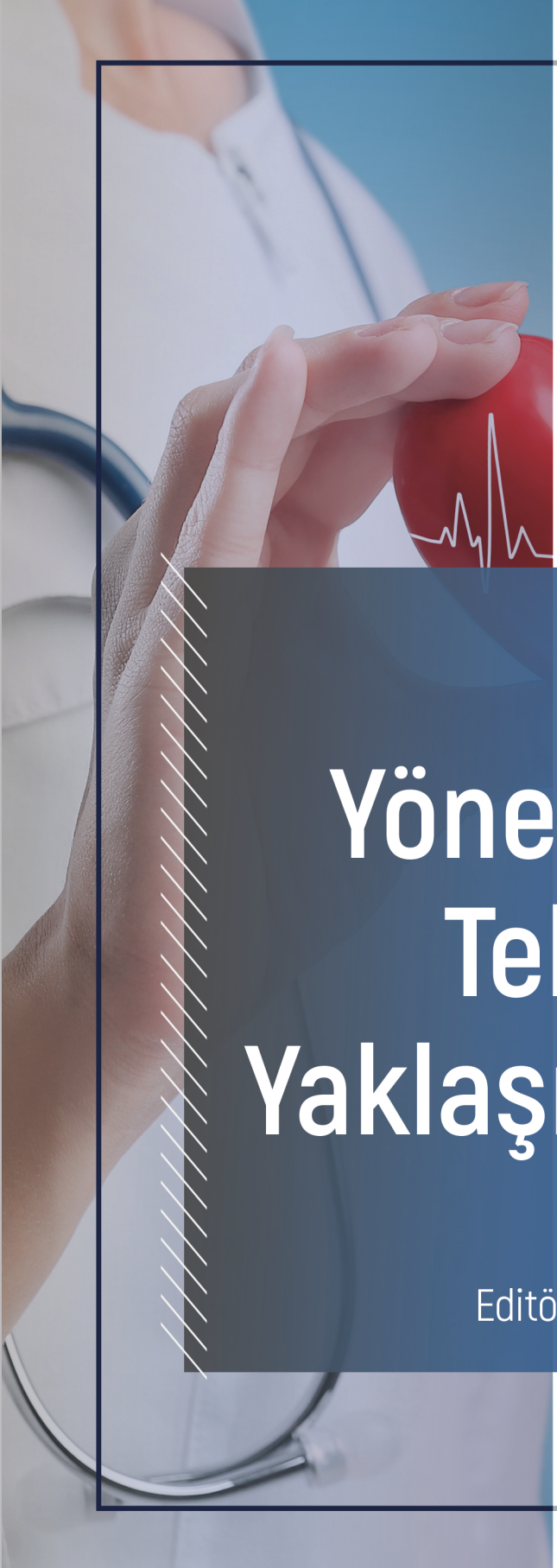


EĞİTİM yayınevi

Sağlık Yönetiminde Teknolojik Yaklaşımlar - I

Editör: **Doç. Dr. Murat Baş**

Editör:
Doç. Dr. Murat Baş

Sağlık Yönetiminde Teknolojik Yaklaşımlar I

EĞİTİM
yayınevi

SAĞLIK YÖNETİMİNDE TEKNOLOJİK YAKLAŞIMLAR - I

Editör: Doç. Dr. Murat Baş

Genel Yayın Yönetmeni: Yusuf Ziya Aydoğan (yza@egitimyayinevi.com)
Genel Yayın Koordinatörü: Yusuf Yavuz (yusufyavuz@egitimyayinevi.com)
Sayfa Tasarımı: Kübra Konca Nam
Kapak Tasarımı: Eğitim Yayınevi Grafik Birimi

T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı
Yayıncı Sertifika No: 76780

ISBN: 978-625-6251-38-0
1. Baskı, Temmuz 2024

Baskı Cilt: Repro Bir Matbaacılık
İvedik OSB Matbaacılar Sitesi 1514 Cad. No: 23-25 Yenimahalle/Ankara
Matbaa Sertifika No: 47381

Kütüphane Kimlik Kartı

SAĞLIK YÖNETİMİNDE TEKNOLOJİK YAKLAŞIMLAR - I
Editör: Doç. Dr. Murat Baş
IV+244 s., 160x240 mm
Kaynakça var, dizin yok.
ISBN: 978-625-6251-38-0

Copyright © Bu kitabın Türkiye'deki her türlü yayın hakkı Eğitim Yayınevi'ne aittir. Bütün hakları saklıdır. Kitabın tamamı veya bir kısmı 5846 sayılı yasanın hükümlerine göre kitabı yayımlayan firmanın ve yazarlarının önceden izni olmadan elektronik/mekanik yolla, fotokopi yoluyla ya da herhangi bir kayıt sistemi ile çoğaltılamaz, yayımlanamaz.

EĞİTİM
yayınevi

Yayınevi Türkiye Ofis: İstanbul: Eğitim Yayınevi Tic. Ltd. Şti., Atakent mah. Yasemen sok. No: 4/B, Ümraniye, İstanbul, Türkiye

Konya: Eğitim Yayınevi Tic. Ltd. Şti., Fevzi Çakmak Mah. 10721 Sok. B Blok, No: 16/B, Safakent, Karatay, Konya, Türkiye
+90 332 351 92 85, +90 533 151 50 42, 0 332 502 50 42
bilgi@egitimyayinevi.com

Yayınevi Amerika Ofis: New York: Egitim Publishing Group, Inc.
P.O. Box 768/Armonk, New York, 10504-0768, United States of America
americaoffice@egitimyayinevi.com

Lojistik ve Sevkiyat Merkezi: Kitapmatik Lojistik ve Sevkiyat Merkezi, Fevzi Çakmak Mah. 10721 Sok. B Blok, No: 16/B, Safakent, Karatay, Konya, Türkiye
sevkiyat@egitimyayinevi.com

Kitabevi Şubesi: Eğitim Kitabevi, Şükran mah. Rampalı 121, Meram, Konya, Türkiye
+90 332 499 90 00
bilgi@egitimkitabevi.com

İnternet Satış: www.kitapmatik.com.tr
+90 537 512 43 00
bilgi@kitapmatik.com.tr

ilk okuyan siz olun
kitapmatik
internetteki kitapçınız

İÇİNDEKİLER

MOBİL SAĞLIK VE TÜRKİYE'DEKİ UYGULAMALAR 1
Refika Ülke Şimdi

SAĞLIK YÖNETİMİNDE YAPAY ZEKÂ 27
Ferhat Onur Ağaoğlu

SAĞLIK EĞİTİMİ VE SİMÜLASYON TEKNOLOJİLERİ 39
Ayşegül Aydın, Fatih Altan

SAĞLIK SEKTÖRÜNDE SİBER GÜVENLİK 59
Fatih Altan, Ayşegül Aydın

SAĞLIK SEKTÖRÜNDE TELE-TIP VE UYGULAMALARI 73
Murat Baş

SAĞLIK VE ENDÜSTRİ 4.0 95
Özlem Gedik

SAĞLIK YÖNETİMİNDE SANAL ORGANİZASYONLAR 117
Lokman Onur Ekinci

SAĞLIKTA 5G VE HİBRİT AMELİYATHANELER 129
Sinan Tarsuslu

SAĞLIKTA DİJİTAL DÖNÜŞÜM 147
Figen Özşahin

SAĞLIKTA E-OKURYAZARLIK 169
Mehmet Çinibulak

SAĞLIKTA METAVERSE TEKNOLOJİLERİ VE ETKİLERİ 191
Yeliz Cankurtaran

SAĞLIKTA ÜÇ BOYUTLU ÜRETİM 205
Nazmiye Ekinci

SAĞLIKTA YEŞİL DÖNÜŞÜM TEKNOLOJİLERİ 223
Gökhan Coşkun

SAĞLIKTA 5G VE HİBRİT AMELİYATHANELER

Sinan Tarsuslu[1]

Giriş

Günümüzde sağlık sektörü, teknolojik ilerlemelerin hız kazandığı ve inovasyonun öneminin arttığı bir dönemden geçmektedir. Bu ilerlemeler, hastaların tedavi süreçlerini iyileştirmek, sağlık hizmetlerini daha erişilebilir hale getirmek ve sağlık profesyonellerinin verimliliğini artırmak için çeşitli olanaklar sunmaktadır. Bu kapsamda, sağlık sektöründe 5G teknolojisi ve hibrit ameliyathaneler gibi yenilikçi konseptler, dikkatleri üzerine çekmektedir. Bu açıdan, 5G teknolojisinin sağlık sektöründeki potansiyeli büyük bir heyecan yaratmaktadır. Gelişmiş bağlantı hızı, düşük gecikme süresi ve geniş bant genişliği gibi özellikler sağlık hizmetlerinin birçok alanında devrim niteliğinde değişiklikler yapılmasına imkân sağlamaktadır (Liu, 2019). Özellikle tele-cerrahi gibi uzaktan cerrahi uygulamaları, 5G'nin sağladığı yüksek hızlı veri iletimi ve düşük gecikme süresi sayesinde daha güvenilir hale gelmektedir. Bu durum cerrahi müdahalelerin uzak mesafelerden gerçekleştirilmesini mümkün kılarak uzmanlık alanlarındaki sınırları aşmayı sağlamaktadır.

