamsal, sürükleyici teknolojiler etrafında gelişmektedir. Bu dalganın; eğitimi, işletmeyi, uzaktan çalışmayı ve eğlenceyi dönüştürme potansiyeline sahip olduğu düşünülmektedir. Bu

yeni paradigma Metaverse olarak adlandırılmaktadır (Mystakidis, 2022). Metaverse'ler, insanların gerçek dünyanın metaforunu kullanarak ancak fiziksel sınırlamaları olmaksızın birbirleriyle ve yazılım araçlarıyla avatarlar olarak etkileşime girdiği üç boyutlu, sürükleyici sanal dünyalardır (Davis et al., 2009).

Metaverse, ötesi anlamına gelen “meta” ön ekinin, evren anlamına gelen “verse” kelimesiyle birleşimi ile fiziksel dünyayla bağlantılı varsayımsal bir sanal ortamı tanımlamaktadır. Metaverse kelimesi ilk olarak 1992’de Neal Stephenson tarafından yazılan Snow Crash adlı bir bilim kurgu romanından ortaya çıkmıştır. Hızlı bir şekilde Metaverse çağına girdiğimiz bu yıllarda hayatımızda birçok yerde kullanılmaya başlanmıştır (L.-H. Lee et al., 2021) ve Dünya Ekonomik Forumu, dijital hizmetlerin tanıtımının önümüzdeki on yılda sağlık hizmetlerinin dönüşümünde çok önemli rol oynayan faktörlerden biri olacağını önceden tahmin etmişti (World Economic Forum, 2016).

Metaverse’yi sağlıkta uygulamanın geçerliliğini ve uygulanabilirliğini anlamak için önce kavramını anlamak gerekir. Metaverse, giderek daha fazla kabul gören ve yeni nesil mobil bilgi işlem platformlarının bir tezahürü olarak kabul edilen AR ve VR gözlükleri aracılığıyla erişilen internettir. Benzer şekilde, Tıpta Metaverse, AR ve VR gözlükleri kullanılarak kolaylaştırılan tıbbi nesnelerin İnterneti (MIoT) olarak tanımlanabilir (Yang et al., 2022). AR ve VR başlıkları canlı üç boyutlu (3D) görsel deneyimler sağlama becerisine sahip yeni nesil etkileşimli ekranlar olarak ortaya çıkmıştır. Yararlı uygulamalardan eğitim, sağlık, mühendislik ve oyun bunlardan sadece birkaçıdır (Xiong et al., 2021).

Metaverse sağlığın birçok alanında, sağlık alanında okuyan öğrencilere, bu alanda çalışan tüm personel ve hastalara çok büyük avantajlar sağlayacağına benzemektedir. Literatür taraması şeklinde yapılan bu çalışmada, Metaverse’nin sağlık alanındaki yeri ve önemine yer verilmiştir. Çalışmada; öncelikle Metaverse ile ilgili temel kavramlar hakkında bilgi verilmiş daha sonra ise sağlık eğitiminde, enfeksiyonlar ve mikrobiyolojide, ameliyathanelerde, kliniklerde Metaverse’nin önemi, tele tıp, hastalar açısından Metaverse’nin önemi, Metaverse ve sağlık iletişimi, sağlıkta Metaverse’nin zorlukları ve son olarak da Sağlıkta Metaverse’nin geleceği konuları ele alınmıştır

## 2. Tarihçe

Metaverse yeni değil her şey 1838’de bilim adamı Sir Charles Wheatstone’un, beynin tek bir 3D görüntü oluşturmak için iki görüntüyü birleştirdiği “stereopsis” veya “binoküler görme” kavramından bahsettiği zaman başlamıştır. Bukonsept, bir çift görüntü alan ve bunları derinlik yanılsaması

ile üç boyutlu bir görüntüye dönüştüren cihazlar olan ilk stereoskopların geliştirilmesine yol açmıştır. Günümüzün VR sistemlerinde, dijital görüntülere derinlik hissi vermek için stereoskopik ekranlar kullanılmaktadır ve böylece daldırma hissini artırmaktadır. Bu gün bildiğimiz VR'nin ilk hali olarak 1935 yılında Amerikalı bilim kurgu yazarı Stanley Weinbaum, ana karakterin bir çift gözlük kullanarak kurgusal bir dünyayı keşfettiği *Pygmalion*'un gözlükleri örnek olarak verilebilir (Marr, 2021). 1956'da görüntü yönetmeni Morton Heilig, ilk VR makinesi olan *Sensorama*'yı icat etmiştir. Bu film kabini, tüm duyuları etkili bir şekilde içine alarak izleyiciyi filmin içine çekmek için 3D, renkli videoyu stereoskopik teknolojiyi kullanarak ses, koku ve titreşimli bir sandalyeyle birleştirmiştir. Heilig, 1960 yılında stereoskopik 3D görüntüleri stereo sesle birleştiren ilk başa takılan ekranın patentini almıştır (Carmigniani & Furht, 2011; Marr, 2021). Heilig'in fikrini temel alan Philco mühendisleri, 1961'de *Headsight* kulaklığını icat etmişlerdir. Askeri kullanım için tasarlanan bu kulaklık, hareket izleme teknolojisine sahip ilk VR kulaklığı olarak kullanılmıştır. Yine 1960'larda, bilgisayar bilimcisi Ivan Sutherland, kullanıcının onu gerçeklikten ayırt edemeyeceği kadar gerçekçi bir sanal dünya olan "*Ultimate Display*" kavramını özetleyen bir makale sunmuştur. Bu da, yaygın olarak modern VR için bir plan olarak kabul edilmiştir (Marr, 2021). Daha sonra, Harvard profesörü Ivan Sutherland 1966'da başa takılan ekranı icat etmiştir. 1968'de Sutherland, optik şeffaf başa takılan bir ekran kullanarak artırılmış gerçeklik sistemini icat eden ilk kişi olmuştur. 1975'te Myron Krueger, kullanıcıların ilk kez sanal nesnelere etkileşime girmesine izin veren bir oda olan *Videoplace*'i icat etmiştir. Daha sonra, Boeing'den Tom Caudell ve David Mizell, bir işlem sırasında "artırılmış gerçeklik" ifadesini kullanmışlardır (Carmigniani & Furht, 2011). 1980'lerde, VR deneyimini geliştirmek için yeni teknoloji ortaya çıkmıştır. VR gözlükleri ve eldivenleri satan ilk şirket olan VPL Research Inc, 1985'te kurulmuştur ve Jaron Lanier 1987'de "sanal gerçeklik" terimini ortaya atan kişi olmuştur (Marr, 2021).

Metaverse terimi ise ilk olarak 1992'de Neal Stephenson tarafından yazılan "*Snow Crash*" adlı bir bilim kurgu romanından ortaya çıkmıştır. Metaverse, ötesi anlamına gelen "meta" ön ekinin, evren anlamına gelen "verse" kelimesiyle birleşimi ile fiziksel dünyayla bağlantılı varsayımsal bir sanal ortamı tanımlamaktadır (L.-H. Lee et al., 2021).

### 3. Genişletilmiş, Sanal, Artırılmış ve Karma Gerçeklik Nedir?

#### 3.1. Genişletilmiş Gerçeklik Nedir?

Genişletilmiş gerçeklik (eXtended Reality=XR), fiziksel ve sanal ortamları birleştiren bir dizi aracı kapsar. Sanal, artırılmış ve karma gerçeklik olmak üzere üç ana alt bölümden oluşur (Logeswaran et al., 2021).

#### 3.2. Sanal Gerçeklik Nedir?

Sanal gerçeklik (Virtual Reality=VR), insanların doğal duyularını ve becerilerini kullanarak gerçek zamanlı olarak 3D bilgisayarlı veri tabanlarıyla verimli bir şekilde etkileşime girmesine olanak tanıyan bir teknolojiler topluluğu olarak tanımlanır. İster tasarımda ister eğitimde olsun, sanal gerçekliğin temel gücü, kullanıcının gerçek zamanlı etkileşimini desteklemesi ve geliştirmesidir (McCloy & Stone, 2001). Yani sanal gerçeklik, kullanıcıyı bu ortamla ve bu ortamdaki diğer katılımcılarla tutarlı bir dizi kural ve etkileşim içeren sentetik, sanal bir ortama yerleştirir (Westphal, 2017).

#### 3.2.1.Eğitim ve Öğretimde Sanal Gerçekliği Neden Kullanırız?

Eğitim, medeniyetin gelişmesinin temelidir. İlk eğitim devrimi harflerin icadı ile başlamış daha sonra çeşitli ortamlarda grup eğitimine dönüşmüştür. Grup eğitiminden sonra ise çevrimiçi dersler yoluyla grup eğitimi sağlanmıştır. Günümüzde ise dördüncü eğitim devriminin Yapay Zeka (AI), VR ve Metaverse gibi teknolojilerle bireysel öğrenme yeteneklerine ve kazanımlarına göre uyarlanmış süper özelleştirilmiş eğitim yoluyla olacağı ifade edilmektedir (Hyun-Jae, 2021). AR ve VR, yüzyılımızın öğrencilerinin ihtiyaçlarını daha iyi karşılayan, daha önce hayal bile edilemeyen yeni öğretme ve öğrenme modellerini vaat etmektedir (Elmqaddem, 2019).

