

## TIBBİ TANI VE TEDAVİ CİHAZLARININ SAĞLIK HARCAMALARI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

### THE IMPACT OF MEDICAL DIAGNOSTIC AND THERAPEUTIC DEVICES ON HEALTH EXPENDITURES

Dr. Taner ABİŞ<sup>1</sup>

Dr. Öğr. Üyesi Haşim ÇAPAR<sup>2</sup>

#### ÖZ

Tıbbi tanı cihazlarının sağlık harcamalarını arttırmadığı buna karşın tıbbi tedavi cihazlarının ise sağlık harcamalarını arttırdığı gerçeği ile bu çalışmanın amacı, OECD düzeyinde sağlık teknolojileri olan tıbbi tanı ve tedavi cihazlarının sağlık harcamalarına etkisini incelemek ve bu etkiden elde edilen veriler ile politikacılara kanıt sağlamaktır. Bu çalışma, panel veri analizi yöntemlerinden biri olan Driscoll-Kraay tahmincisi ile tamamlanmıştır. 11 OECD ülkesinin 2009-2016 yıllarına ait verileri ile analiz yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre Bilgisayarlı Tomografi (CT) ve Radyoterapi (RT) cihaz sayılarındaki 1 birimlik artış kişi başı sağlık harcaması yükünü (EXP) sırasıyla 50,478 ve 296,123 birim arttırmaktadır. Yatak Sayısı (BED) ve Mamografi (MAM) teknolojisine yapılan yatırımlardaki 1 birimlik artış ise kişi başı sağlık harcaması yükünü (EXP) sırasıyla 127,158 ve 8,697 birim azaltmaktadır. Sonuç olarak, tedavide kullanılan teknolojiler, sağlık harcamalarının yükünü arttırmaktadır. Dolayısı ile sağlık teknolojisi yatırımlarının birincil korunmaya dönük yapılması, tedavi edici sağlık hizmetlerine olan talebin azalmasına neden olacaktır. Bu durum, sağlık politikacılarının tıbbi tanı ve tedavi cihazlarının hastanelerdeki düşük payının yüksek bir harcama oranı ile ilişkili olduğu gerçeğini unutmadan kanıtı dayalı politikalar üretmesini gerekli kılmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Tıbbi Tanı Cihazları, Tedavi Tıp Cihazları, Sağlık Harcaması, Sağlık Teknolojileri.


**JEL Sınıflandırma Kodları:** D61, I10.

#### ABSTRACT

It is stated that medical diagnostic devices do not increase health expenditures, whereas medical treatment devices increase health expenditures. The study aims to examine the effect of medical diagnosis and treatment devices, which are health technologies at the OECD level, on health expenditures and to provide evidence to politicians with the data obtained from this effect. The study is completed with one of the panel data analysis methods, namely the Driscoll-Kraay estimator. Analysis is conducted with data from 11 OECD countries for the 2009-2016 period. According to the findings, a 1-unit increase in the number of Computed Tomography (CT) and Radiotherapy (RT) devices, increases the per capita health expenditure burden (EXP) by 50.478 and 296.123 units, respectively. A 1-unit increase in investments in the Number of Beds (BED) and Mammography (MAM) technology, reduces the per capita health expenditure burden (EXP) by 127.158 and 8.697 units, respectively. Therefore, investing in health technology for primary prevention would reduce the demand for therapeutic health services. This situation requires health politicians to produce evidence-based policies without forgetting the fact that the low share of medical diagnostic and treatment devices in hospitals is associated with a high spending rate.

**Keywords:** Medical Diagnostic Devices, Therapeutic Medicine Devices, Health Expenditure, Health Technologies.

**JEL Classification Codes:** D61, I10.

<sup>1</sup>  Altınbaş Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, taner.abis@altinbas.edu.tr

<sup>2</sup>  Dicle Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Sağlık Yönetimi Bölümü, hasim.capar@dicle.edu.tr

## EXTENDED SUMMARY

### **Purpose and Scope:**

The study aims to emphasize the importance of medical diagnosis and treatment devices in health expenditures as an expenditure item. To examine the effect of medical diagnosis and treatment devices, which are health technologies at the OECD level, on health expenditures and to provide evidence to politicians with the data obtained from this effect.