Sağlık alanında gelişen 5G teknolojileri ile birlikte, hibrit ameliyathaneler de sağlık sektöründe önemli bir yer edinmektedir. Hibrit ameliyathaneler, geleneksel cerrahi ve robotik cerrahi teknolojilerinin birleştirilmesiyle ortaya çıkan modern cerrahi odalarıdır. Hibrit ameliyathaneler, gelişmiş görüntüleme yöntemlerini cerrahi ekipmanlarla birleştirerek prosedürler sırasında gerçek zamanlı görüntü aktarımına olanak tanıyan yeni nesil ameliyathane odalarıdır (Gill vd., 2015; Terra vd., 2016). Bu ameliyathane odaları, ameliyatların hassasiyetini ve etkinliğini artıran anjiyografi, tomografi ve endoskopi gibi en son teknolojiyle donatılmıştır (Palacios-Rodriguez vd., 2016). Bu ameliyathaneler, cerrahların en son teknolojiye erişimini sağlarken aynı zamanda geleneksel cerrahi becerilerini korumalarına da olanak tanır. Robotik cerrahi sistemlerinin gelişimiyle birlikte, cerrahlar artık daha karmaşık cerrahi

1 Dr. Öğr. Üyesi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, https://orcid.org/0000-0003-0018-1430, sinan.tarsuslu@erzincan.edu.tr

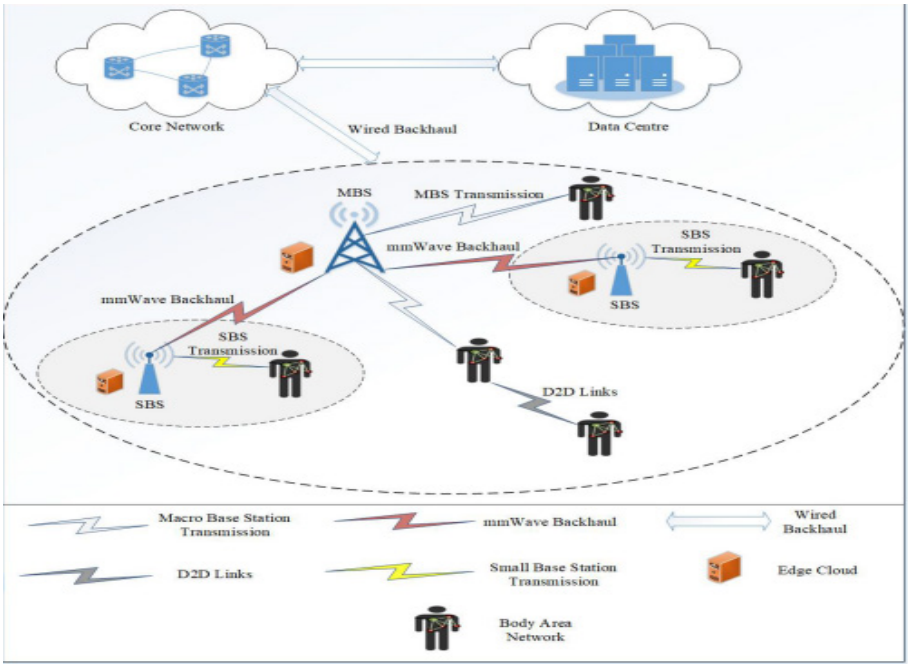
işlemleri gerçekleştirebilir ve daha hassas sonuçlar elde edebilirler. Hibrit ameliyathaneler, bu teknolojik gelişmelerin sağladığı avantajları kullanarak cerrahi müdahalelerin etkinliğini ve güvenliğini artırmayı amaçlamaktadır. Ayrıca hibrit ameliyathanelerin kullanımı sadece cerrahi işlemlerle sınırlı olmayıp, teşhis ve tedavi amaçlı müdahaleleri de kapsamaktadır. Görüntü kılavuzluğunda video yardımlı torakoskopik cerrahi, endovasküler prosedürler ve hatta yörüngesel venöz malformasyon tedavilerinin gerçekleştirilmesinde de etkili olabilmektedir (Cheng vd., 2015; Gill vd., 2015). Ayrıca hibrit ameliyathanelerde birden fazla sistemin entegrasyonu, karmaşık süreçler açısından cerrahlara benzersiz avantajlar da sağlamaktadır (Aljuboori, 2021).

Sağlıkta 5G ve hibrit ameliyathaneler gibi teknolojik ilerlemeler, sağlık hizmetlerinde önemli bir dönüşümü ve değişimi beraberinde getirmektedir. Ancak, bu yeniliklerin benimsenmesi ve entegrasyonu sürecinde bazı zorluklar da karşımıza çıkmaktadır. Özellikle, yüksek maliyetler, altyapı gereksinimleri ve veri güvenliği gibi konular bu teknolojilerin yaygınlaşmasını engelleyebilmektedir. Bu nedenle, sağlık sektöründeki paydaşların bir araya gelerek bu zorlukları aşmaları ve yeni teknolojilere uyum sağlamaları da önemlidir. Sonuç olarak, 5G teknolojisi ile hibrit ameliyathaneler arasında ortaya çıkan sinerji gelişmiş bağlantı, gelişmiş görüntüleme yetenekleri ve hassas müdahaleler sunarak sağlık hizmeti sunumunda devrim yaratmaktadır. Bu entegrasyon, cerrahi becerilerin arttırılabilmesi ile daha verimli ve etkili sağlık hizmetlerinin oluşturulabilmesine imkân tanıyarak hasta sonuçlarının iyileştirilmesi ve tıp alanını geliştirilebilmesine yardımcı olur. Bu bölümde de 5G teknolojilerinin ve hibrit ameliyathanelerin sağlık sektöründe nasıl kullanıldığını ve okuyucuları 5G ve hibrit ameliyathanelerin sağlık sektöründe kullanılmasının olası faydalarına yönelik ortaya çıkartabileceği değerler konusunda ikna etmeyi amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda yerli ve yabancı alan yazını taramaları neticesinde mevcut konu hakkında elde edilen teorik bilgilere ve geliştirilen teknolojiler yer verilecektir. Ayrıca 5G teknolojilerinin ve hibrit ameliyathanelerin sağlık sektöründeki iyi uygulama örneklerine ve bu örneklerin muhtemel avantajlarına da değinilecektir.

5G Teknolojisi ve Kullanım Alanları

Mevcut kablosuz mobil iletişim teknolojileri, mobil kullanıcılara tatmin edici yeni bir deneyim sunarken, dokunsal internet, tele-tıp, tele-cerrahi, araçtan her şeye iletişim (V2X), nesnelerin interneti (IoT), drone ve robotlarla iletişim gibi yeni nesil uygulamaların ise mevcut taleplerini karşılayamamaktadır. Bu yeni uygulamaların ortaya çıkışı ve kablosuz cihaz sayısındaki çarpıcı artış, mevcut teknolojilerin yetersiz kalmasına neden olmaktadır. Bu temel gerekçelerden hareketle, her şeyi birbirine bağlayabilen yeni bir iletişim teknolojisine ihtiyaç duyulmaktadır (Wang vd., 2014). 4G teknolojileri, insanları ve kısmen de olsa

nesneleri birbirine bağlarken, 5G teknolojileri ise her şeyi birbirine bağlama amacı taşımaktadır. 5G teknolojileri, herhangi bir yer ve zamanda herhangi birine veya herhangi bir nesneye kesintisiz veri paylaşımı ve bilgi iletişimi sağlayarak, birbirleriyle bağlantılı bir toplumun oluşmasına imkân sağlayacak en önemli iletişim teknolojilerinden biri olarak öne çıkmaktadır (Olsson vd., 2013). 5G teknolojileri, giyilebilir bilgi işlem uygulamaları, biyomühendislik ve mobil cihazlardaki gelişmelere paralel olarak hem sağlık sektöründe hem de diğer alanlarda yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Bu eğilimin 5G öncesi teknolojilere kıyasla verim ve gecikme açısından çok daha iyi bir performans sağlayacağı da ifade edilebilir (Latif vd., 2017). Aşağıda Şekil 1'de 5G sistemlerinin mimari alt yapısı gösterilmektedir.

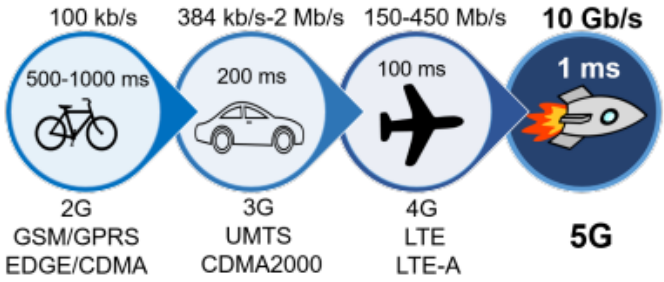


Şekil 1: 5G Teknolojilerinin Mimari Altyapısı

Kaynak: Ahad vd., 2019

5G teknolojilerinin altyapısı 4G'ye kıyasla daha geniş bir frekans aralığı kullanır. 4G'ye kıyasla farklı frekanslarda çalışarak daha yüksek hızlara ve artan cihaz bağlantılarının daha iyi yönetilmesine imkân sağlar. 5G, mevcut baz istasyonları aracılığıyla ve aynı zamanda kullanıcılara daha yakın yerleştirilen antenler ile küçük hücreler sayesinde daha yüksek hızlara ulaşarak çok sayıda cihazın ve kullanıcının birbirine bağlanabilmesine olanak tanımaktadır. 5G altyapısı, 4G'ye kıyasla çok daha yüksek miktarda cihaz ve veriyi işleyecek şekilde tasarlanmıştır. Bu, gerçek zamanlı yanıt verme gerektiren uygulamalar için daha hızlı veri aktarımına ve daha düşük gecikme süresine (gecikme)

olanak tanır. 4G'den 5G'ye evrilen bu süreç muhtemelen devam edecek ve gecikme süresi açısından çok daha iyi performans sağlayacaktır. Şekil 2'de 2G'den 5G'ye iletişim altyapısında görülen gelişim süreçleri gösterilmiştir.