VR, sadece kendimizi eğlendirme şeklimizi dönüştürmekle kalmayacak, aynı zamanda öğrencilerin sınıf içinde ve dışında öğrenme şeklini de tamamen değiştirecektir. Çok sayıda çalışma, VR'nin öğrenme süreci üzerindeki olumlu etkisini ortaya koymuştur (Kaufmann & Papp, 2006). Bu teknoloji, sanal veya gerçek dünyaya ait nesnelere etkileşime girmeyi, deneyerek katılım ve etkileşim yoluyla öğrenmeyi, öğrenenin motivasyonunu ve dikkatini artırmayı mümkün kılmaktadır (Singhal et al., 2012). Soyut kavramları veya karmaşık fenomenleri keşfetmek ve bilmek söz konusu olduğunda bile bu teknolojinin öğrenci için erişilebilir kıldığı kavramları görselleştirme ve gerçekleştirme olanakları sayesinde öğrenme daha zevkli ve etkili hale gelmektedir (Klopfer & Squire, 2008; Sumadio, Desi Dwistratanti Rambli, 2010).

VR birçok sebepten dolayı eğitimde etkin olarak kullanılabilir. VR, sanal bir dünyaya giren bir katılımcının gerçek dünyada dahil olduğu nesnelere aynı tür doğal etkileşime girmesine izin verir. Sanal bir dünyaya giren kişide doğrudan deneyimleyerek bilgi oluşturmaya izin verir. Sürükleyici VR, katılımcı ile bilgisayar arasında bir sınır görevi gören ara yüzü kaldırarak birinci şahıstan deneyimlemesine izin verir (Winn, 1993). Sanal gerçeklik öğrencilerin derse aktif katılımını sağlayarak motive eder. Sanal gerçeklik, öğrencinin düzenli bir ders programıyla sabitlenmemiş geniş bir zaman diliminde kendi hızında bir deneyim yaşamasına olanak tanır. VR, görsel temsillerin güçlü yönlerinden yararlanarak yeni görselleştirme biçimleri ve yöntemleri sağlar. Malzemenin sunumu için alternatif bir yöntem sağlar. Bazı durumlarda VR, bir nesnenin aşırı yakından incelenmesine, çok uzak bir mesafeden gözlem yapılmasına ve başka yollarla erişilemeyen alanların ve olayların gözlemlenmesine ve incelenmesine izin vererek bazı özellikleri, süreçleri ve benzerlerini diğer araçlara göre daha doğru bir şekilde gösterir. Dil engellerini aşar. Engellilerin başka türlü yapamadıkları bir deney veya öğrenme ortamına katılmalarını sağlar. Metin erişimli VR, diğer kültürlerdeki öğrencilerle eşit iletişim fırsatı sağlar ve öğrencinin farklı kültürlerde bir kişinin rolünü üstlenmesine olanak tanır (Pantelidis, 2010). Gerçek hayatta deneyimlenmesi imkansız veya zor olan konularda öğrenme sağlar, motivasyonu artırır, işbirliğini geliştirir. Görselleştirme ve somutlaştırma sayesinde kolay öğrenme imkanı sağlar. Öğrenmenin öğrencinin özelliklerine ve ihtiyaçlarına göre uyarlanması olanağını sunar ve kolay izleme ve değerlendirme nedeniyle bir değerlendirme aracı olarak büyük bir potansiyel sunar (Mantovani, 2001).

Yukarıda saydığımız faydaları nedeni ile VR ve Metaverse yolu ile yapılan eğitimler daha etkili olabilmektedir. Mevcut uzaktan uygulamalı eğitim modellerinin eksikliklerini telafi etmek için VR ve Metaverse yöntemleri kullanılarak yapılan bir eğitim çalışması sonucunda sanal gerçeklik ve Metaverse yöntemlerini kullanan grubun testlerde, video eğitim grubundan daha yüksek puan aldığı bildirilmiştir (H. Lee et al., 2022). Sanal gerçeklik tabanlı öğrenmenin öğrencilerin dikkat düzeyini %100 artırdığı ve test sonuçlarını %30 iyileştirdiği kanıtlanmıştır (Elmqaddem 2019).

### 3.3. Artırılmış Gerçeklik Nedir?

Artırılmış Gerçeklik (AR), bilgisayar tarafından oluşturulan sanal görüntü bilgilerinin gerçek zamanlı ve canlı olarak doğrudan veya dolaylı gerçek dünya ortamına yerleştirilmesine izin veren bir teknolojidir (Azuma, 1997; Zhou, Duh ve Billingham, 2008). AR, VR'den farklıdır, çünkü VR'de insanların bilgisayar tarafından oluşturulan bir sanal ortamı deneyimlemeleri beklenir. AR'de ise ortam gerçektir, ancak sistemden gelen bilgi ve görün-

tülerle genişletilir. Başka bir deyişle, AR gerçek ve sanal arasındaki boşluğu kusursuz bir şekilde köprüler (K. Lee & Lee, 2012). Artırılmış gerçeklikte bir AR sistemi, kullanıcının gerçek nesnelere algılaması üzerine sanal bir katman ekler; bu, hem gerçek hem de sanal nesnelere, birbirleriyle ilişkili olarak çalışacak şekilde, eşzamanlılık ve üç boyutta uygun algılama derinliği ile birleştirir (Westphal, 2017).

### **3.3.1. Eğitim ve Öğretimde Artırılmış Gerçekliği Neden Kullanırız?**

Öğretimi zenginleştirmek için ileri teknolojilerin nasıl kullanılabilceği konusunda şimdiye kadar yapılan çalışmalar arasında, pek çok kişi AR'yi etkili bir araç olarak görmektedir (Dunleavy et al., 2009). AR, eğitim kurumları için çok verimli bir teknolojidir. Öğrencilerin kendilerini daha iyi geliştirmelerine olanak tanır. Özellikle karmaşık teoriler, sistem veya makine mekanizmaları hakkında öğrencilerin bilgi ve becerilerinin artmasını sağlar. AR teknolojisi kullanarak yapılan bir çalışmada, karmaşık mekanizmaların ve zor teorilerin AR yolu ile öğrenciler tarafından kolay anlaşıldığı gösterilmiştir (Liarokapis et al., 2004). AR kullanıcı tarafından görüntülenen gerçek sahne ile bilgisayar tarafından oluşturulan sanal sahnelerin bir kombinasyonu ile kullanıcıya bileşik bir görünüm sağlamaktadır. Bu durum da öğretme ve öğrenmenin etkililiğini ve çekiciliğini artırmaktadır. Bilgisayar tarafından oluşturulan sanal şeyleri gerçek dünya üzerine yerleştirme yeteneği, etkileşim şeklimizi değiştirir ve eğitimleri gerçek zamanlı olarak görülebilen gerçek hale getirir (Kesim & Ozarslan, 2012). AR, bizi çevreleyen gerçek dünya ortamıyla bağlantı kurduğunda kullanıcılara otantik ve yerleşik bir deneyim sunar. AR, etkileşimli ve dijital hale gelen sanal bilgilerle kullanıcıların etrafındaki fiziksel ortamı geliştirir. AR, kullanıcılara çevrelerinin dolaylı bir görünümünü gösterir ve sanal bilgiler aracılığıyla kullanıcıların duyularını geliştirir (Zhu et al., 2015). Artırılmış gerçeklik destekli etkileşim teknikleri ile sanal nesnelere konumu, şekli ve/veya diğer grafik özellikleri değiştirilebilir. Parmaklarımızı veya elde taşınan cihazların sallama ve eğme gibi hareketlerini kullanarak, evrendeki fiziksel nesnelere üzerinde sanal nesnelere yönetme yeteneğine sahip olabiliriz. AR, bir kullanıcının gerçek dünya ile algısını ve etkileşimini artırarak öğrenme, eğlence alanlarında uygulanmaktadır. Kullanıcı, üç boyutlu yansımanın etrafında hareket edebilir ve onu, gerçek bir nesne gibi, herhangi bir bakış açısından değerlendirebilir. Sanal nesnelere tarafından taşınan veriler, kullanıcıların evren görevlerini gerçekleştirmelerine yardımcı olur. Somut Arayüz Metaforu, öğrenmeyi geliştirmek için önemli durumlardan biridir. Bu özellik, gerçek kartları fare veya klavye

olmadan hareket ettirerek üç boyutlu sanal nesnelerin manipüle edilmesini sağlamaktadır (Manjul et al., 2020).

### 3.4. Karma Gerçeklik Nedir?

Karma gerçeklik (Mixed Reality=MR), gerçek ve sanal dünyaların birleştirilmesi olarak tanımlanır ve AR ve artırılmış sanallığın (Augmented Virtuality=AV) görüntüleme ortamını kapsayan daha geniş bir teknoloji sınıfı olarak görülebilir. Sanal bilginin AR'deki gerçek görünümü zenginleştirdiği yerde, gerçek dünya bilgisi AV'deki sanal sahneyi güçlendirir. Gerçek dünya bağlamını sağlayan dış girdiler de VR'de görülür ancak bu incelemede MR olarak sınıflandırılmıştır. MR terimi, AR ve MR arasında net bir ayrım olmasa bile tanımlamaya çalışan, MR olarak adlandırılan yeni teknolojiyi kapsamak için dahil edilmiştir (Gerup et al., 2020). Herhangi bir MR sisteminin üç önemli özelliği vardır: Birincisi gerçek dünya nesnesini ve sanal nesneyi birleştirmek, ikincisi gerçek zamanlı etkileşim sağlamak ve üçüncüsü ise sanal nesne ile gerçek nesne arasında, aralarında etkileşimler oluşturmak için eşleme sağlamaktır. Sürücülerin MR transparan aygıtları kullandığı ve sürücülerin trafik kazalarını azaltmalarına olanak sağlayan kör noktaları gösteren bir MR görselleştirme sistemi uygulaması örnek olarak verilebilir. Kısacası MR sistemi, görünmez bilgileri kullanıcıya görünür hale getirerek gerçek ortamı geliştirir (Rokhsaritalemi et al., 2020).