### **Design/methodology/approach:**

The research draws attention to the importance of investments in health technologies in health expenditures and the investment dimension of diagnostic and therapeutic services separately. 11 OECD member countries are included in the study between 2009 and 2016. The lack of data from other OECD countries in the specified period is an essential limitation of the study. The sample represents the population in the targeted direction, and 88 observations are reached. In the research, the dependent variable is health expenditures per capita (EXP), while the independent variables are MR, BED, CT, RT and MAM.

### **Findings:**

Driscoll-Kraay estimator results are given. Accordingly, when the effects of other variables are fixed, increasing the number of Computer Tomography (CT) and Radiotherapy (RT) devices by 1 unit augments per capita health expenditures (EXP) by 50.478 and 296.123 units, respectively. Raising investments in number of beds (BED) and Mammography (MAM) technology by 1 unit alleviates per capita health expenditures (EXP) by 127.158 and 8.697 units, respectively.

### **Conclusion and Discussion:**

Although both medical diagnostic devices and medical treatment devices have an impact on the burden of health expenditures, it is observed that those with medical treatment devices increase the burden of health expenditures more. These findings show an expected situation. Because medical diagnostic devices, which are one of the preventive health services, are cheaper than medical treatment devices that provide treatment. This is due to the relative cheapness of medical diagnostic devices compared to medical treatment devices. Because medical diagnostic devices identify many diseases at an early stage and prevent expensive treatments. In this regard, it would be appropriate to prioritize medical diagnostic devices not because of their low purchasing costs, but because they prevent the treatment costs caused by some diseases. The findings of various studies on this subject indicate similar situations (Wang, 2018; Kumar, 2011; Newhouse, 1992; Chambers et al., 2022; Otawova et al., 2015; Giraldes, 2010; Meyer et al., 2012). The finding here reveals the fact that medical diagnostic devices are more efficient than medical treatment devices. Although medical diagnostic devices, which are one of the health technologies, are cost-effective, it is important to use them in the light of evidence-based data and policies and to prepare them in accordance with the necessary clinical guidelines. So much so that many researchers on the subject have drawn attention to this importance (Jonsson and Banta, 1999; Anderson et al., 2007; Ming et al., 2022; Polisen et al., 2020; Rohr et al., 2016; Abdel-Wahab et al., 2021). Although medical treatment devices increase the burden of health expenditures, it is stated that these devices also increase the quality of life of individuals and still have a very high usage rate (Pammolli et al., 2005; Abdel-Wahab et al., 2021; Newhouse, 1992; Giraldes, 2010; Meyer et al., 2012; Smith-Bindman et al., 2019). Therefore, it is of great importance that medical treatment devices are used where necessary and with an effective policy. As with every study, the current study also has some limitations. One of these limitations is the lack of a complete data set for all OECD countries. Another important limitation is the existence of model predictions carried out with missing data. The limitations need to be taken into consideration when evaluating the findings of the study. Under these limitations, it is recommended that future studies should be planned to include more country data and causal relationships such as long-term time series. Making health investments aimed at primary prevention would result in a decrease in the demand for therapeutic health services. Thus, resources can be allocated to diagnostic devices rather than treatment. This would enable resources to be shifted to units where preventive services can be used more effectively. Thus, healthcare institutions would be able to use resources efficiently. Therefore, by ensuring resource allocation efficiency, sufficient resources would be allocated to purchase other essential health technologies. Health politicians and health managers need to produce evidence-based policies, keeping in mind the fact that the low share of medical diagnostic and treatment devices in hospitals is associated with a high spending rate. What would ensure this is to conduct scientific studies on the subject and provide evidence to decision makers and managers.