Şekil 2: 5G Teknolojisinin Gelişim Evreleri
Kaynak: Latif vd., 2017

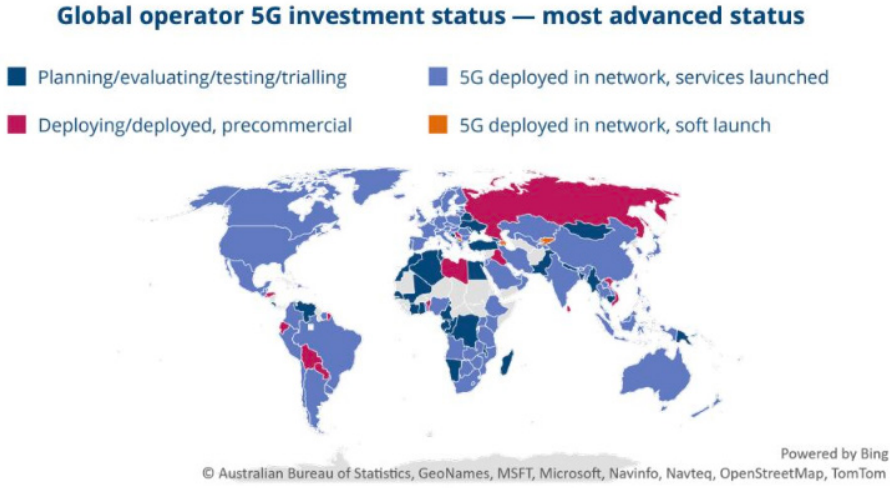
Eluwole vd. (2018)'ne göre de 5G teknolojilerinin sağlayabileceği bazı faydalar altı başlık altında ifade edilmiştir. İlk faydaya göre 5G, veri aktarımında çok düşük gecikme veya gecikmesiz multimedya deneyimleri yaşatabilmektedir. Yüksek kapasite ve performans sunması açısından yeni bir teknolojidir. Geniş bant aralığı sayesinde 1 GB veri hızına dakikada ulaşabilmektedir. 10 yıla yakın batarya ömrü sunması açısından da vazgeçilmez bir altyapı sağlamaktadır. Tren gibi toplu ulaşımlarda, yoğun veya seyrek nüfus alanlarında kesintisiz deneyimler sunabilmektedir. Son olarak çok yüksek güvenilirlikte 20 milyon bireysel kullanıcıya ve 1 trilyon makineler arası iletişim cihazı için bağlantıyı destekleyebilme gibi çok önemli faydaları insanlığa sunabilmektedir.



Şekil 3: 5G Teknolojilerinin Özellikleri
Kaynak: Eluwole vd., 2018

Dünyada 5G'nin kullanımına yönelik GSA (Global Mobile Suppliers Association) raporları incelendiğinde Mayıs 2023 itibariyle denemeler, lisansların alınması, planlama, ağ dağıtımı ve lansmanlar dahil olmak üzere 156 ülke ve bölgede 524 operatörün 5G'ye yatırım yaptığı belirlenmiştir. Bu sayıya, ABD'deki CBRS spektrum açık artırmasında potansiyel olarak 5G için kullanılabilecek öncelikli erişim lisansı alan yaklaşık 200 şirket dahil değildir. 156 ülkeden 97'si toplam 249 operatör, bir veya daha fazla

3GPP uyumlu 5G hizmetini başlatmıştır. 96 ülke ve bölgede 243 operatör 5G mobil hizmetlerini faaliyete almıştır. 57 ülke ve bölgede 105 operatör, 3GPP uyumlu 5G sabit kablosuz erişim hizmetlerini hayata geçirmiştir. Ayrıca 115 operatörün bağımsız olarak 5G'ye yatırım yaptığı tespit edilmiştir. GSA tarafından yayınlanan raporlar genel olarak aylık veya üç aylık zaman dilimlerinde güncellenmektedir. Bu raporlar GSA'nın internet sitesinde ve web seminer videolarında ücretsiz olarak her kullanıcıya sunulmaktadır. Son olarak aşağıda dünya çapında 5G yatırımlarını planlayan, değerlendiren, test eden, deneyen, hizmeti başlatan, konuşlandıran veya ticaret ötesi amaçlar için geliştiren ülkelerin dünya haritası kullanılarak işaretlenmiş durum haritası verilmiştir (GSA, 2024).



Şekil 3: 5G Teknolojilerine Yatırım Yapan Ülkeler

Kaynak: GSA, (Global mobile Suppliers Association) [Internet]. 5G Market Snapshot; 2024 May, https://www.linkedin.com/company/global-mobile-suppliers-association-gsa-/posts/?feedView=images

Sonuç olarak, 5G kablosuz iletişimde devrim yaratan ve toplumun her alanını etkileme potansiyeline sahip bir teknolojidir. Bu teknoloji daha hızlı veri aktarım hızları, ultra düşük gecikme süresi ve artan bağlantı kapasitesi ile 5G; akıllı şehirler, otonom araçlar, sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, robot cerrahisi gibi birçok yeni uygulamanın önünü açmaktadır. 5G'nin tam potansiyelinin ortaya çıkması için altyapının geliştirilmesi, standartların belirlenmesi ve yeni nesil cihazların piyasaya sürülmesi gibi bazı zorlukların aşılması gerekmektedir. 5G'nin sunduğu faydalar düşünüldüğünde, bu zorlukların üstesinden gelinmeye değer olduğu da ifade edilebilir.

5G Teknolojisi ve Sağlık Sektörüne Etkileri

Teknolojik dönüşüm sadece imalat, ulaşım ve otomasyon sektörlerinde değil aynı zamanda tıp alanında da akıllı sistemlerin gelişmesine olanak sağlayarak insanların yaşam kalitesinin artmasına yol açmıştır. Bu özel/akıllı teknolojilerin sağlık alanında kullanımı, "teknolojik desteğe dayalı sağlık hizmetleri" kavramını ortaya çıkarmıştır (Peralta-Ochoa vd., 2023). Akıllı teknolojilerden olan uzaktan izleme, teletıp, telecerrahi, mobil tıbbi yardım uygulamaları (Neha vd., 2021) ve giyilebilir cihazlar da dahil olmak üzere modern dünyanın birçok alanı üzerinde büyük bir etkisi olması beklenen kablosuz iletişim teknolojisinin beşinci nesli (5G) sayesinde geliştirilebilmektedir (Valdez vd., 2021). Bu yeni teknolojinin sağlık sektöründe kullanımı artan IoT, yapay zekâ ve robotik uygulamalardaki gelişmelerle de desteklenince yeni bağlantılı sağlık ekosisteminin ortaya çıkmasına yardımcı olmaktadır. Öngörülen bu yeni ekosistem alan yazınında katılımcı (participatory), önleyici (preventive), öngörücü (predictive) ve kişiselleştirilmiş (personalised) şeklinde ayrılarak sağlığın 4P'si olarak da tanımlanmaktadır (Jenkins ve Ma'ayan, 2013).

5G teknolojileri akıllı sağlık uygulamaları için hayati önemde bir altyapı sağlamaktadır (Osseiran vd., 2014; Andrews vd., 2014). Bu açıdan değerlendirildiğinde özellikle son yıllarda sağlık sektöründe 5G teknolojilerinin kullanımına yönelik çabaların gittikçe arttığı gözlemlenmektedir. 5G teknolojileri, sağlık sistemlerini en yeni ve birbirlerine bağlantılı nesnelerin interneti, yapay zekâ ve robotik alanlardaki gelişmelere paralel olarak destekleyerek yeni bir ekosistem yaratmaktadır. Özellikle 5G ile daha fazla cihazın birbirine bağlanması ve sağlık hizmetlerinde geniş bant Wi-Fi bağlantıları sayesinde bireylerin kan basıncı ve kalp atış hızı gibi temel sağlık göstergelerine ilişkin veriler tek bir merkezden ilişkili cihazlar aracılığıyla izlenebilir ve hastaların gözlem altında tutulmasına olanak sağlayabilir (Devi vd., 2023).

5G teknolojileri daha hızlı ve daha güvenilir iletişim sağlayarak hastaların gerçek zamanlı takibini ve tıbbi cihazlar arasında sorunsuz veri alışverişinin oluşturulabilmesine imkân tanımaktadır. Bu durum 5G ağlarının sağlık sektörüne entegrasyonu ile sağlık hizmetlerinde verimliliğin arttırılabilmesine yardımcı olur. Ayrıca hasta sonuçlarının iyileşmesine, cerrahi hataların azalmasına ve iyileşme sürelerinin kısalmasına da olanak sağlar (Pan vd., 2015).