#### 3.4.1. Eğitim ve Öğretimde Karma Gerçekliği Neden Kullanırsınız?

MR teşhisleri hızlandırmak, sağlık hizmetlerine erişimi genişletmek, enfeksiyon bulaşmasını azaltmak, eğitmek ve hepsinden önemlisi sonuçları iyileştirmek için ameliyathaneler, klinikler, hasta odaları ve tıbbi eğitim ortamlarında kullanılmaktadır. Uzaktan konsültasyon ve tedaviye izin verme ve cerrahi operasyonlar da dahil olmak üzere gerçek hayat, gerçek zamanlı durumlar üzerine görüntülerin ve verilerin holografik olarak üst üste bindirilmesi gibi teknikleri kullanma yeteneği, sağlık hizmetlerinde yeni kapılar açacaktır (Saltmarsh, 2022).

### 4. Sağlık Alanında XR Teknolojilerinin Kullanımı

XR teknolojilerinin ortaya çıkmasıyla birlikte, sağlık sektöründe yeni fırsatların kapıları artık ardına kadar açık hale gelmiştir. Report Buyer'ın bir raporuna göre, sağlık sektöründeki AR ve VR'nin, yıllık ortalama yüzde 36.6'lık bir hızla büyüyerek 5 milyar ABD dolarına ulaşması beklenmektedir (Atanasova, 2020). AR, gerçek dünyayı dijital içerikle kaplayarak çalışan, görsel olarak etkileyici, sürükleyici bir teknolojidir. Erişilebilir ve uygun fiyatlı donanımın geliştirilmesiyle, foto gerçekçi ve yüksek kaliteli içerik

oluşturmadaki ilerlemelerle birleştğinde, AR teknolojisi, sağlık hizmetleri de dahil olmak üzere çok çeşitli sektörlerde pratik uygulamaları olan yaratıcı bir araca dönüşmüştür. AR, hastalıkların teşhisinde, tedavisinde, eğitim ve bilgilendirme çalışma uygulamalarında devrim yaratma ve nihayetinde hasta bakımını iyileştirme potansiyeline sahiptir. Artırılmış gerçeklik, birçok yönden öğrencilerin, örneğin X-ışınları ve BT taramaları dahil olmak üzere derinlemesine hasta tıbbi kayıtlarına ve ayrıca hasta konsültasyonları ve muayenelerine daha iyi erişim sağlayarak eyleme daha yakın olmalarını sağlamaktadır (Future visual, n.d.). Sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik yakından ilişkilidir. Her ikisinde de, ister telefon ekranınızda ister bir kulaklıkta olsun, önünüzde görünen bilgisayarlı bir sanal dünyada yer alabilirsiniz. Sanal gerçeklik sürükleyici olduğu için bizlerin görüntü ve ses ile tamamen hayali bir dünyaya dalmasına izin verir. Hatta onunla etkileşime girebilmek gerçekçi veya gerçeğe yakın görünse de, sanal gerçeklik gerçek olan her şeyden tamamen ayrı olarak var olmaktadır. Artırılmış gerçekliği tıpta özel ve daha kullanışlı kılan şey, gerçek nesnelere ve gerçek insanlar dahil olmak üzere sanal görüntüleri gerçek dünyayla birleştirmesidir. Bu, cerrahın, doktorun veya hemşirenin, artırılmış gerçeklik kullanarak normalde göremeyecekleri şeyleri görebileceği anlamına gelmektedir (kolumuzdaki damarlar, kırık bir kemik, beyin tümörü, röntgen veya sağlık kayıtları vs.) (Morgan, 2021). XR teknolojilerinin sağlık sektöründe kullanılabileceği alanlar şöyle özetlenebilir;

#### **4.1. Gerçekçi 3D Görselleştirme**

AR ve VR teknolojileri, tıp uzmanlarının insan vücudunun fizyolojisini ve anatomisini etkili bir şekilde öğrenmelerine yardımcı olabilir. Başa Monte Ekranlar ile artık hastanın anatomisinin daha önce hiç olmadığı kadar benzer, ancak daha güvenli, sürükleyici ve etkileşimli bir gösterimine izin vermektedir. AR ve VR teknolojileri sayesinde operatör, anatomi ve hastalık süreçlerinin sanal bir tasviri ile kaynaşır ve vücutta sanal olarak seyahat edebilir (Monsky et al., 2019). Öğrenciler ameliyatı kendileri cerrahmış gibi deneyimleyerek gerçek ameliyattan daha da sürükleyici deneyimler yaşayabilirler. VR, öğrencilerin insan vücuduna tam anlamıyla girmesine, kapsamlı bir görünüm sağlamasına ve gerçek prosedürlerin tekrarlanmasına izin vermektedir. AR ayrıca öğrencilere, hasta ve cerrahi karşılaşmaları simüle etme gibi uygulamalı öğrenme imkanı da sağlamaktadır (Stepanov, 2022).

##### **4.1.1. Beceri Geliştirme Eğitiminde Yardımcı Olma**

Sağlıkçılarının eğitiminin bir başka yönü de öğrencilerin kan alma, kateter takma, ameliyat yapma vb. el becerilerini yerine getirmesine bağlıdır. Geleneksel yöntemler ders kitaplarından, slayt gösterilerinden öğrenmeyi ve bu



görevleri yerine getiren bir eğitimciyi izlemeyi içerirken; AR ve VR teknolojileri, aynı öğrencilerin bu davranışsal becerileri sanal veya karma gerçeklik ortamında fiilen gerçekleştirerek öğrenmelerini sağlamaktadır. Sağlık alanında okuyan öğrenciler, bu becerileri sürükleyici bir ortamda gerçekleştirerek, yalnızca öğrenme kalitesini artırmakla kalmaz, aynı zamanda bunu daha doğru ve hassasiyetle yapmayı öğrenirler (Atanasova, 2020). Buna örnek olarak AccuVein verilebilir. Elde taşınır bir cihaz olan AccuVein’de, cildin içini ve damarları görmek için lazer tabanlı bir teknoloji kullanır. Bu teknoloji ile doktorların, hemşirelerin veya başkalarının kan almak veya IV (intravenöz) kateter yerleştirmek için damar bulmalarının kolaylaştırılması amaçlanmaktadır (Morgan, 2021). Bu uygulama, özellikle yoğun pigmentli cilde veya küçük kan damarlarına sahip hastalarda damar bulmayı kolaylaştırmakta ve birçok hasta için travmatik ve rahatsız edici olan bu duruma bir çözüm sunmaktadır (Future visual, n.d.).

#### 4.1.2. Etkin Öğrenme Sağlama

Günümüzün sağlık profesyonelleri için en büyük zorluklardan biri, her gün değişen ve hızla gelişen tıp ortamıdır. Bu nedenle, geride kalmadıklarından emin olmak için tüm yeni bilgileri öğrenerek ve özümseyerek bilgilerini canlı tutmaları gerekmektedir. AR ve VR teknolojileri, bu başarıya verimli ve sürükleyici bir şekilde ulaşmalarına yardımcı olmaktadır. Ayrıca tıp uzmanlarının daha fazla bilgiyi muhafaza etmelerine yardımcı olan sürükleyici bir ortam aracılığıyla yeni ve yenilikçi prosedürleri ve tıbbi yenilikleri kolaylıkla öğrenebilmektedirler (Atanasova, 2020).

### 5. Enfeksiyonlarda ve Mikrobiyolojide Artırılmış ve Sanal Gerçekliğin Kullanımı

Bulaşıcı hastalıkların acil yönetimi, pandemik durumları önleme veya bunlara müdahale etmek için VR ve AR etkili bir şekilde kullanılabilir (Clack et al., 2018; Rosenbaum et al., 2007). COVID 19 pandemisi sırasında birçok sağlık sistemi, hastaları tedavi etmek ve kontrol etmek için geleneksel yöntemlere alternatif olarak sanal yöntemleri kullanmak zorunda kalmıştır (Webster 2020). Bu teknoloji, enfeksiyonu önleme eğitimi için kontrollü bir sanal ortamda sağlık alanında hizmet veren personelin davranışlarını incelemek için de yenilikçi bir çözüm sağlayabilmektedir (Clack et al., 2017). VR, yaralanmalar, bulaşıcı hastalıklar ve afetler gibi çeşitli durumlar için bir eğitim ortamı sağlayarak bu stresli durumlarda daha sakin ve etkili bir müdahaleye yardımcı olabilmektedir (Ngo et al., 2016). Yapılan bir çalışmada, gelişmiş enfeksiyon kontrol çözümleri geliştirmek için bir VR sistemi önerilmiştir. Bu çalışmada, çeşitli sağlık bakım ortamlarında bir VR sisteminin