## 1. GİRİŞ

Son yirmi yıldır hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde sağlık harcamalarının arttığı görülmektedir. Sağlık harcamalarındaki artışın pek çok sebebi vardır. Ancak bu sebeplerden en önemlisi, sağlık teknolojilerine yapılan yatırımların çok pahalı olmasıdır (Sertkaya vd., 2022). Bu nedenle kullanılacak olan tıbbi tanı ve tedavi cihazlarının maliyet etkinlik analizlerine tabi olması gerektiği ifade edilmektedir (Polisena vd., 2020). Pozitif dışsallık özelliğinden dolayı verilen sağlık hizmetlerinin en verimli olanlarının hastalıkların teşhisinde kullanılan tıbbi tanı cihazları olduğu ifade edilmiştir (Newhouse, 1992). Ancak tıbbi tanı cihazlarının da bu yararlarına karşın bazı zararlarının olduğu dolayısı ile verimli ve maliyet etkin olsalar dahi bunların da dikkatli bir şekilde kullanılması gerektiği rapor edilmiştir (Gelijns ve Halm, 1991).

Sağlık teknolojilerinin önemli birer parçası olan ve tıbbi tanılarda kullanılan Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRI), Bilgisayarlı Tomografi (BT), Mamografi (MAM) ile tıbbi tedavilerde kullanılan Radyoterapi (RT) ve Hasta Yatağı (BED) gibi sağlık teknolojilerinin maliyet fayda rasyosu (ICER) ile ele alınarak satın alınması ve kullanılması gerektiği pek çok yazar tarafından tartışılmaktadır (Gelijns ve Halm., 1991; Jonsson ve Banta, 1999; Polisena vd., 2020; Van der Pol vd., 2021; Abdel-Wahab vd., 2021). Bu tartışmalardan birisi de tıbbi tanı için kullanılan sağlık teknolojilerinin tedavi için kullanılan tıbbi tedavi cihazlarından daha fazla sağlık harcaması yüküne sebebiyet verdiğidir (Newhouse 1992; Hachamovitch vd., 2009; Meyer vd., 2012; Newman-Toker vd., 2013).

Sağlık teknolojilerinden olan tıbbi tanı cihazları, onkoloji, jinekoloji, kardiyoloji, ortopedi ve gastroenteroloji gibi alanlar ile ilgili birçok hastalığın teşhis edilmesi, hastalık oluşumunun önlenmesi, hastalık süreçlerinin izlenmesinde aktif olarak kullanılan bir dizi yoğun teknolojik ürünlerdir. Bu teknolojik ürünlerin yanı sıra aynı veya üst donanımlardaki tıbbi tedavi cihazları da benzer alanlardaki hastalıkların tedavisinde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu kadar önemli etkileri ve kullanılan alanları bulunan bu sağlık teknolojilerinin kardiyoloji, onkoloji ve dahiliye alanları ile ilgili bazı hastalıkların tedavisinde maliyet etkin olduğunu ve faydalarının maliyetlerinden daha fazla olduğu ortaya konulmuştur (Eastman ve Leptien ve Chase, 2003; Ekman, Sjögren ve James, 2006; Calcoen, Boer ve van de Ven, 2017; Sharma vd., 2018). Öte yandan bu sağlık teknolojilerinden tanıya ilişkin olanların tedaviye ilişkin olanlardan daha maliyet etkin ve verimli olduğu rapor edilmiştir (Lim, 2020; Vasudevan vd., 2022). Bu veri sağlık sistemlerinde sıklıkla kullanılan bir kavram olan verimlilik hususunun önemine dikkat çekmektedir. Zira her sağlık kuruluşu kıt kaynaklar ile maksimum sağlık hizmeti sunmak istemektedir. Bu sağlamanın yolu ise kaynakların hem tahsis verimliliğini hem de teknik verimliliğini sağlamak ile mümkündür. Kaynak tahsis verimliliğinin sağlandığı yerlerden birisi de tıbbi tedavi cihazlarının yerine tıbbi tanı cihazlarının alınmasıdır. Çünkü tıbbi tanı cihazlarının tıbbi tedavi cihazlarından çok daha az bir sağlık harcaması yükünü oluşturduğu ifade edilmektedir (OECD, 2016).