5G teknolojilerinin sağlık hizmetlerine entegrasyonu sayesinde yüksek hızlı veri aktarımı, çok düşük gecikme süresi, bağlantı, kapasite ve yüksek bant genişliği gibi alanlarda sağlık hizmetleri uygulamaları için benzersiz özellikler sunmaktadır (Liu, 2019). 5G bağlantı teknolojilerinin gelişimi, hassas tıbbi uygulamaların ve akıllı sağlık sistemlerinin ilerlemesine de olanak

tanıyarak aynı zamanda sağlık hizmetlerinin ve tıbbi araştırmaların sunumunu da kolaylaştırmaktadır (Kang, 2023). Dahası 5G bağlantı teknolojilerinin yapay zekâ (AI) teknolojileriyle birleşimi sayesinde sağlık sektörü önemli bir dönüşüm ve değişimin kıyısındadır (Ahad vd., 2019). 5G'nin sağlık hizmetlerinde uygulanması ile birlikte gerçekleşen dönüşüm ve değişim robotik olarak tasarlanan uzak bağlantılı ameliyatlardan artırılmış gerçeklik (AR) destekli bakım hizmetlerine, hastane lojistik otomasyonundan uzaktan hasta bakımına kadar çok çeşitli alanlarda teknolojik gelişime imkân sağlamaktadır (Riaz vd., 2023). Dahası 5G teknolojilerinin sağlık hizmetlerinde kullanımı bakım, izleme ve uzaktan ameliyat gibi hizmetleri iyileştirmekte ve böylece sunulan sağlık hizmetlerinin kalitesini artırmaktadır (Peralta-Ochoa vd., 2023). Ayrıca 5G özellikli teknolojilerin sağlık sektöründe uygulanmasının tıbbi araştırmaları ve profesyonel deneyimleri geliştirmesi de beklenmektedir (Rahman ve Khatun, 2023).

Sağlık sektöründe 5G bağlantı teknolojileri, savunmasız popülasyonların izlenimi ve takibi, nano nesnelerin interneti (IoNT) sayesinde nano-onkoloji ve giyilebilir uzaktan izleme gibi ekonomik değerler ve faydalar sağlayarak daha iyi sağlık hizmeti sunumunun gerçekleştirilebilmesine olanak yaratan uygulamaları da içermektedir (Moglia vd., 2022; Ali ve Nencioni, 2021).

5G teknolojisi, sağlık hizmetlerine yepyeni ve çeşitlendirilmiş uygulama boyutları kazandırmaktadır. Yang vd. (2014)'ne göre, 5G'nin sağladığı yüksek hızı ve gecikmesiz veri aktarımı, hastaların tıbbi durumlarının ev ortamlarında takip edilmesini ve uzaktan tedavi edilebilmesini mümkün hale getirmektedir. Bu sayede hastalar, sağlık tesislerine gitmeden konforlu ev ortamlarında kesintisiz sağlık hizmeti alabilmektedirler. Bu gelişmelerin en önemli faydalarından biri de sağlık tesislerine yapılan ziyaretlerin azaltılmasına ve maliyetlerin düşürülmesine imkân tanımasıdır. Ortaya çıkan bu avantaj hem hastaların hem de sağlık çalışanlarının yükünün hafifletilmesine ve toplumsal maliyetlerin azaltılmasına olanak sağlayarak kaynakların daha fazla ihtiyacı olan sağlık hizmet alanlarına kaydırılabilmesinin de önünü açar. Ayrıca uzaktan hasta takibi ve tedavisi, özellikle kronik hastalıkları olan ve sık sık hastaneye gitmesi gereken hastalar için de büyük bir kolaylık yaratır.

Son olarak sağlıkta 5G teknolojisi, sağlık hizmetlerinin geleceğini şekillendirmeye ve dönüştürmeye aday en önemli teknolojik hamlelerden biri olarak görülmektedir. Sağlıkta 5G teknolojilerinin yüz milyonlarca hastanın aldığı sağlık hizmetinin kalitesini önemli ölçüde etkilemesi ve sağlık hizmetlerinin sunum modellerinde köklü değişikliklere yol açması beklenmektedir. Bu değişimler, yeni iş modellerinin oluşmasına ve "kişiselleştirilmiş sağlık hizmeti" olarak adlandırılan yeni bir dönemin başlamasına öncülük edeceği tahmin edilmektedir. Bu yeni dönemde 5G

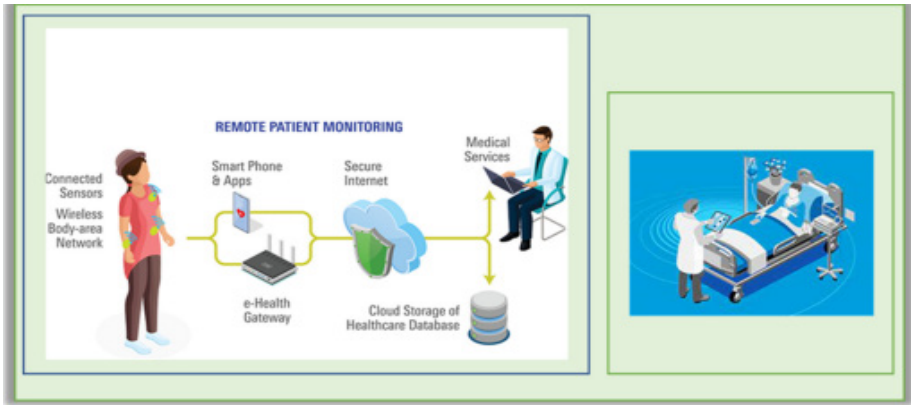
teknolojilerinin sağlık hizmetlerindeki dönüşümü gerçekleştirirken sağlık hizmet sunumunda bazı yenilikler ortaya çıkartacaktır. Bu yeniliklerden bazıları ise (Teece, 2017: 2-17);

- Hasta verilerinin anlık olarak takibi sayesinde doktorlar ve diğer sağlık uzmanları, 5G ile anında hasta verilerine erişebilecek ve bu sayede hastaların tıbbi geçmişleri, laboratuvar sonuçları ve görüntüleme raporlarına anında ulaşarak daha hızlı ve doğru teşhisler ortaya koyabileceklerdir.
- 5G uzaktan teşhis ve tedavi sayesinde, doktorların hastalarını uzaktan muayene etmesine ve teşhis koymasına imkân sağlayacaktır. Bu sayede hastaların sağlık kurumlarına gitmeden ev konforunda sağlık hizmeti almaları mümkün olacaktır.
- Kişiselleştirilmiş tedavi planları aracılığıyla, doktorların her hasta için özel tedavi planları oluşturması sağlanabilecek ve bu planlar aracılığıyla hastanın tıbbi geçmişi, genetik yapısı ve yaşam tarzı gibi faktörler de göz önünde bulundurularak tedavilerin etkinliği arttırılabilecektir.
- 5G altyapısı sayesinde arttırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik uygulamalarının sağlık hizmetlerinde yaygınlaşması kolaylaşacaktır. Bu durum doktorların ameliyatları simüle etmesine, hastalara teşhis ve tedavi süreçleri hakkında bilgi vermesine ve tıbbi eğitimin daha konforlu bir alanda yapılabilmesine imkân tanıyacaktır.

Sağlıkta 5G Uygulamaları

5G teknolojisinin sağlık sektörüne entegrasyonu, tıbbi hizmetler ve hasta bakımının çeşitli yönlerinde önemli dönüşüm ve değişim yaratma potansiyeline sahiptir. Sağlık hizmeti sağlayıcıları, 5G ağlarının yeteneklerinden yararlanarak hizmetlerin sunumunu geliştirebilir, hasta sonuçlarını iyileştirebilir ve daha önce mümkün olmayan yenilikçi uygulamaları arttırarak iyi uygulama örneklerini yaygınlaştırabilir. Çeşitli araştırmalar 5G'nin, tele tıp ve uzaktan izlemeden akıllı sağlık sistemlerine kişiselleştirilmiş ilaçtan robotik cerrahiye kadar sağlık hizmetlerinde çeşitli uygulamaların gelişimine katkı sunduğunu tespit etmiştir. Bu açıdan 5G'nin önemli bir etki yarattığı alanlardan biri de tele tıptır. 5G ağları yüksek bant genişliği ve düşük gecikme süresi sayesinde gerçek zamanlı video konsültasyonlarına, uzaktan hasta izlemine ve hatta uzaktan robotik cerrahi gibi karmaşık prosedürlerin bile kolayca gerçekleştirilebilmesine olanak tanıyabilmektedir (Qureshi vd., 2022). 5G'nin mevcut yetenekleri, acil durum şartlarında özellikle sağlık tesislerine fiziksel erişimin sınırlı olduğu kırsal alanlarda çok önemlidir. Dahası 5G'nin tele tıpta kullanımı yalnızca sağlık hizmetlerine erişimi iyileştirmekle kalmayıp aynı zamanda vaktinde gerçekleştirilebilen müdahale ve konsültasyonlara olanak

sağlayarak genel bakım kalitesini de geliştirebilmektedir (Ahad vd., 2019). Dahası, 5G teknolojilerinin yapay zekâ (AI) ile birleşimi sağlık hizmetlerinde yeni fırsatların ve dönüşümlerin de önüne açabilmektedir. Yapay zekâ algoritmaları, büyük miktarda tıbbi veriyi gerçek zamanlı olarak analiz ederek teşhis ve tedavi planlaması ile kişiselleştirilmiş tıp için de yardımcı olabilecek bilgilerin geliştirilebilmesini sağlayabilir (Li vd., 2021). Ayrıca giyilebilir sensörler ve cihazlar, akıllı telefon, 5G altyapısı ve tüm hasta verilerinin kaydını tutan bir veri tabanı aracılığıyla akıllı sürekli izlem sistemleri (Smart M-Health Continuous Monitoring System) oluşturulabilir. Bu sistemler yapay zekâ (Aİ) ile hastanın durumunu sürekli olarak tahmin etmek ve hastanın tıbbi müdahaleye ihtiyacı olup olmadığını belirlemek için kullanılır. Birey hastalandığında bu yöntem aracılığıyla hastanın çok uzak bir mesafeden doğrudan bir doktorla iletişim kurmasını sağlar. Ayrıca tıbbi yardımın süresini ve maliyetini azaltır (Devi vd., 2023; Singh, 2018). 5G bağlantı tabanlı akıllı sürekli izlem sistemi örneği ise aşağıda şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil 4: 5G Tabanlı Akıllı Sürekli İzlem Sistemi
Kaynak: Devi vd., 2023