yetenekleri tanımlanmıştır. Bunlar arasında ilk olarak insan davranışlarını örneğin, el yıkama veya diğer enfeksiyon kontrol davranışlarını değiştirmek için gelişmiş bir eğitim sistemi olarak VR'yi kullanmayı ve patojenler ve bulaşma yolları hakkında bilgi sağlamayı ve enfeksiyonun öngörülen yayılımına ilişkin görsel uyarıları içermiştir. İkinci olarak önerilen bir enfeksiyon kontrol çözümünün etkinliğini değerlendirmek için geliştirilmiş sistemler içermiştir. Üçüncü olarak ise, bir ürünün veya önerilen çözümün diğerlerine göre avantajlarını göstermek için bir antimikrobiyal ürün üreticisi/satıcısı tarafından uygulamasını içermiştir (Anderson et al., 2009). Spesifik olarak, öğrencilerin mikroorganizmaları üç boyutlu olarak görmeleri daha etkileyicidir (Ramli & Marobi, 2021). Enfeksiyon ve mikroorganizmaların bulaşmasını azaltmak ve önlemek amacıyla yapılan bir çalışmada bir VR sistemi oluşturularak enfeksiyonların veya mikroorganizmaların görselleştirilmesi sağlanmıştır. Bu görselleştirme sayesinde sağlık hizmeti sunan personeller arasında el hijyeninin önemi vurgulanarak doğru el yıkama tekniği öğretilmiştir (Clack et al., 2018). VR tabanlı simülasyon, sağlık alanında okuyan öğrencilere anatomik ve mikrobiyal patogeneze kavramlarına odaklanarak solunum sistemi konusunda eğitim vermek için başarılı bir sistem olarak kullanılmıştır. Bu sistem, gerçek dünya bağlamının simülasyonu yoluyla bulaşıcı hastalık eğitimi için bir fırsat sağlamıştır (Zare Bidaki & Ehteshampour, 2019). Yapılan bir çalışmada, öğrencilerin agar plakalarında *Escherichia coli* kolonisi büyümesini incelemelerine olanak tanıyan bir artırılmış gerçeklik aracı geliştirilmiş ve gösterilmiştir. Lise ve lisans öğrencileriyle gerçekleştirilen küçük bir örnek test, AR aracının öğrenmeyi desteklediğini ve biyolojik malzeme işlemede gelişmiş güven aşıladığını öne süren olumlu sonuçlar vermiştir (Wildan et al., 2020). Yapılan bir çalışmada da tıp öğrencileri için "Açık Biyo-Güvenlik Laboratuvarı" adlı sanal dünya tabanlı biyogüvenlik eğitim uygulaması tanıtılmıştır. Yirmi dört öğrenci, sistemin kullanılabilirliğini değerlendirmek için bir ön test çalışmasına katılmış ve bu, sistem için yüksek derecede kullanılabilirlik göstermiştir (Nakasone et al., 2011).

İsveç Sağlık ve Refah Kurulu'na göre, İsveç'te her yıl 1.500'den fazla hasta hastanede kaptıkları ciddi enfeksiyonların bir sonucu olarak ölmektedir. Cerrahi yaralardaki bakterilerin tam olarak %98'inin çevredeki havadan geldiği kanıtlanmıştır. Bu yüzden KTH araştırmacıları yaptıkları VisBac projesi ile havadaki bakterileri görselleştirmek için VR sistemi kullanmışlardır. Süper bilgisayar simülasyonu adı verilen bir yöntemle, iç mekan havasındaki partikül hareketini ve ameliyathanelerdeki kirleticileri görselleştirmişlerdir. Bu sayede doktorlar ve diğer sağlık personelleri, bir VR kulaklığı takarak, cerrahi bir işlem sırasında havada neler olup bittiğine dair daha iyi bir resim elde edebilmişlerdir. VisBac projesinin amacı, sağlık personeline havadaki

bakterilerin nasıl yayıldığı hakkında daha fazla bilgi edinme fırsatı vermektedir. Bunu yaparken de, enfeksiyon riskini en aza indirmek için operasyonlar sırasında çalışma şekillerini ayarlayabilmeleridir. Bu uygulama, bakterilerle kirlenmiş havanın odanın içinde hareket eden cerrahi personel tarafından nasıl yayılabileceğini açıkça göstermektedir. Ayrıca, örneğin sağlık personeli ameliyat masasında hastanın üzerine eğildiğinde bakteri yayma riskinin nasıl arttığını da göstermektedir (Ahlfort, 2020).

## 6. Ameliyathanelerde Artırılmış Gerçeklik

Yapılan çalışmalar, AR'nin cerrahi prosedürlerin doğruluğunu, güvenliğini ve etkinliğini artırabileceğini göstermiştir (Gibby et al., 2019; Vávra et al., 2017). Bilgi teknolojisi ve donanım üretimindeki gelişmeler, eski hacimli ve kabloya bağlı AR kulaklıklarını, ergonomik cihazlara dönüştürmüştür. Bu yeni teknolojinin hastaya bir fayda sağlaması için cerrahi karar verme sürecinde desteklemesi ve uzun süreler boyunca giyilebilecek kadar rahat olması gerekmektedir. (Martin et al., 2008). Artırılmış gerçeklik, yüksek riskli tıbbi bakıma yeni yeni girmektedir. Haziran 2020'de Baltimore'daki Johns Hopkins Üniversitesi'ndeki beyin cerrahları ilk artırılmış gerçeklik ameliyatını duyurmuştur. Bir doktor, ciddi sırt ağrısını hafifletmek için bir omurilik ameliyatı sırasında altı vidayı yerleştirmeye yardımcı olmak için AR'yi kullanmıştır. Kısa bir süre sonra, başka bir hastadan omurilik tümörünü çıkarmak için hekimler bu teknolojiyi kullanmışlardır (Corning, 2021). Yapılan bir çalışmada AR kulaklığı 25 hastada ameliyat öncesi beyin cerrahisi tümör rezeksiyonu planlaması için değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucuna göre cerrahların dikkati sürdürme ve hastaya odaklanma, ergonomiyi geliştirme ve doğrudan üç boyutlu holografik temsil sayesinde tümör-beyin/kafatası ilişkisini daha iyi anlamaları açısından fayda sağlamıştır (Incekara et al., 2018). Barselona'daki bir cerrahi ekip, İspanyol mobil telekomünikasyon operatörü Vodafone España ile işbirliği içinde ameliyathanede Vuzix M400 Akıllı Gözlük kullanmıştır. Bir mide cerrahı, Miami, Florida'da ameliyata sanal olarak katılan bir doktorlar ekibine bağlı olarak ameliyatı canlı yayınlarken bir hastaya tüp mide ameliyatı yapmıştır. Bu uygulamalar, kişisel maruziyeti azaltmış ve COVID-19 nedeniyle kısıtlanan cerrahi kişisel koruyucu ekipman ihtiyacını en aza indirmiş ve uzak klinisyenler arasında işbirliği ve konsültasyon sağlamıştır (Corning, 2021).

## 7. Klinikte Artırılmış ve Sanal Gerçeklik

Teknoloji geliştikçe, artırılmış gerçekliğin tıbbi etkileme potansiyeli de artmaktadır. Artırılmış gerçeklik, birinci basamak klinikler, ameliyathaneler, acil servisler ve diş muayenehanelerinde de kullanılabilir. Doktorlar, örneğin

plastik cerrahi ameliyatları ve diğer karmaşık operasyonları planlamak için kullanılabilirler. Ayrıca, çeşitli ameliyatlar sırasında onlara kendilerine rehberlik etmek için kullanılabilirler. AccuVein bir örnek olarak verilebilir. Elde taşınır bu cihazda, cildin içini ve damarları görmek için lazer tabanlı bir teknoloji kullanır. Doktorların, hemşirelerin veya başkalarının kan almak veya IV yerleştirmek için damar bulmasını kolaylaştırarak ilk seferde doğru yapma olasılığını artırmaktadır. Bu durum da zamandan tasarruf ederken ekstra iğne batması riskini azaltmaktadır. Aynı zamanda artırılmış gerçeklik cihazının hem doktorlar hem de tedavi ettikleri insanlar için işleri kolaylaştırdığını gösteren bazı veriler olduğu ifade edilmiştir (Morgan, 2021). Klinikteki faydaları aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

### 7.1. Gelişmiş Tanı

XR teknolojilerinin en önemli yönlerinden biri, teknolojinin avantajından daha da fazla yararlanmak için yapay zeka ile entegre edilebilmeleridir. APyı AR ve VR teknolojilerine entegre ederek, verimli ve doğru teşhis sağlamak için bir dizi tıbbi prosedür hızlandırılabilir (Atanasova, 2020). Örneğin EyeDecide uygulaması, tablette oluşturulan görüntüye doğrudan dokunarak ve parmakla döndürerek göz küresini herhangi bir açıdan görmemizi sağlar. Bu sayede gözü hemen her yönde küçültmek, genişletmek, hareket ettirmek mümkün olmaktadır. Bütün bunlar, hekimlerin çeşitli bozuklukları simüle etmesine ve daha doğru teşhis koymasına yardımcı olmaktadır (Phelcom blog, 2021).

### 7.2. VR Aracılığıyla Ağrı Yönetimi

Ağrı veya rahatsızlık çeken hastaların ağrısını azaltmak için VR kullanılmaktadır. Bu kategori için VR'nin iki işlevi vardır, bunlar: dikkati dağıtma ve varlık yaratmadır. Birincisi, özneyi ağrıya neden olan tıbbi prosedürler gibi gerçek dünya durumundan uzaklaştırırken, ikincisi, öznenin bilişsel yeniden değerlendirme veya bilişsel davranışçı terapi gibi yönetim stratejilerini kolaylaştırmak için tasarlanmış senaryoları deneyimlemesine olanak tanımaktadır (Yeung et al., 2021). Kısaca VR, ağrı sinyallerinin beyne ulaşmasını engellemeye yardımcı olmakta ve geleneksel ağrı yönetimine ilaçsız bir destek sunmaktadır (Cedars-Sinai Staff, 2019). VR teknolojisi, yanık mağdurlarına, doğumdaki kadınlara, ortopedik, gastrointestinal rahatsızlığı olan hastalara ve diğer hastalara ağrılı bir iyileşme sırasında biraz rahatlık ve güvence sağlamak için kullanılabilir birçok terapötik uygulama ve teknik sunmaktadır (Atanasova, 2020; Cedars-Sinai Staff, 2019). Los Angeles Çocuk Hastanesinde yapılan bir çalışmada, VR kulaklıklarının rutin kan alımları sırasında

çocuklar arasındaki kaygıyı ve prosedürel ağrıyı azalttığı bildirmiştir (Catley, 2018).