Sağlık hizmeti kullanıcılarının algı, tutum ve davranışlarının değiştiği bilinmektedir (Luitel vd., 2020). 21. yüzyılın hızlı değişen dünyasında sağlık hizmeti kullanıcılarının bu algı, tutum ve davranış değişikliklerini eldeki teknoloji ve imkanlar ile makul bir ölçüde karşılamaya çalışan sağlık kuruluşları da değişime ayak uydurmak durumunda kalmıştır. Bu değişim gerek kamu gerek ise de özel sağlık kuruluşlarının hasta ve hasta yakınlarına olan bakış açısını etkilemiştir (European Commission, 2019). Öyle ki sağlık kuruluşları artık hastadan gelen geri bildirimleri dikkate almakta ve bu geri bildirimlere göre politika ve stratejiler geliştirmektedir (Wong, Mavondo ve Fisher, 2020). Bu politika ve stratejilerin bir kısmı, kanıta dayalı yönetim anlayışı ile bilimsel gerçeklere dayalı hizmet sunum şekillerine odaklanırken bir kısmı ise, hastanın algılanan kalitesine odaklanmıştır. Bu bağlamda hem kamu hem de özel sağlık kuruluşları sağlık teknolojilerine ağırlık vererek tercih edilebilirliklerini artırma yoluna gitmektedirler (Jing vd., 2019). Özellikle de sağlık turizmi ve spesifik olarak sağlık turizmi bir alt dalı olan medikal turizmin önemli bir sektör olduğu destinasyonlardaki klinikler, bu değişim ve dönüşümleri ile teknoloji yatırımlarını çok iyi bir pazarlama kampanyasına dönüştürme eğilimindedir (Mason, 2020). Öyle ki sağlık teknolojileri, her ne kadar çok pahalı olsa da sağlık kuruluşları için çok iyi bir pazarlama ve tercih edilme sebebi olabilmektedir. Sağlık teknolojilerinin gücünün farkında olan sağlık yöneticileri ve sağlık pazarlamacıları bu alana ciddi bir önem vermektedir. Bu önem ancak gereksiz sağlık teknolojilerinin alınmasının engellendiği prosedür ve uygulamaların çoğalıp işlevsel olması ile anlam kazanacaktır. Aksi halde verimlilikten uzak sadece çıktılara yoğunlaşmış bir sağlık teknolojisi kullanımı ortaya çıkacaktır ki bu durum, sağlık sistemlerinin sürdürülebilirliğine engel olabilecektir.

Sağlık teknolojilerinin, sağlık kuruluşları için kritik önemde olan özelliklerinin yanı sıra çok pahalı olması sebebi ile de bilinçli kullanılması gerektiği ortadadır. Çünkü sağlık teknolojileri çok ciddi derecede pahalı olan yatırımlardır.