5G Tabanlı Akıllı Sürekli İzlem Sistemi M-Sağlık olarak adlandırılmaktadır. Bu uygulama, klinik bakıma odaklanmaktan çok tüketicilere ve kişilerin kendileri hakkında veri toplamalarına yardımcı olmaya daha fazla önem vermektedir. Örneğin, yapay zekâ ve cep telefonu aracılığıyla öksürük kayıtlarından asemptomatik COVID-19 enfeksiyonlarının tespit edilebilmesi bu uygulamanın ana hedeflerinden biridir. Bir grup MIT (Massachusetts Teknoloji Enstitüsü) araştırmacısı, insanların asemptomatik bir COVID-19 hastasının öksürük sesindeki kritik farkı anlayamayacağını ifade etmişlerdir. Yani grip, soğuk algınlığı vs. gibi durumlarda gelişen öksürük sesi ile COVID-19 hastasının öksürük sesi insan kulağıyla algılanamayacak bir farka sahiptir. Araştırmacılar bu farklılıktan hareketle, COVID-19 hastalarının öksürüklerinin sesini tanımlayabilecek bir algoritma geliştirmişlerdir. Sonuç

olarak araştırmacılar, bu modelin FDA (U.S. Food and Drug Administration) tarafından onaylanması halinde, asemptomatik olabilecek kişileri tespit etmek için noninvaziv bir tarama aracı haline gelebilecek bir uygulamaya dahil etme hedefiyle çalışmalarına devam etmektedirler (Oleshchuk ve Fensli, 2011).

5G ağlarının yüksek hızda olan bağlantıları sayesinde tıbbi cihazlar, bulut sunucular ve yapay zekâ sistemleri arasında kesintisiz veri aktarımını kolaylaştırarak sağlık hizmeti sağlayıcılarının hızlı ve doğru bir şekilde bilinçli kararlar almalarına yardımcı olabilmektedir. 5G, tele tıp ve yapay zekanın yanı sıra uzaktan hasta izleme ve akıllı sağlık sistemlerinde de ilerlemelere yol açıyor. Sağlık uzmanları, tıbbi cihazları, giyilebilir cihazları ve sensörleri 5G ağları aracılığıyla bağlayarak hastaların yaşamsal belirtilerini, ilaca uyumunu ve genel sağlık durumunu uzaktan izleyebilmelerine de fırsatlar sunuyor (Hameed vd., 2021). Bu sürekli izlem sayesinde sağlık sorunlarının erken tespiti, proaktif müdahaleler ve kişiselleştirilmiş tedavi planları geliştirilebilir ve hastalar için daha iyi sağlık çıktıları elde edilebilir. Örneğin günümüzde; kablosuz sensör ağlarının, kablosuz iletişimin, giyilebilir sensörlerin ve akıllı telefonların hızla gelişim göstermesi geleneksel tele tıp sistemlerinden daha üstün ve gelişmiş e-sağlık sistemlerinin gelişimine ayrıca katkı sunmuştur. 5G'nin sağladığı yüksek güvenilirlikli düşük gecikmeli iletişim teknolojileri sayesinde sağlık iletişim daha esnek hale gelerek uzaktan ameliyat ve uzaktan teşhis gibi yeni sağlık hizmetlerinin önünü açmaktadır. Bu uygulamalar eşzamanlı kablosuz bilgi ve güç aktarımı sayesinde tıbbi müdahalelerin performansında önemli bir artışa olanak tanıyabilir (Ng vd., 2006; Latif vd., 2017). Aşağıda geleneksel olmayan iki konumlu genel bir tele tıp yapısı şekil 5'de gösterilmiştir.



Şekil 5: 5G Destekli İki Konumlu Genel Bir Tele Tıp Yapısı
Kaynak: Ng vd., 2006; Latif vd., 2017

5G'nin sağlık endüstrisindeki potansiyeli, bireysel hasta bakımının da ötesine geçerek daha geniş halk sağlığı girişimlerini ve kriz yönetimlerini kolayca sağlayacak şekilde geliştirmeye yardımcı olmaktadır. Özellikle COVID-19 salgını sırasında 5G teknolojileri uzaktan toplantılara, temas

takibine ve karantina uyumluluğunun izlenmesine olanak sağlayarak sağlık sistemlerini desteklemede önemli bir rol oynamıştır (Siriwardhana vd., 2021). Ayrıca, salgınlarla mücadelede hızlı ve güvenilir veri aktarım yeteneği sayesinde salgının kaynağı ve yayılımının takibi, hızlı teşhis ve tedavi, uzaktan tedavi ve takip, aşı geliştirme ve dağıtım ile kamunun bilgilendirilmesi noktasında önemli avantajlar da sağladı. Örneğin; 5G sayesinde, hastalardan alınan tıbbi görüntülerin ve diğer verilerin gerçek zamanlı olarak iletilmesini sağlayarak hastaların daha hızlı teşhis edilmesine ve tedavi edilmesine yardımcı oldu. 5G ağları, genom dizileme ve diğer veri toplama yöntemleri yoluyla salgının kaynağını ve nasıl yayıldığını belirlemek için kullanılabilecek büyük miktarda veriyi işledi. Doktorların hastaları uzaktan muayene etmesine ve izlenmelerine olanak tanıyarak hastaların tıbbi tesislere gitme ihtiyacını azalttı. Bu durum, özellikle salgın sırasında risk altında olan kişiler için avantaj sağlayarak toplumun diğer kesimlerinin de enfekte olmamasına yardımcı oldu. Tabi bu avantajlar sadece 5G ağları sayesinde değil nesnelerin interneti, yapay zekâ ve robotik alanlardaki gelişmelere paralele olarak gerçekleştirilebildiği de ifade edilebilir.

Sonuç olarak 5G teknolojisi, sağlık hizmetlerini kökten değiştiren önemli bir teknolojik güçtür. Bu teknoloji yeni bakım sunum modelleri sunarak hasta sonuçlarını iyileştirmeyi ve tıbbi alandaki inovasyonu teşvik etmeyi mümkün kılmaktadır. 5G, tele tıp ve yapay zekâ destekli teşhis süreçlerinden uzaktan hasta izleme ve akıllı sağlık sistemlerine kadar sağlık hizmetlerine erişim, sunma ve yönetme şeklimizi derinlemesine dönüştürmektedir. Bu açıdan sağlık sektörü dijital dönüşümü benimsemeye devam ettikçe, 5G ağlarının rolü tıbbın geleceğimizi şekillendirmede ve hasta bakımının genel kalitesini geliştirmede kritik önem taşıyacaktır.

Hibrit Ameliyathaneler

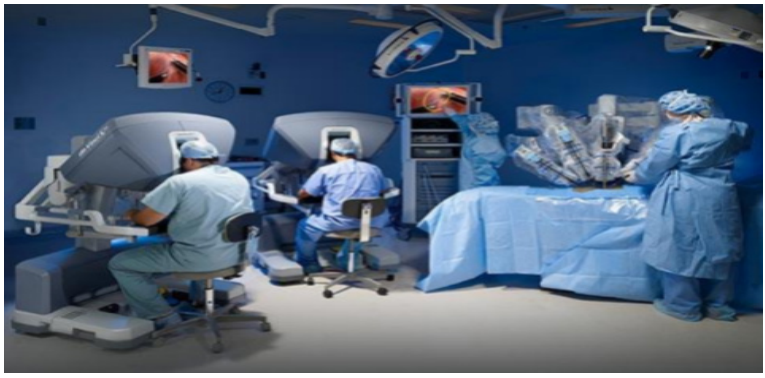
Hibrit ameliyathaneler, cerrahi alanda hasta bakımı ve sonuçlarını geliştirmek için en son teknolojiyi ve ekipmanı bir araya getiren önemli bir adımdır. Bu yenilikçi ortam, cerrahlara daha önce mümkün olmayan hassasiyet ve kontrol seviyeleri sunarak daha güvenli ve etkili süreçleri gerçekleştirebilmelerine imkân sağlar. Özlü (2019)'a göre uzaktan cerrahi, hasta ile herhangi bir fiziksel bağlantı kurmadan, operasyon odasına çok uzak bir noktadan ameliyat sürecinin gerçekleştirilmesidir. Bu yeni teknolojiye "Telesurgery" de denilmektedir. Dilimize daha çok uzaktan cerrahi ya da tele cerrahi olarak çevrilmektedir. 5G mobil ağ teknolojileri sayesinde, tıp uzmanları gerçek zamanlı görüntüler eşliğinde, çok düşük bir gecikme süresiyle uzaktan ameliyat gerçekleştirme imkânı bulmaktadır. Bu yenilikçi yaklaşım, manipülatörler ve uç efektörler aracılığıyla operasyon masasında bulunan hastaya müdahaleyi mümkün kılarak operasyonun