### 7.3. Terapi

Davranış sağlığında artırılmış gerçeklik uygulamaları etkili olabilmektedir. Gerçek dünya ortamlarını dijital olarak artırma yeteneği, bireylerin psikolojik sağlığını desteklemek için bir dizi uygulamaya sahip olabilir (Edwards-Stewart et al., 2016). Şu anda VR, insanların stresi hafifletmesine, kaygıyla mücadele etmesine ve daha huzurlu veya rahat bir zihinsel duruma ulaşmasına yardımcı olmanın bir yolu olarak araştırılmaktadır (Cedars-Sinai Staff, 2020). VR ayrıca psikoloji ve rehabilitasyon tıbbında tedavinin bir parçası olarak kullanılmaktadır. VR, fobiler ve anksiyete bozuklukları dahil olmak üzere çeşitli psikolojik bozuklukların gerçek tedavisi için kullanılmıştır (Carl et al., 2019; Freeman et al., 2017; Meyerbröker & Emmelkamp, 2010). Bu terapide, hastalar korktukları durumlarla gerçekçi ve sürükleyici/etkileşimli bir ortamda yüzleşirler. Bu “maruz kalma terapisi”, hastaların kaygıyı azaltmalarına ve korkulan felaket sonucunun muhtemelen meydana gelmeyeceğine karar vermelerine yardımcı olmakta, böylece hastayı fobilerine karşı duyarlı hale getirmektedir. Otizmlili ve dikkat eksikliği olan hastalara yardım etmek için VR yaklaşımları da başarıyla kullanılmıştır (Freeman et al., 2017). Geriatri, klinik veya rehabilitasyon merkezlerinde fiziksel olarak tekrarlanamayan günlük yaşamı temsil eden çeşitli ortamları simüle ederek yaşlı popülasyonda epizodik hafızayı değerlendirmek ve eğitmek için VR kullanımı araştırılmaktadır (Corriveau Lecavalier et al., 2020).

### 7.4. Hastalarla Daha İyi İletişim Kurma

Bir gösteri her zaman sözlü bir açıklamadan daha etkilidir. Bu, özellikle sorunlu hastalar ve endişeli akrabaları söz konusu olduğunda geçerlidir. AR ile donatılan bir doktor, bir ameliyatın nasıl ilerleyeceğini ve ameliyat sonrası iyileşmenin nasıl olacağını kolayca gösterebilir. AR ile doktorlar çeşitli kimyasal ve hormon maddelerinin vücudumuz üzerindeki etkisini de gösterebilirler. Bu sayede de sağlık personelleri hastalar ile daha etkili bir iletişim sağlayabilirler (Stepanov, 2022).

### 7.5. Hastalarla Empati Kurma

Empati kurama, yalnızca hasta bakımını iyileştirecek bir şey değildir; etkili teşhis, tedavi ve desteğin temel bir bileşenidir (Dean et al., 2020). VR, empati için bir araç olarak kullanılabilir. VR, sağlık görevlilerinin dünyayı hastalarının gözlerinden görmelerini sağlar. Böylece sağlık görevlileri hasta-

ların ihtiyaçlarıyla daha fazla ilgilenebilirler ve hastaları olmanın nasıl bir şey olduğunu daha iyi anlayabilirler (Cedars-Sinai Staff, 2020; Kłoda, 2020). Örneğin psikiyatrist ve psikologların eğitimi için üç boyutlu ortamlar geliştirilerek şizofreni hastaları ile ilgili anlayışlarını derinleştirmek ve tedaviye yardımcı olmak için görsel ve işitsel halüsinasyonlar sunulabilir (Mantovani, 2001).

## 8. Teletıp

Teletıp, sağlık hizmetlerinin sunulması ve sağlık hizmetleri bilgilerinin mesafeler arasında değiş tokuş edilmesidir (Craig & Petterson, 2005). Video konsültasyonlarının yanı sıra, “telementoring” olarak adlandırılan farklı bir coğrafi konumda ikamet eden bir uzmandan bir cerraha gerçek zamanlı cerrahi talimat ve rehberlik sağlamak için senkronize teletıp uygulanabilir (Huang et al., 2019). Yakın zamanlarda, bir 5G ağı üzerinden gerçek zamanlı üç boyutlu (3D) video aktarımı kullanılarak iki vitreoretinal cerrahi vakasının başarılı bir şekilde teleproktoringi rapor edilmiştir (Lu et al., 2021). AR ve VR'nin önemli bir uygulaması, uzak veya uzak bir yerde sağlanan prosedürlerin veya diğer tıbbi bakımın sürükleyici bir holografik ekranda gözlemlenebildiği teletıptır kolaylaştırmaktır. Bazı durumlarda, uzaktaki bir operatör ultrason veya cerrahi robotik sistemler gibi uzaktaki gerçek cihazlarla bile etkileşime girebilir (Wang et al., 2017). VR kullanımı aynı zamanda rehabilitasyon klinisyenlerinin uzaktan tele rehabilitasyon yapmasına yardımcı olabilir, böylece örneğin felçten sonra hastalar evde sanal bir ortamda egzersiz yapar ve veriler daha sonra klinisyene iletilir (Laver et al., 2013). Ayrıca, VR sürecin daha ödüllendirici olabilmesi için Parkinson hastaları gibi mutlaka egzersiz yapması gereken hastaları uzaktan denetimli aerobik egzersiz yapmaya teşvik edebilmek için oyunlaştırılmış unsurları içerebilir (M van der Kolk et al., 2019).

## 9. Hastalar Açısından Artırılmış ve Sanal Gerçekliğin Faydaları

### 9.1. Gelişmiş Hasta Bakımı ve Eğitimi

AR ve VR teknolojilerinden sadece tıp uzmanları değil, hastalar da tıbbi durumları, tedavi ve çeşitli prosedürlerle ilgili ayrıntıları anlamalarına yardımcı olan bir dizi pratik fayda elde edebilirler (Eckert et al., 2018). XR teknolojileri, özellikle AR, korkmuş veya şüpheli olabilecek hastalara etkileşimli ve sürükleyici eğitim sağlamak için kullanılabilir (Atanasova, 2020). AR'nin hastaları eğitmek için son derece yararlı bir araç olduğu kanıtlanmıştır. Bu durum doktorların hastalarına güven vermelerini sağlayarak onları bilinçli kararlar vermeleri için çok daha iyi bir konuma getirebilmektedir. AR, kritik

ancak karmaşık bilgileri iletme konusunda muazzam bir potansiyele sahiptir. Kalp hastalığı gibi karmaşık sağlık sorunları AR yardımı ile kolayca açıklanabilir. Cerrah, tüm organların üç boyutlu projeksiyonları yardımıyla ameliyatın tüm prosedürünü detaylı bir şekilde hastaya kolayca anlatabilir. Ameliyat sonuçları ve ameliyat sonrası bakımın önemi hakkında hasta bilgilendirilebilir. AR, hastanın stressiz bir tıbbi prosedür geçirmesini sağlar. AR'nin, hastaların sağlık durumlarını anlamada faydalı olarak algıladıkları ilgi çekici bir öğrenme aracı olduğu kanıtlanmıştır. Beş ay boyunca 61-78 yaş aralığındaki hastalar arasında yapılan bir ankette, katılımcıların %89'unun AR gibi teknolojiler aracılığıyla sağlık durumları hakkında bilgilendirildiğinde kendilerini daha iyi ve ilgili hissettikleri tespit edilmiştir (Cognihab, 2021).

## 9.2. Tıbbi Tesislerde Sanal Yardım

AR tabanlı navigasyon, hastaların tam olarak aradıklarını bulmalarını hızlı ve kolay hale getirebilir. Ayrıca hemşirelerin ve diğer tıp uzmanlarının acil ve kritik durumlar sırasında doğru noktayı ve ekipmanı bulmalarına yardımcı olabilir. AR aracılığıyla sanal yardım, hedef kitlenin kendilerine açıklanan kavramları net bir şekilde kavramasını ve bilgileri akılda tutma şansının çok daha yüksek olmasını sağlamak için hastanelerde ve tıbbi kliniklerde oryantasyon deneyimini geliştirebilir (Atanasova, 2020).

## 9.3. Hastanelerde Hastalar İçin Dijital Eğlence

Hastaneler, kimsenin olmak isteyeceği bir yer değildir. İnsanlar hasta oldukları ve tıbbi yardım gereksinimleri olduğu için hastanede yatmaktadırlar. Hastanede bulunmak beraberinde birçok sorunu da getirmektedir. Ayrıca, hastaneler küçük çocuklar için korkutucu olabilmektedir (Atanasova, 2020). Hastaneler, pediatrik hastalar için VR ve AR uygulamalarında özellikle başarılı olmuştur. Liverpool'daki Alder Hey Çocuk Hastanesinde doktorlar, hastanede yatan genç çocukları eğlendirmek, eğitmek ve dikkatlerini dağıtmak için AR tabletleri kullanmaktadırlar. Çocuklar, uygulama içinde kendilerine eğlence, bilgi ve destek sunacak avatarların yanı sıra yeni içeriğin kilidini açmak için tamamlayabilecekleri zorlukları seçebilmektedirler (Catley, 2018).

## 9.4. Halkı Bilinçlendirme Kampanyaları

Medical AR, halkı çeşitli sağlık konularında bilinçlendirmek için mükemmel bir araçtır. Örneğin, daha önce sigara paketleri üzerinde kullanılan basit metin uyarılarından sonra doğrudan bu paketlerin üzerine basılan sigara içme sonuçlarının korkunç fotoğrafları daha etkili olmuştur. Görüntüler her zaman kelimelerden daha fazla etkiye sahiptir ve AR ile 3D simülasyonlar

daha da etkileyicidir. Sigara içerken akciğerlere ne olur, dişler düzgün temizlenmediğinde çürükler nasıl oluşur, yazarken doğru oturma pozisyonu nedir - AR, tüm bu tıbbi durumları çok daha ikna edici bir şekilde gösterme yeteneğine sahiptir (Stepanov, 2022).