Bu pahalı yatırımların büyümesine kapılarak finansal anlamda büyük bir yükün altına girmeye çalışan sağlık yöneticileri ve yatırımcılarının tanı için kullanılan sağlık teknolojilerine ağırlık vermesi gerekmektedir. Zira tanıya yönelik sağlık teknolojilerinin tedaviye odaklı sağlık teknolojilerinden çok daha etkili olduğu pek çok yazar tarafından ortaya konulmuştur (Kene, 2014; Wurcel vd., 2019; Abernethy vd., 2022). Sağlık teknolojilerinin özellikle de tanı ve tedavi ile ilgili olanların hastaların yaşam kalitesini arttırdığı ifade edilmektedir (James vd., 2022). Sağlık teknolojilerinin pek çok faydası olduğu bilinmektedir. Zaten etkin olan sağlık teknolojilerinin kullanılması noktasında bir sorun gözükmemektedir. Ancak özellikle de klinikten polikliniğe geçişin hızlandığı bu günlerde, kliniğin ağır finansman yükü, tedavi edici sağlık teknolojileri ile ilişkili olabilmektedir. Tedavi edici sağlık teknolojilerinin kullanımının kanıtla dayalı olması gereklidir. Aksi halde hangi teknolojilerin, hastaya ne kadarlık bir fayda sağladığı bilinemez. Tedavi edici sağlık teknolojilerinin etkinlik ve faydalarının ortaya konulmasında Kaliteye Ayarlanmış Yaşam Yılları QALY (Quality Adjusted Life Years) çalışmalarının yapılması önem arz etmektedir. Özellikle de QALY açısından tanı ve tedavi sağlık teknolojilerinin karşılaştırılması ve etkinliklerinin ortaya konulması kanıtla dayalı yönetim açısından son derece önem arz etmektedir. Sağlık teknolojilerinin etkinlik skorlarının ortaya konulması için gerek tanı gerek ise de tedavi edici tıbbi cihazların kalite ve maliyetlerini bir araya getiren maliyet etkinlik rasyosunun (ICER-Incremental Cost-Effectiveness Ratio) hesaplanması gereklidir. Ancak bu şekilde her bir sağlık teknolojisinin fayda ve maliyetleri değerlendirilebilir. Öte yandan sağlık teknolojilerinden olan tıbbi tanı ve tedavi cihazlarının gerçek yaşam deneyimlerinden elde edilmiş verileri ile ampirik çalışmaların yapılması gereklidir. Ancak bu sayede tıbbi tanı ve tedavi cihazlarının hangisinin sağlık harcaması yükünü arttırdığı ortaya konulabilir. Bu çalışmanın yapılma motivasyonunu sağlayan şey de tam olarak bu gerekliliktir.

Tıbbi tanı ve tedavi ile ilgili yeni bir sağlık teknolojisi üretildiğinde veya piyasaya sürüldüğünde sağlık yöneticileri veya yatırımcılarının bu yeni teknolojileri karşılaştırması gereklidir. Zira yeni sağlık teknolojisi, eski sağlık teknolojisine göre daha az etkin ve daha çok pahalı olabilir. Böyle bir durumda kullanılan sağlık teknolojilerinin maliyet etkinliği ortaya konulmadığında; sağlık yöneticileri kurumlarına gereksiz bir teknolojiyi çok pahalıya satın alıp kullanma yoluna gidebilir. Bu tarz yanlış kararların verilmemesi için her türlü sağlık teknolojilerinin maliyet etkinliği rasyosu hesaplanmalıdır. Hataların önlenmesi için konu ile ilgili sürekli olarak kurum içi veya kurum dışı bilimsel çalışma ve hesaplamaların yapılması elzem görünmektedir.

Tıbbi tanı ve tedavi için kullanılan sağlık teknolojisi cihazlarının, gelişmiş kullanılmaması için mikro, mezo ve makro düzeyde sağlık teknolojileri değerlendirme etkinlikleri ile sağlık teknolojilerinin her açıdan değerlendirmesi gerekmektedir. Bu değerlendirmelerin yapılması için kullanılan sağlık teknolojilerine ait her türlü kanıt ve verinin toplanarak karar vericilerin anlayabileceği özet bilgiler haline getirilmesi ve bu bilgilerin yorumlanması gereklidir. İşte bu veri, kanıt ve bilgilerin sağlanması amacı, bu çalışmanın yapılması motivasyonunu oluşturmaktadır.