efektif bir şekilde gerçekleştirilebilmesine imkân sağlamaktadır. Ayrıca Hermsen vd. (2012)'de hibrit ameliyathaneleri, girişimsel radyoloji ve kardiyoloji tesislerinin imkanlarının birleştirilmesiyle ortaya çıkan ve steril bir ortamda bir ameliyathanenin tüm gereksinimlerini karşılayan alan olarak tanımlamışlarıdır. Bazzi vd.'de (2021) hibrit ameliyathane konseptinin dünya çapında kabul gördüğünü ve geleneksel ameliyathanenin zaten karmaşık olan ortamına radyolojinin dahil edilmesiyle geliştirilen yeni bir konsept olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca bu konsepti hemşirelik perspektifinden değerlendirdikleri araştırmalarında da iş birliği, ekip oluşturma, eğitim ve ekip kompozisyonunu ayarlama yoluyla hasta güvenliğini ve sonuçlarını iyileştirdiğini tespit etmişlerdir.

Jeffrey vd.,'ne (2013) göre hibrit ameliyathane, tıbbi görüntüleme ve tedavi ekipmanlarını tek bir ortamda birleştirerek cerrahi müdahalelerde devrim yaratan yenilikçi tesisler olarak tanımlanmaktadır. Bu gelişmiş odalar, beyin ve sinir fonksiyonlarının gerçek zamanlı izlenmesi gibi benzersiz imkanlar sunarak cerrahlara daha hassas ve etkili prosedürler gerçekleştirme yeteneği kazandırmaktadır. Bu ameliyathaneler, karmaşık cerrahi müdahalelerde yeni bir standart belirleyerek tıp alanında önemli bir ilerlemeyi temsil etmektedir.

Hibrit ameliyathane, tıbbi tedavinin en güvenli ve en etkili şekilde yapılabilmesi için gerekli olan tüm tıbbi gereçleri tek bir ortamda buluşturan yenilikçi bir konsepttir. Bu gelişmiş tesisler, 1970'li yıllarda mobil floroskopi cihazlarının kullanıma girmesiyle ortaya çıkmış ve günümüzde cerrahi müdahalelerde devrim yaratmaktadır. Hibrit ameliyathanelerin temel özelliği, cerrahların aletlerinin yanı sıra anestezi ve girişimsel radyoloji ekiplerinin ihtiyaç duyduğu çok çeşitli donanımları içermesidir. Bu donanımlar arasında ameliyathane içi bilgisayarlı tomografi, minimal invaziv cerrahi ekipmanları, navigasyon sistemleri ve dijital çıkarma anjiyografi gibi cihazlar yer alır (Gebhard vd., 2012; Drevets vd., 2019).

Teknolojik olarak gelişmiş bu ameliyathaneler, geleneksel cerrahi yetenekleri ile anjiyografi, BT taramaları, MRI ve endoskopi gibi gelişmiş görüntüleme yöntemleriyle birleştirilerek operasyonlar sırasında gerçek zamanlı görselleştirme ve yönlendirmeye de olanak tanıyarak ameliyat süreçlerinde etkinliği hedeflemektedir (Spenkelink vd., 2022). Bu görüntüleme araçlarının ameliyathane ortamına entegrasyonu, cerrahların minimal invaziv ve karmaşık süreçleri daha yüksek hassasiyet ve verimlilikle gerçekleştirmesine de yardımcı olmaktadır (Kpodonu, 2010). Bu ameliyathaneler, hastaların daha az doku hasarı, daha kısa iyileşme süresi ve daha az komplikasyon riski taşımalarını sağlayarak daha güvenli, etkili ve konforlu bir tedavi deneyimi yaşatmaktadır.



Şekil 6: Hibrit Ameliyathane Örneği

Hibrit ameliyathaneler, hastalara daha kapsamlı bakım sağlamak için cerrahlar, girişimsel radyologlar, anestezistler ve diğer uzmanları içeren multidisipliner ekiplerin iş birliğini kolaylaştırarak cerrahi müdahalelerin verimliliğinin arttırılmasına da katkı sunmaktadır (Palacios-Rodríguez vd., 2021). Hibrit ameliyathanelerin en önemli özelliklerinden biri de multidisipliner ekipler aracılığıyla, çeşitli tıbbi uzmanlık alanlarındaki çok çeşitli süreçleri destekleyebilmeleridir. Bunlar arasında kardiyovasküler müdahaleler, vasküler cerrahi prosedürler, atriyal fibrilasyon tedavisi, koroner arter yönetimi, aort anevrizması onarımı, göğüs ve kalp ameliyatları, beyin cerrahisi, ortopedi, travmatoloji gibi daha fazla uygulama yer almaktadır (Byrne vd., 2008). Bu uygulama alanlarına birçok örnek verilebilir. Örneğin; Richter vd.,'ne (2015) göre hibrit ameliyathaneler, ortopedik travma cerrahisi için kullanışlı ve güvenli bir araç olarak görülmektedir. Bu ameliyathanelerin, güvenli implant yerleştirmeye imkân sağladığı ve postoperatif BT taramalarına olan ihtiyacı artırmadan komplikasyonları azalttığı tespitinde bulunmuşlardır. Loftus ve diğerleri de (2020) özel bir travma hibrit ameliyathanesinin, daha erken kanama kontrolüne, daha az kan transfüzyonuna, daha az enfeksiyöz komplikasyonlara ve ventilatörde geçirilen günlerin azalmasına yardımcı olduğunu da bulgulamışlardır.

Hibrit ameliyathanelerin çok yönlülüğü, onları hem açık ameliyatlar hem de minimal invazif müdahaleler için uygun hale getirerek hasta ihtiyaçlarına ve koşullarına göre tedavi yaklaşımlarında esneklik sağlar (Terra vd., 2016). Ayrıca, gelişmiş görüntüleme sistemlerinin bu ameliyathanelere entegrasyonu, tedavi etkilerinin intraoperatif değerlendirilmesine ve gerektiğinde prosedürlerde değişiklik yapılmasına da olanak tanır (Byrne vd., 2008). Hibrit ameliyathanelerdeki akıllı ameliyathane (iOR) sistemi, ameliyat performansını ve intraoperatif görüntüleme verilerini aktararak cerrahların uzaktan danışmanlık sağlamalarına ve eğitim süreçlerine de katkıda bulunabilir (Lin vd., 2020). Ayrıca hibrit ameliyathaneler, müdahalelerin ve ameliyatın

tek bir anestezi altında birleştirilmesine, prosedürler arasındaki evrelerin ortadan kaldırılmasına, daha iyi kaynak kullanımına, kardiyopulmoner bypass süresinin kısaltılmasına ve hasta güvenliğinin ve sonuçlarının iyileşmesine de yardımcı olabilir (Singh, 2016).

Hibrit ameliyathane kavramı, girişimsel kardiyoloji tekniklerinin geleneksel kalp ameliyatlarıyla kusursuz entegrasyonunu sağlayarak özellikle kardiyovasküler tıpta devrim yaratmaktadır (Zhao vd., 2009; Kaneko ve Davidson, 2014). Bu entegrasyon, karmaşık koroner arter hastalığı olan hastalar için mevcut tedavi seçeneklerini geliştirerek, ameliyathane ortamında gelişmiş anjiyografik görüntüleme yetenekleri sayesinde hibrit kardiyovasküler süitlerin geliştirilmesine de yol açmıştır (Zhao vd., 2009). Qi ve Cai (2018) de gelişmiş görüntüleme teknolojileriyle donatılmış hibrit ameliyathanelerin, kalp-damar hastalıkları tedavisinde cerrahi verimliliği ve başarı oranlarını önemli ölçüde arttırdığını tespit etmişlerdir. Ayrıca hibrit ameliyathaneler kardiyovasküler prosedürlerin yanı sıra, özellikle arteriyovenöz malformasyonlar ve dural arteriovenöz fistüller gibi karmaşık durumların tedavisinde ve nöroşirürji müdahalelerinin ilerletilmesinde de etkili olmaktadır (Grüter vd., 2018a; Grüter vd., 2018b).