Ruban Rose Derneği her yıl Ekim ayında meme kanserine karşı farkındalık yaratmak ve mücadele etmek için bir kampanya olan “Pembe Ekim”i düzenlemektedir. Bu vesileyle 2020 yılında dernek, Instagram’da kullanıcıların saçlarını şeker pembesi ile renklendiren bir AR filtresi üretmiştir. Bu, kanser olan kadınlara desteklerini göstermenin bir yoludur. Olası bir meme kanserini mümkün olduğunca erken tespit etmek, erken tedaviyi sağlamaya yardımcı olduğundan, bu kampanya hala etkili olmaya devam etmektedir (light-and-shadows, 2021).

NHS (National Health Service) Kan ve Nakil Derneği, 2016 kan bağıışı bilinçlendirme kampanyasını İngiltere’de bu kanalda hayata geçirmiştir. Amaç, kan bağıışının hastanın sağlığı üzerindeki etkisini göstermektir. “Sanal kan bağıışı” kampanyası, AR ve boş bir kan torbasına bağlı hasta bir kişinin dev bir ekranda gerçek zamanlı bir görüntüsünü kullanmıştır. Kampanya sadece 200.000 bağıışçı hedefine ulaşmayı başarmakla kalmamış, aynı zamanda 45 yaşın altında daha fazla insanın bağıış yapmasını sağlamayı da başarmıştır (light-and-shadows, 2021).

XR teknolojileri insanlara ilk yardımın nasıl yapılacağını öğretebilir, felç, kalp krizi ve alerjik reaksiyonlar için acil bakımın nasıl yapılacağını öğretmek için halk sağlığı kampanyalarını kolaylaştırmaya yardımcı olabilir ve halka meme kanseri gibi hastalıklar için kendilerini doğru bir şekilde nasıl tarayacaklarını öğretmeye yardımcı olabilir (10thdegree, n.d.). Sanal gerçekliğin COVID-19 aşısı tereddütünü azalttığını (Vandeweerd et al., 2022), sigara bırakmada etkili olduğunu (Sandra et al., 2021) ifade eden çalışmalar da bulunmaktadır.

## 10. Metaverse İle Sağlık İletişimi

Metaverse’nin oyunlaştırma teknolojilerinin sağlık hizmeti sunucuları ile hastaları bir araya getirerek sağlık iletişimini artırması ve sağlık çalışanlarının küresel ölçekte bir araya gelmesi ve eş zamanlı eğitim alması beklenmektedir. Veyond Metaverse adlı bir şirket bu konuda bir adım öne çıkarak gelişmiş bulut ve gerçek zamanlı iletişim teknolojisini kullanmaya başlamıştır (Coşkun, 2022).



## 11. Sağlık ve Hasta Bakımında Metaverse'nin Zorlukları

Teknolojilerin avantajları yanında bir takım dezavantajları da bulunmaktadır. XR teknolojilerindeki dezavantajlardan bazıları; yaşlılar ve teknoloji konusunda daha az bilgili olan hastaların meta veriye girip en iyi bakımı alamama riski bulunmaktadır. Meta veri deposundaki hasta verilerinin siber suçlular tarafından yüksek değerli ve hassas bir hedef olma riski olabilir. Hastalar mahremiyet sorunu yaşayabilir. Tüm sağlık sektörü veri ve iletişim standartlarını hızla geliştirmedikçe, Metaverse'nin benimsenmesi yavaş olacak ve hatta bazı olumsuz sonuçlara yol açacaktır. Sağlık hizmetlerinde meta veri deposunun tam potansiyelini etkinleştirmesi için büyük bir altyapı gerekir ki bu da yüksek teknoloji maliyetine neden olabilir (Swider, 2022; Tan et al., 2022). Sigortacılar, metaveriyeye erişmekte kullanılacak cihazlar için ödeme yapmaya istekli olmayabilir ve hastalara bu konuda ek maliyet çıkabilir. Sigortacılar, sanal sağlık ziyaretlerini yüz yüze ziyaretlerden farklı bir şekilde yapmayı seçebilir. Yanlış uygulama davaları, sorumluluk amacıyla meta veri tabanında harcanan zamanın kaydedilmesini gerektirebilir. Ticari ödeme yapanların, meta veri deposuna özel oturumlar için özel tıbbi kodları olması gerekir. Yazılım satıcılarının, yazılımlarını ve ilgili cihazlarını meta veri deposuyla uyumlu hale getirmeleri gerekecektir. Doktorların ilaç ve/veya tedavileri sanal olarak reçete edip edemeyeceği konusunda ciddi tartışmalara yol açabilir (Swider, 2022). Sanal sağlığın eğitimdeki rolü, klinik tıbbın temel yönleri olan iletişim becerilerinin ve hasta başında yapılan eğitimlerin gelişimini tehlikeye atan yüz yüze etkileşimlerin eksikliğine yol açmasıdır. Klinik bulguların sanal platformlar aracılığıyla değerlendirilmesinin doğruluğu başka bir zorluktur. Örneğin, yara bakımının fotoğrafik değerlendirmesi, yüz yüze konsültasyonlara kıyasla palpasyon, yaranın 3 boyutlu görünümü ve daha az erişilebilir vücut bölgelerinin değerlendirilmesinde sınırlı olabilir (Mills et al., 2020).

## 12. Sağlıkta XR Teknolojilerinin Geleceği

Somut faydaları şimdiden fark edilmeye başlandığı için, sağlık sektöründe AR'nin geleceği hiç bu kadar sağlıklı görünmemiştir (Future visual, n.d.). XR teknolojileri sağlık ve tıpta hızla popülerlik kazanmaktadır. Günümüzde sağlık çalışanlarına hasta tedavisinde yüksek kaliteli yardım sağlayabilmekte ve hastaları sağlıklarına nasıl daha iyi bakacakları konusunda eğitebilmektedirler. Bu teknolojiler sağlık hizmetlerinde benimsenmelerinin ilk aşamalarında olmalarına rağmen, birçok işletme bu pazara yoğun bir şekilde yatırım yapmaktadır. Bu teknolojilerin yıkıcı potansiyelini fark eden şirketler, VR ve AR teknolojileriyle güçlendirilmiş kendi sağlık dijital çözümlerini oluştur-

mak için VR ve AR geliştirme şirketlerini aramaktadırlar (Puzhevich, 2021). Ayrıca, 5G teknolojisinin kullanıma girmesiyle, AR bir sonraki düzeye taşınacak ve hastaların uzaktan izlenmesinin desteklenmesinden ameliyathanede kullanım için güvenilirliğin artırılmasına kadar yeni çalışma uygulamalarına kapı açılmasında kritik öneme sahip olacaktır. AR, yeni nesil tıp pratisyenlerinin becerilerini geliştirmekten, durumların tespiti, teşhisi ve tedavisinin geliştirilmesine kadar sağlık sektörünün tüm alanlarında olumlu bir etkiye sahip olma potansiyeline sahiptir. Sonuç olarak, AR hasta bakımını iyileştirmeye yardımcı olabilir; hepimiz için evrensel bir fayda sağlayabilir (Future visual, n.d.). FDA (*Food and Drug Administration*), bu teknolojilerin tıbbi bakımın her yönünü etkileme potansiyeli olduğunu ifade ederek bu teknolojilerin kullanımını onaylamaya başlamıştır (Monksy et al., 2019).

### 13. Sonuç

Sağlık teknolojisi endüstrisi, tıbbi alandaki yenilikler nedeniyle sürekli olarak gelişmektedir. Metaverse sağlık hizmetlerinin performansında devrim yaratacak bir teknolojidir ve tıbbi bakımın her yönünü etkileme potansiyeli olduğu açıkça görülmektedir. Sağlık hizmetlerinde, avatarların giyilebilir teknolojilerle bağlantılar yoluyla konsültasyon, kişiselleştirilmiş bakım ve ilk teşhis sağlayabildiğini hayal etmek artık mümkün. Çeşitli hastalıkların yönetimi, klinik bakım, hasta eğitimi ve sosyal reçete yazma açısından önemlidir. Sağlık çalışanları için Metaverse, sonuçlar üzerinde eşzamanlı işbirliği, eğitim, öğretim, planlama ve veri analitiğine izin veren bir teknolojidir. Dünya çapında işbirliği yapan klinisyenler için çeşitli olanakları, bilimsel keşifleri genişletme potansiyeline sahiptir. Toplumun, hastaların ve sağlık çalışanlarının sağlığı koruma, iyileştirme, geliştirme konusunda etkin olarak kullanım olanağına sahiptir. Metaverse eğitim konusunda, öğrencilerin tıp eğitiminde ve halk sağlığında bir devrim yaratabilir. Kurumlar bu teknolojinin hasta için güvenli bir şekilde nasıl oluşturulacağını anlamalı ve insani boyutu karşılamalıdır.

## 14. Kaynaklar

- 10thdegree. (n.d.). *Inspiring Ways Healthcare Marketing is Using Augmented Reality*. <https://www.10thdegree.com/inspiring-ways-healthcare-marketing-is-using-augmented-reality/>.
- Ahlfort, K. (2020). *Bacteria in the air visualised in hospitals Technology can reduce the airborne spread of infection*. <https://www.kth.se/en/om/nyheter/centrala-nyheter/bakterier-synliggors-i-luften-pa-sjukhus-1.962936>.
- Anderson, J., Bowman, D., Cansler, V., Gakhar, S., Lynch, W., Phillips, E., & Al., E. (2009). *inventors; Google Patents, assignee. Virtual reality tools for development of infection control solutions*.
- Atanasova, A. (2020). *How VR and AR are empowering healthcare industry*. <https://insights.omnia-health.com/laboratory/how-vr-and-ar-are-empowering-healthcare-industry>.
- Carl, E., Aliza, T. S., Levihn-Coon, A., Pogue, J. R., Rothbaum, B., Emmelkamp, P., Asmundson, G. J. G., Carlbring, P., & Powers, M. B. (2019). Virtual reality exposure therapy for anxiety and related disorders: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Anxiety Disorders*, *61*, 27–36.
- Carmigniani, J., & Furht, B. (2011). Augmented Reality: An Overview. In *Handbook of Augmented Reality*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0064-6>
- Catley, J. (2018). *VR, AR, and Telemedicine Adoption is on the Rise at Hospitals*. <https://www.mdconnectinc.com/medical-marketing-insights/virtual-reality-telemedicine-hospitals>.
- Cedars-Sinai Staff. (2019). *New Study Shows Value of Virtual Reality for Pain Management*. <https://www.cedars-sinai.org/newsroom/new-study-shows-value-of-virtual-reality-for-pain-management/#:~:Text=Virtual%20reality%20is%20a%20mind,Supplement%20to%20traditional%20pain%20management.%22>.
- Cedars-Sinai Staff. (2020). *VR and the Future of Healthcare*. <https://www.cedars-sinai.org/blog/virtual-reality-future-healthcare.html>.
- Clack, L., Hirt, C., Wenger, M., Saleschus, D., Kunz, A., & Sax, H. (2018). Virtue - a virtual reality trainer for hand hygiene. *9th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA) (2018)*, 23–25.
- Clack, L., Wenger, M., & Sax, H. (2017). Virtual reality enhanced behaviour-change training for healthcare-associated infection prevention. *3rd UCL Centre for Behaviour Change Digital Health Conference. 2017*.
- Cognihab. (2021). *Patient Education through AR: Helping Patients Make Informed Decisions*. <https://www.cognihab.com/blog/patient-education-through-ar/#:~:Text=AR%20in%20Patient%20Education&text=Augmented%20reality%20is%20trying%20to,Professionals%20>

in%20educating%20the%20patient.&text=Augmented%20Reality%20provides%20the%20ability,Physiological.

- Corning, A. (2021). *Johns Hopkins Performs Its First Augmented Reality Surgeries in Patients*. Nhttps://Www.Radiantvisionsystems.Com/Blog/Ar/vr-or-%E2%80%93Surgical-Applications-Augmented-and-Virtual-Reality.
- Corriveau Lecavalier, N., Ouellet, É., Boller, B., & Belleville, S. (2020). Use of immersive virtual reality to assess episodic memory: A validation study in older adults. *Neuropsychological Rehabilitation*, 30(3), 462–480. <https://doi.org/10.1080/09602011.2018.1477684>
- Coşkun, H. (2022). *Is Metaverse A Madness as It Said? What Are Possible Application Areas in Health Services?* <https://Www.Medco.Com.Tr/En/Is-Metaverse-a-Madness-as-It-Said-What-Are-Possible-Application-Areas-in-Health-Services/>.
- Craig, J., & Petterson, V. (2005). Introduction to the Practice of Telemedicine. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 11(1), 3–9.
- Davis, A., Murphy, J., Owens, D., Khazanchi, D., & Ziguers, I. (2009). Avatars, people, and virtual worlds: Foundations for research in metaverses. *Journal of the Association for Information Systems*, 10(2), 90–117. <https://doi.org/10.17705/1jais.00183>
- Dean, S., Halpern, J., McAllister, M., & Lazenby, M. (2020). Nursing education, virtual reality and empathy? *Nursing Open*, 7(6), 2056–2059. <https://doi.org/10.1002/nop2.551>
- Dunleavy, M., Dede, C., & Rebecca, M. (2009). Affordances and Limitations of Immersive Participatory Augmented Reality Simulations for Teaching and Learning. *Journal of Science Education and Technology*, 18(1), 7–22.
- Eckert, M., Volmerg, J. S., & Friedrich, C. M. (2018). Augmented Reality in Medicine : Systematic and Bibliographic Review. *JMIR MHealth and UHealth*, 7(4), e10967. <https://doi.org/10.2196/10967>
- Edwards-Stewart, A., Hoyt, T., & Reger, G. M. (2016). Classifying different types of augmented reality technology. *Annual Review of CyberTherapy and Telemedicine*, 14(January), 199–202.
- Elmqaddem, N. (2019). Augmented Reality and Virtual Reality in education. Myth or reality? *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 14(3), 234–242. <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i03.9289>
- Freeman, D., Reeve, S., Robinson, A., Ehlers, A., Clark, D., Spanlang, B., & Slater, M. (2017). Virtual reality in the assessment, understanding, and treatment of mental health disorders. *Psychological Medicine*, 47(14), 2393–2400. <https://doi.org/10.1017/S003329171700040X>

- Future visual. (n.d.). *Benefits of Augmented Reality in Healthcare*. <https://www.Futurevisual.Com/Blog/Benefits-Augmented-Reality-Healthcare/>.
- Gerup, J., Soerensen, C. B., & Dieckmann, P. (2020). *Augmented reality and mixed reality for healthcare education beyond surgery: an integrative review*. 1–18. <https://doi.org/10.5116/ijme.5e01.eb1a>
- Gibby, J. T., Swenson, S. A., Cvetko, S., Rao, R., & Javan, R. (2019). Head-mounted display augmented reality to guide pedicle screw placement utilizing computed tomography. *Int J. International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, 14(3), 525–535.
- Huang, E. Y., Knight, S., Guetter, C. R., Davis, C. H., Moller, M., Slama, E., & Crandall, M. (2019). Telemedicine and telementoring in the surgical specialties: A narrative review. *The American Journal of Surgery*, 218(4), 760–766.
- Hyun-Jae, C. (2021). Metaverse and changes in oral health. *Journal of Korean Academy of Oral Health*, 45(4), 175–176. <https://doi.org/10.11149/jkaoh.2021.45.4.175>
- Incekara, F., Marion, S., Dirven, C., & Vincent, A. (2018). Clinical Feasibility of a Wearable Mixed-Reality Device in Neurosurgery. *World Neurosurgery*, 118, e422–e427.
- Kaufmann, H., & Papp, M. (2006). Learning Objects for Education With Augmented Reality. *Proceedings of EDEN*, 160–165.
- Kesim, M., & Ozarlan, Y. (2012). Augmented reality in education: current technologies and the potential for education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 47, 297 – 302.
- Kłoda, M. (2020). *How VR is Improving Empathy Between Healthcare Professionals and Patients*. <https://Intive.Com/Insights/How-vr-Is-Improving-Empathy-between-Healthcare-Professionals-and-Patients>.
- Klopfer, E., & Squire, K. (2008). Environmental detectives-the development of an augmented reality platform for environmental simulations. *Educational Technology Research and Development*, 56(2), 203–228. <https://doi.org/10.1007/s11423-007-9037-6>
- Laver, K. E., Schoene, D., Crotty, M., George, S., Lannin, N. A., & Sherrington, C. (2013). Telerehabilitation services for stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 1(12), CD010255. <http://europepmc.org/abstract/MED/243384>.
- Lee, H., Woo, D., & Yu, S. (2022). Virtual Reality Metaverse System Supplementing Remote Education Methods: Based on Aircraft Maintenance Simulation. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(5), 2667. <https://doi.org/10.3390/app12052667>

- Lee, K., & Lee, S. (2012). Augmented Reality in Education and Training Cite this paper. *TechTrends*, 56(2), 13–20.
- Lee, L.-H., Braud, T., Zhou, P., Wang, L., Xu, D., Lin, Z., Kumar, A., Bermejo, C., & Hui, P. (2021). All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda. *Journal of Latex Class Files*, 14(8), 1–66. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11200.05124/8>
- Liarokapis, F., Mourkoussis, N., White, M., Darcy, J., Sifniotis, M., Petridis, P., Basu, A., & Lister, P. F. (2004). Web3D and Augmented Reality to support Engineering Education. *UNESCO International Centre for Engineering Education (UICEE) Journal of World Transactions on Engineering and Technology Education*, 3(1), 11–14.
- light-and-shadows. (2021). *Are VR and AR drivers for raising awareness?* <https://Light-and-Shadows.Com/vr-Ar-Drivers-Raising-Awareness/>.
- Logeswaran, A., Munsch, C., Chong, Y. J., Ralph, N., & Mccrossnan, J. (2021). The role of extended reality technology in healthcare education : Towards a learner-centred approach. *Future Healthc J.*, 8(1), e79–e84. <https://doi.org/10.7861/fhj.2020-0112>
- Lu, E. S., Reppucci, V. S., Houston, S. K. S., Kras, A. L., & Miller, J. B. (2021). Three-dimensional telesurgery and remote proctoring over a 5G network. *Digital Journal of Ophthalmology : DJO*, 27(3), 38–43. <https://doi.org/10.5693/djo.01.2021.06.003>
- M van der Kolk, N., de Vries, N. M., Kessels, R. P. C., Joosten, H., Zwinderman, A. H., Post, B., & Bloem, B. R. (2019). Effectiveness of home-based and remotely supervised aerobic exercise in Parkinson's disease: a double-blind, randomised controlled trial. *The Lancet Neurology*, 18(11), 998–1008.
- Manjul, D. E., Omkar, D., Shrikar, D., & Khushbu, S. T. (2020). Augmented Reality: A New Way to View the World. *International Journal of Engineering Research And*, 9(03), 65–68. <https://doi.org/10.17577/ijertv9is030545>
- Mantovani, F. (2001). VR Learning: Potential and Challenges for the Use of 3D Environments in Education and Training. In *In G. Riva & C. Galimberti (Eds.), Towards cyberpsychology: Mind, cognitions and society in the internet age (pp. 207-226). Amsterdam: IOS Press.*
- Marr, B. (2021). *The Fascinating History And Evolution Of Extended Reality (XR) – Covering AR, VR And MR.* <https://www.Forbes.Com/Sites/Bernardmarr/2021/05/17/the-Fascinating-History-and-Evolution-of-Extended-Reality-Xr--Covering-Ar-vr-and-Mr/?Sh=3d90b1c4bfd6>.
- Martin, J. L., Norris, B. J., Murphy, E., & A, J. (2008). Medical Device Development : The Challenge for Ergonomics The published version of this paper can be found at : Martin , J . L . , Norris B . J . , Murphy E . , Crowe