Hibrit ameliyathanelerin kullanımı geleneksel cerrahi uzmanlıkların ötesine geçerek travma cerrahisi, göğüs cerrahisi, onkoloji ve acil bakım gibi alanları da kapsayacak şekilde genişlemiştir (Tatum vd., 2020). Bu minvalde özellikle göğüs cerrahisinde hibrit ameliyathaneler, video yardımlı torakoskopik cerrahi gibi görüntü kılavuzlu süreçleri kolaylaştırarak akciğer neoplazmları ve diğer torasik durumlar için de hassas müdahalelere olanak sağlamıştır (Gill vd., 2015). Jin ve arkadaşları (2021) da hibrit ameliyathanelerin genel cerrahi, beyin cerrahisi, göğüs cerrahisi, üroloji, kadın doğum ve doğum cerrahisi, kalp ve damar cerrahisindeki uygulamalarını inceledikleri araştırmalarında da bu ameliyathanelerin ameliyat başarı oranını önemli ölçüde arttırdığını ve ameliyat süresini, ölüm oranlarını ve komplikasyon oranlarını azalttığını tespit etmişlerdir. Ayrıca bu ameliyathaneler, açık ve endovasküler teknikleri birleştirerek karmaşık nörovasküler hastalıkların daha etkili bir şekilde tedavi edilmesine ve hasta sonuçlarının iyileştirilmesine olanak sağlamaktadır (Mueller vd., 2019).

Hibrit ameliyathanelerin çok çeşitli prosedürlere uyum sağlamadaki çok yönlülüğü, bunların çeşitli tıbbi uzmanlık alanlarında hasta bakımını geliştirmedeki değerinin altını çiziyor. Dahası, hibrit ameliyathanelerin uygulanması, cerrahi uygulamada verimliliğin ve sonuçların artmasıyla ilişkilendirilmiştir. Çalışmalar, hibrit ameliyathanelerde gerçekleştirilen prosedürlerin, perioperatif veya postoperatif sonuçlardan ödün vermeden, geleneksel ameliyathanelere kıyasla genel prosedür sürelerinin daha kısa

sürede sonuçlanabileceğini göstermiştir (Chen vd., 2018). Clark ve Horton'da (2023) hibrit ameliyathanelerin, tıbbi görüntüleme ve geleneksel cerrahi odalarını tek bir tedavi alanında birleştirdiğini ve hem minimal invaziv hem de açık cerrahi süreçleri için kullanılabildiğini belirtmişlerdir. Ayrıca bu ameliyathanelerin cerrahların görüntüleme, biyopsi, teşhis ve ameliyatı aynı odada gerçekleştirmesine olanak tanıdığını ve hastayı görüntüleme odası ile ameliyathane arasında taşıma ihtiyacını da ortadan kaldırdığını ifade etmişlerdir. Dahası yazarlar, hibrit ameliyathanelerin kullanımının hasta sonuçlarında iyileşmeye ve işlem sürelerinde azalmaya da yardımcı olduğunu tespit etmişlerdir.

Sonuç olarak, hibrit ameliyathaneler, çeşitli tıbbi uzmanlık alanlarında çok çeşitli prosedürlerin gerçekleştirilmesi için çok yönlü ve teknolojik açıdan gelişmiş bir ortam sunan, cerrahi uygulamada önemli bir ilerlemeyi temsil etmektedir. Hibrit ameliyathaneler, gelişmiş görüntüleme yöntemlerini ameliyathane ortamına entegre ederek, ameliyatlar sırasında gerçek zamanlı görselleştirme, rehberlik ve değerlendirme olanağı sağlayarak daha kesin müdahalelere ve daha iyi hasta sonuçlarına olanak sağlar. Multidisipliner ekipleri bir araya getiren hibrit ameliyathanelerin iş birliğine dayalı yapısı, iletişimi ve koordinasyonu geliştirerek hasta bakımını daha da optimize eder. Hibrit ameliyathaneler kurmanın ilk maliyetleri önemli olsa da verimlilik, sonuçlar ve maliyet etkinliği açısından uzun vadeli faydaları düşünüldüğünde hastalara yüksek kaliteli bakım sunmaya çalışan sağlık kurumları için değerli bir yatırım haline gelebilmektedir.

KAYNAKÇA

Bazzi, M., Fridh, I., Ahlberg, K., Bergbom, I., Hellström, M., & Lundén, M. (2021). Collaboration in the Hybrid Operating Room: A Focus Group Study From the Perspective of the Nursing Staff. *Journal of Radiology Nursing*. https://doi.org/10.1016/J.JRADNU.2021.04.007.

Hermsen, P., Vlies, C., Akkersdijk, G., & Fioole, B. (2012). [The hybrid operating room: a cross between a catheterisation room and an operating room].. *Nederlands tijdschrift voor geneeskunde*, 156 44, A5256 .

Mueller, K., Felbaum, D., Bell, R., & Armonda, R. (2019). The Hybrid Operating Room. *Management of Cerebrovascular Disorders*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-99016-3_4.

Lin, C., Chen, Y., Chiang, C., Chang, M., & Lee, O. (2020). Real-Time Streaming of Surgery Performance and Intraoperative Imaging Data in the Hybrid Operating Room: Development and Usability Study. *JMIR Medical Informatics*, 8. https://doi.org/10.2196/18094.

Loftus, T., Croft, C., Rosenthal, M., Mohr, A., Efron, P., Moore, F., Upchurch, G., & Smith, R. (2020). Clinical Impact of a Dedicated Trauma Hybrid Operating Room.. *Journal of the American College of Surgeons*. https://doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2020.11.008.

Qi, L., & Cai, Q. (2018). Clinical application of hybrid operating room in cardiovascular disease. *Chinese Journal of Thoracic and Cardiovaescular Surgery*, 34, 58-62. https://doi.org/10.3760/CMA.J.ISSN.1001-4497.2018.01.019.

Jin, H., Lu, L., Liu, J., & Cui, M. (2021). A systematic review on the application of the hybrid operating room in surgery: experiences and challenges. *Updates in Surgery*. https://doi.org/10.1007/s13304-021-00989-6.

Clark, M., & Horton, J. (2023). Hybrid Operating Room Suites. *Canadian Journal of Health Technologies*. https://doi.org/10.51731/cjht.2023.665.

Richter, P., Yarboro, S., Kraus, M., & Gebhard, F. (2015). One year orthopaedic trauma experience using an advanced interdisciplinary hybrid operating room.. *Injury*, 46 Suppl 4, S129-34 . https://doi.org/10.1016/S0020-1383(15)30032-2.

Drevets, P., Chung, J. M., Schampaert, S., & Schroeder, C. (2019). Hybrid operating room: one-stop-shop for diagnosis, staging, and treatment. *Innovations*, *14*(5), 463-467.

Gebhard, F., Riepl, C., Richter, P., Liebold, A., Gorki, H., Wirtz, R., ... & Kraus, M. (2012). The hybrid operating room: Home of high-end intraoperative imaging. *Der Unfallchirurg*, *115*, 107-120.

Jeffrey, S, Kenneth, G, Kishor, P. & Fuller C. (2013). The cyberknife M6 radiosurgery system. The Journal of Lancaster General Hospital. 8(2), 44-49.

Özlü, C. (2019). Sağlıkta yeni nesil teknolojiler. Akademisyen Kitabevi.

Ahad, A., Tahir, M., & Yau, K. A. (2019). 5g-based smart healthcare network: architecture, taxonomy, challenges and future research directions. IEEE Access, 7, 100747-100762. https://doi.org/10.1109/access.2019.2930628

Ahad, A., Tahir, M., Sheikh, M., Ahmed, K., Mughees, A., & Numani, A. (2020). Technologies Trend towards 5G Network for Smart Health-Care Using IoT: A Review. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 20. https://doi.org/10.3390/s20144047.

Ali, G. and Nencioni, G. (2021). The role of 5g technologies in a smart city: the case for intelligent transportation system. Sustainability, 13(9), 5188. https://doi.org/10.3390/su13095188

Aljuboori, Z. (2021). Optimal design of neurosurgical hybrid operating room. Surgical Neurology International, 12, 230. https://doi.org/10.25259/sni_281_2021

Andrews, J.G.; Buzzi, S.; Choi, W.; Hanly, S.V.; Lozano, A.; Soong, A.C.; Zhang, J.C. What will 5G be? IEEE J. Sel. Areas Commun. 2014, 32, 1065–1082.

Byrne, J. G., Leacche, M., Vaughan, D. E., & Zhao, D. (2008). Hybrid cardiovascular procedures. JACC: Cardiovascular Interventions, 1(5), 459-468. https://doi.org/10.1016/j.jcin.2008.07.002

Chen, P., Hsu, H., Yang, S., Tsai, T. H., Tsou, K., Liao, H., … & Chen, J. (2018). Preoperative dye localization for thoracoscopic lung surgery: hybrid versus computed tomography room. The Annals of Thoracic Surgery, 106(6), 1661-1667. https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2018.07.030

Cheng, A., Li, E. Y. M., Chan, T. C. Y., Wong, A. B., Chan, P., Poon, W. L., … & Yuen, H. K. L. (2015). Hybrid procedure for orbital venous malformation in the endovascular operation room.

Eye, 29(8), 1069-1075. https://doi.org/10.1038/eye.2015.72

Devi, D., Duraisamy, K., Armghan, A., Alsharari, M., Aliqab, K., Sorathiya, V., Das, S., & Rashid, N. (2023). 5G Technology in Healthcare and Wearable Devices: A Review. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 23. https://doi.org/10.3390/s23052519.

Eluwole, O. T., Udoh, N., Ojo, M., Okoro, C., & Akinyoade, J. A. (2018). From 1G to 5G, What Next? IAENG International Journal of Computer Science, 45(3), 6.