- J. A. (2008). Medical Device Development : The Challenge for Ergonomics , *Applied Ergo. Applied Ergonomics*, 39(3), 271–283.
- McCloy, R., & Stone, R. (2001). Virtual reality in surgery. *BMJ*, 323(7318), 912–915.
- Meyerbröker, K., & Emmelkamp, P. M. (2010). Virtual reality exposure therapy in anxiety disorders: a systematic review of process-and-outcome studies. *Depression and Anxiety*, 27(10), 933–944.
- Mills, E. C., Savage, E., Lieder, J., & Chiu, E. (2020). Telemedicine and the COVID-19 Pandemic: Are We Ready to Go Live? *Advances in Skin & Wound Care*, 33(8), 410–417.
- Monsky, W. L., James, R., & Seslar, S. S. (2019). Virtual and Augmented Reality Applications in Medicine and Surgery- The Fantastic Voyage is here Current Research. *Anatomy & Physiology: Current Research*, 9(1), 313.
- Morgan, K. K. (2021). *The Role of Augmented Reality in Medicine*. <https://www.webmd.com/a-to-z-guides/features/augmented-reality-medicine>.
- Mystakidis, S. (2022). Metaverse. In *Encyclopedia* (pp. 2(1), 486–497).
- Nakasone, A., Tang, S., Shigematsu, M., Heinecke, B., Fujimoto, S., & Prendinger, H. (2011). OpenBioSafetyLab: A Virtual World Based Biosafety Training Application for Medical Students. *Eighth International Conference on Information Technology; New Generations: 2011*.
- Ngo, J., Schertzer, K., Harter, P., & Smith-Coggins, R. (2016). Disaster medicine: a multi-modality curriculum designed and implemented for emergency medicine residents. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, 10(4), 611–614.
- Pantelidis, V. S. (2010). Reasons to Use Virtual Reality in Education and Training Courses and a Model to Determine When to Use Virtual Reality. *Themes in Science and Technology Education*, 2(1–2), 59–70.
- Phelcom blog. (2021). *Augmented reality in healthcare can generate more diagnostic and procedural accuracy*. <https://phelcom.com/uncategorized-pt/augmented-reality-in-healthcare-can-generate-more-diagnostic-and-procedural-accuracy/>.
- Puzhevich, V. (2021). *What Does the Future Hold for AR and VR in Healthcare?* <https://scand.com/company/blog/what-does-the-future-hold-for-ar-and-vr-in-healthcare/#:~:Text=Virtual%20and%20Augmented%20realities%20are,Better%20care%20about%20their%20health>.
- Ramli, R. Z., & Marobi, N. A. U. (2021). Microorganisms: Integrating Augmented Reality and Gamification in a Learning Tool. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 12(6), 354–359. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2021.0120639>

- Rokhsaritalemi, S., Sadeghi-Niaraki, A., & Choi, S. M. (2020). A review on mixed reality: Current trends, challenges and prospects. *Applied Sciences (Switzerland)*, *10*(2), 636. <https://doi.org/10.3390/app10020636>
- Rosenbaum, E., Klopfer, E., & Perry, J. (2007). On location learning: Authentic applied science with networked augmented realities. *Journal of Science Education and Technology*, *16*(1), 31–45. <https://doi.org/10.1007/s10956-006-9036-0>
- Saltmarsh, A. (2022). *Mixed Reality: A New Vision for Healthcare*. <https://Emag.Medicalexp.Com/Mixed-Reality-a-New-Vision-for-Healthcare/#:~:Text=Mixed%20reality%20is%20being%20used,%2C%20above%20all%2C%20improve%20outcomes.>
- Sandra, S. C., Anusha, R., & Madankumar, P. D. (2021). Application of augmented and virtual reality in cigarette smoking cessation: A systematic review. *Cancer Research, Statistics, and Treatment*, *4*(4), 689.
- Singhal, S., Bagga, S., Goyal, P., & Saxena, V. (2012). Augmented Chemistry: Interactive Education System. *International Journal of Computer Applications*, *49*(15), 1–5. <https://doi.org/10.5120/7700-1041>
- Stepanov, D. (2022). *Augmented Reality In Healthcare And Medicine: Benefits & Future*. [https://Gloriumtech.Com/Augmented-Reality-in-Healthcare-and-Medicine-Benefits-Future/#Augmented\\_reality\\_in\\_healthcare\\_best\\_use\\_cases\\_of\\_2021-2022.](https://Gloriumtech.Com/Augmented-Reality-in-Healthcare-and-Medicine-Benefits-Future/#Augmented_reality_in_healthcare_best_use_cases_of_2021-2022.)
- Sumadio, Desi Dwistratanti Rambli, D. R. A. (2010). Preliminary Evaluation on User Acceptance of the Augmented Reality Use for Education. *In 2010 Second International Conference on Computer Engineering and Applications*, *2*, 461–465.
- Swider, P. (2022). *The Future of Healthcare & Patient Care in the Metaverse*. <https://Accelerationeconomy.Com/Metaverse/the-Future-of-Healthcare-Patient-Care-in-the-Metaverse/>.
- Tan, T. F., Li, Y., Lim, J. S., Gunasekeran, D. V., Teo, Z. L., Ng, W. Y., & Ting, D. S. (2022). Metaverse and Virtual Health Care in Ophthalmology: Opportunities and Challenges. *Asia-Pacific Journal of Ophthalmology*, *11*(3), 237–246. <https://doi.org/10.1097/apo.0000000000000537>
- Vandeweerdt, C., Luong, T., Atchapero, M., Mottelson, A., Holz, C., Makransky, G., & Böhm, R. (2022). Virtual reality reduces COVID-19 vaccine hesitancy in the wild: a randomized trial. *Scientific Reports*, *12*(1), 1–7. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-08120-4>
- Vávra, P., Roman, J., Zonča, P., Ihnát, P., Námec, M., Kumar, J., Habib, N., & El-Gendi, A. (2017). Recent Development of Augmented Reality in Surgery: A Review. *Journal of Healthcare Engineering*, *2017*. <https://doi.org/10.1155/2017/4574172>



- Wang, S., Parsons, M., Stone-McLean, J., Rogers, P., Boyd, S., Hoover, K., Meruvia-Pastor, O., Gong, M., & Smith, A. (2017). Augmented reality as a telemedicine platform for remote procedural training. *Sensors (Switzerland)*, *17*(10), 1–21. <https://doi.org/10.3390/s17102294>
- Westphal, C. (2017). Challenges in Networking to Support Augmented Reality and Virtual Reality. *Icnc 2017*. <https://users.soc.ucsc.edu/~cedric/papers/westphal2017challenges.pdf>
- Wildan, A., Cheong, B. H.-P., Xiao, K., Liew, O. W., & Ng, T. W. (2020). Growth measurement of surface colonies of bacteria using augmented reality. *Journal of Biological Education*, *54*(4), 419–432.
- Winn, W. (1993). *A Conceptual Basis for Educational Applications of Virtual Reality*. Technical Publication R-93-9, Human Interface Technology Laboratory of the Washington Technology Center, Seattle: University of Washington.
- World Economic Forum. (2016). *No Title*. Building the Healthcare System of the Future,” 2016, Access Date 08.02.2022 <Http://Reports.Weforum.Org/Digital-Transformation/Building-the-Healthcare-System-of-the-Future/>.
- Xiong, J., Hsiang, E. L., He, Z., Zhan, T., & Wu, S. T. (2021). Augmented reality and virtual reality displays: emerging technologies and future perspectives. *Light: Science and Applications*, *10*(1), 1–30. <https://doi.org/10.1038/s41377-021-00658-8>
- Yang, D., Zhou, J., Chen, R., Song, Y., Song, Z., Zhang, X., Wang, Q., Wang, K., Zhou, C., Sun, J., Zhang, L., Bai, L., Wang, Y., Wang, X., Lu, Y., Xin, H., Powell, C. A., Thüemmler, C., Chavannes, N. H., ... Bai, C. (2022). Expert consensus on the metaverse in medicine. *Clinical EHHealth*, *5*, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.cch.2022.02.001>
- Yeung, A. W. K., Tosevska, A., Klager, E., Eibensteiner, F., Laxar, D., Stoyanov, J., Glisic, M., Zeiner, S., Kulnik, S. T., Crutzen, R., Kimberger, O., Kletecka-Pulker, Maria Atanasov, A. G., & Willschke, H. (2021). Virtual and augmented reality applications in medicine: analysis of the scientific literature. *Journal of Medical Internet Research*, *23*(2), e25499.
- Zare Bidaki, M., & Ehteshampour, A. (2019). Designing, Producing, Application, and Evaluation of Virtual Reality-Based Multimedia Clips for Learning Purposes of Medical and Nursing Students. *Chest*, *155*(4), 166A. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2019.02.160>
- Zhu, E., Lilienthal, A., Shluzas, L. A., Masiello, I., & Zary, N. (2015). Design of mobile augmented reality in health care education: a theory-driven framework. *JMIR Medical Education*, *1*(2), e4443.