Gill, R. R., Zheng, Y., Barlow, J., Jayender, J., Girard, E., Hartigan, P. M., … & Bueno, R. (2015). Image-guided video assisted thoracoscopic surgery (ivats) - phase i-ii clinical trial. Journal of Surgical Oncology, 112(1), 18-25. https://doi.org/10.1002/jso.23941

Grüter, B. E., Mendelowitsch, I., Diepers, M., Remonda, L., Fandiño, J., & Marbacher, S. (2018a). Combined endovascular and microsurgical treatment of arteriovenous malformations in the hybrid operating room. World Neurosurgery, 117, e204-e214. https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.05.241

Grüter, B. E., Strange, F., Burn, F., Remonda, L., Diepers, M., Fandiño, J., … & Marbacher, S. (2018b). Hybrid operating room settings for treatment of complex dural arteriovenous fistulas. World Neurosurgery, 120, e932-e939. https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.08.193

GSA, (Global mobile Suppliers Association) [Internet]. https://gsacom.com/paper/5g-market-snapshot-may-2023/ Erişim tarihi: 18.05.2024

Hameed, K., Bajwa, I. S., Sarwar, N., Anwar, W., Mushtaq, Z., & Rashid, T. (2021). Integration of 5g and block-chain technologies in smart telemedicine using iot. Journal of Healthcare Engineering, 2021, 1-18. https://doi.org/10.1155/2021/8814364

Jenkins, S. L., & Ma 'ayan, A. (2013). Systems pharmacology meets predictive, preventive, personalized and participatory medicine. *Pharmacogenomics*, *14*(2), 119-122.

Kaneko, T. and Davidson, M. J. (2014). Use of the hybrid operating room in cardiovascular medicine. Circulation, 130(11), 910-917. https://doi.org/10.1161/circulationaha.114.006510

Kang, C. C., Lee, T. Y., Lim, W. F., & Yeo, W. W. Y. (2023). Opportunities and challenges of 5g network technology toward precision medicine. Clinical and Translational Science, 16(11), 2078-2094. https://doi.org/10.1111/cts.13640

Kpodonu, J. (2010). Hybrid cardiovascular suite: the operating room of the future. Journal of Cardiac Surgery, 25(6), 704-709. https://doi.org/10.1111/j.1540-8191.2010.01111.x

Latif, S., Qadir, J., Farooq, S., & Imran, M. (2017). How 5G Wireless (and Concomitant Technologies) Will Revolutionize Healthcare?. *Future Internet*, 9, 93. https://doi.org/10.3390/fi9040093.

Li, J. P. O., Liu, H., Ting, D. S. J., Jeon, S., Chan, R. P., Kim, J. E., … & Ting, D. S. W. (2021). Digital technology, tele-medicine and artificial intelligence in ophthalmology: a global perspective. Progress in Retinal and Eye Research, 82, 100900. https://doi.org/10.1016/j.preteyeres.2020.100900

Liu, D. (2019). 5g and intelligence medicine—how the next generation of wireless technology will reconstruct healthcare?. Precision Clinical Medicine, 2(4), 205-208. https://doi.org/10.1093/pcmedi/pbz020

Moglia, A., Γεωργίου, K., Marinov, B., Georgiou, E., Berchiolli, R. N., Satava, R. M., … & Cuschieri, A. (2022). 5g in healthcare: from covid-19 to future challenges. IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics, 26(8), 4187-4196. https://doi.org/10.1109/jbhi.2022.3181205

Neha, G.; Juneja, P.K.; Sharma, S.; Garg, U. Future Aspect of 5G-IoT Architecture in Smart Healthcare System. In Proceedings of the 2021 5th International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS), Madurai, India, 6–8 May 2021; pp. 406–411.

Ng, H. S., Sim, M. L., & Tan, C. M. (2006). Security issues of wireless sensor networks in healthcare applications. *BT Technology Journal*, *24*(2), 138-144.

Oleshchuk, V., & Fensli, R. (2011). Remote patient monitoring within a future 5G infrastructure. *Wireless Personal Communications*, *57*, 431-439.

Olsson, M., Cavdar, C., Frenger, P., Tombaz, S., Sabella, D., & Jantti, R. (2013). 5GrEEn: Towards Green 5G mobile networks. International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications, 212–216. https://doi.org/10.1109/WiMOB.2013.6673363.

Osseiran, A.; Boccardi, F.; Braun, V.; Kusume, K.; Marsch, P.; Maternia, M.; Queseth, O.; Schellmann,

M.; Schotten, H.; Taoka, H.; et al. Scenarios for 5G mobile and wireless communications: The vision of the METIS project. IEEE Commun. Mag. 2014, 52, 26–35.

Palacios-Rodríguez, H. E., Hiroe, N., Guzmán-Rodríguez, M., Caicedo, Y., Saldarriaga, L., Ordóñez, C. A., … & Funabiki, T. (2021). Hybrid trauma service: on the leading edge of damage control. Colombia Medica, 52(2), e4014686. https://doi.org/10.25100/cm.v52i2.4686

Pan, C., Elkashlan, M., Wang, J., Yuan, J., & Hanzo, L. (2018). User-centric C-RAN architecture for ultra-dense 5G networks: Challenges and methodologies. *IEEE Communications Magazine*, *56*(6), 14-20.

Peralta-Ochoa, A., Chaca-Asmal, P., Guerrero-Vásquez, L., Ordoñez-Ordoñez, J., & Coronel-González, E. (2023). Smart Healthcare Applications over 5G Networks: A Systematic Review. *Applied Sciences*. https://doi.org/10.3390/app13031469.

Qureshi, H. N., Manalastas, M., Ijaz, A., Imran, A., Liu, Y., & Kalaa, M. O. A. (2022). Communication requirements in 5g-enabled healthcare applications: review and considerations. Healthcare, 10(2), 293. https://doi.org/10.3390/healthcare10020293

Rahman, M. M. and Khatun, F. (2023). Challenges and prospective of ai and 5g-enabled technologies in emerging applications during the pandemic. Artificial Intelligence. https://doi.org/10.5772/intechopen.109450

Riaz, A., Khan, S., & Arslan, T. (2023). Design and modelling of graphene-based flexible 5g antenna for next-generation wearable head imaging systems. Micromachines, 14(3), 610. https://doi.org/10.3390/mi14030610

Singh, R. Smart M-Health Continuous Monitoring System Using 5G Technology. Available online: https://www.researchgate. net/publication/329525264 (accessed on 20 May 2024).

Singh, A. (2016). Hybrid operating room: Clinical applications. *The Indian Anaesthetists Forum*, 17, 35 - 36. https://doi.org/10.4103/0973-0311.195950.

Siriwardhana, Y., Gür, G., Ylianttila, M., & Liyanage, M. (2021). The role of 5g for digital healthcare against covid-19 pandemic: opportunities and challenges. ICT Express, 7(2), 244-252. https://doi.org/10.1016/j.icte.2020.10.002

Spenkelink, I. M., Heidkamp, J., Fütterer, J. J., & Rovers, M. M. (2022). Image-guided procedures in the hybrid operating room: a systematic scoping review. Plos One, 17(4), e0266341. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0266341

Tatum, D., Pereira, B. M., Cotton, B. A., Khan, M. A., Brenner, M., Ferrada, P., … & Duchesne, J. (2020). Time to hemorrhage control in a hybrid er system: is it time to change?. Shock, 56(1S), 16-21. https://doi.org/10.1097/shk.0000000000001539

Teece, D. J. (2017). 5G mobile: impact on the health care sector. In *Working paper.* (pp. 1-17). Haas School of Business.

Terra, R. M., Andrade, J. R. d., Mariani, A. W., Garcia, R. G., Succi, J. E., Soares, A., … & Zimmer, P. M. (2016). Applications for a hybrid operating room in thoracic surgery: from multidisciplinary procedures to image-guided video-assisted thoracoscopic surgery. Jornal Brasileiro De Pneumologia, 42(5), 387-390. https://doi.org/10.1590/s1806-37562015000000177

Valdez, L.B.; Datta, R.R.; Babic, B.; Müller, D.T.; Bruns, C.J.; Fuchs, H.F. 5G mobile communication applications for surgery: An overview of the latest literature. Artif. Intell. Gastrointest. Endosc. 2021, 2, 1–11.

Wang, C. X., Haider, F., Gao, X., You, X. H., Yang, Y., Yuan, D., Aggoune, H. M., Haas, H., Fletcher, S., & Hepsaydir, E. (2014). Cellular architecture and key technolog (Jin, 2021)ies for 5G wireless communication networks. IEEE Communications Magazine, 52(2), 122–130. https://doi.org/10.1109/MCOM.2014.6736752.

Yang, G., Xie, L., Mäntysalo, M., Zhou, X., Pang, Z., Xu, L., Kao-Walter, S., Chen, Q., & Zheng, L. (2014). A Health-IoT Platform Based on the Integration of Intelligent Packaging, Unobtrusive Bio-Sensor, and Intelligent Medicine Box. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10, 2180-2191. https://doi.org/10.1109/TII.2014.2307795.

Zhao, D., Leacche, M., Balaguer, J., Boudoulas, K. D., Damp, J., Greelish, J. P., … & Byrne, J. G. (2009). Routine intraoperative completion angiography after coronary artery bypass grafting and 1-stop hybrid revascularization. Journal of the American College of Cardiology, 53(3), 232-241. https://doi.org/10.1016/j.jacc.2008.10.011