Özellikle de sağlık teknolojileri olarak çoğu hastanede kullanılan tanı testlerinin farkındalığının az olduğu bazen gerektiği halde kullanılmadığı bazen ise gereksiz kullanıldığı dile getirilmektedir (Rohr et al., 2016). Bu gerekçe ile sağlık teknolojilerinin kullanımının çok detaylı incelenmesi ve gerçek yaşam verileri ile karşılaştırması gerektiği ifade edilmektedir (Ming vd., 2022). Çünkü sağlık teknolojilerinin hem fayda hem de zararlarının olduğu bilinmektedir (Gelijns ve Halm, 1991; Anderson vd., 2007; Otawova vd., 2015; Hachamovitch vd., 2009; Meyer vd., 2012; Van der Pol vd., 2021; Pammolli vd., 2005; Sorenson vd., 2013). Öyle ki önemli bir sağlık teknolojisi olan tıbbi tanı cihazlarının maliyet etkin olmasına karşın gereksiz kullanıldığında çok yüksek sağlık harcamalarına yol açtığı görülmektedir (Giraldes, 2010; Chambers vd., 2022). Bu sebeple sağlık teknolojilerinin kullanılmasının etkin bir politika ile yapılması gerekli olduğu tartışılmaktadır (Anderson vd., 2007). Sağlık teknolojilerinin kullanım ve değişim maliyetlerinin sağlık harcamalarını arttırdığı (Sertkaya vd., 2022) görülmektedir. Bunun sebebini ise Ferguson vd. (2014), hastane bazında sağlık teknolojilerinin payının küçük olmasına karşın sağlık harcamalarına etkisinin büyük olmasına bağlamaktadır. Ferguson vd. (2014) gibi pek çok yazar da sağlık teknolojilerinin sağlık harcamasına etkisinin büyük olmasından dolayı bu konunun araştırılmaya değer olduğunu açıklamaktadır (Marino ve Lorenzoni, 2019; Smith-Bindman vd., 2019; Hadian vd., 2021; Sertkaya vd., 2022; Newman-Toker vd., 2013). Sağlık teknolojilerinin araştırılmasının önemli olduğu düşünülmektedir. Çünkü tıbbi tanı ve tedavi cihazlarının sağlık harcamasını arttırmasına karşın gerektiği yerde etkin bir şekilde kullanıldığında bireylerin yaşam kalitesini de arttırdığı rapor edilmiştir (Pammolli vd., 2005). Ancak tıbbi tanı ve tedavi cihazlarının sağlık maliyetleri üzerindeki etkisi net değildir. Öyle ki bu konuda yapılan bir araştırmaya göre sağlık teknolojilerinden olan tıbbi tanı cihazlarının sağlık harcamalarını arttırmadığı buna karşın tıbbi tedavi cihazlarının ise sağlık harcamalarını arttırdığı tespit edilmiştir (Sorenson vd., 2013). Bu bilimsel kanıtlar, sağlık teknolojilerinden tıbbi tanı ve tedavi cihazlarının Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla (GSYİH)'dan sağlığa ayrılan pay



üzerindeki etkisinin OECD ülkeleri düzeyinde incelenmesinin önemine işaret etmektedir. Zira pek çok yazar tıbbi tanı cihazlarının tıbbi tedavi cihazlarından daha az maliyetli ve daha çok etkin olduğunu ortaya koymuştur (Wang, 2018; Rohr vd., 2016; Sorenson vd., 2013; Smith-Bindman vd., 2019; Kumar, 2011; Newhouse, 1992; Chambers vd., 2022; Giralde, 2010; Hachamovitch vd., 2009; Meyer vd., 2012).

Yukarıdaki veri ve bilgiler ışığında tanı ve tedavi cihazlarının verimliliği ile ilgili gerçek yaşam deneyimlerine bağlı ampirik çalışmaların yapılmasının elzem olduğu görülmektedir. Zira her ne kadar sağlık teknolojilerinin değerlendirilmesine yönelik ampirik çalışmalar olsa da bu çalışmaların OECD düzeyinde yapılmadığı veya yapılmış ise de rapor şeklinde sorunu bildiren çalışmalar olduğu tespit edilmiştir. Bu da literatürde bu konu ile ilgili boşluğun olmasına sebebiyet vermiştir. Bu çalışma ile gerçek yaşam verilerine bağlı OECD ülkelerinin tıbbi tanı ve tedavi cihazlarının verimlilik tahminleri rapor edilecektir. Bu sayede ilgili literatür boşluğunun doldurulması ön görülmektedir.

Tıbbi tanı cihazlarının tıbbi tedavi cihazları ile karşılaştırıldığında göreceli olarak daha fazla sağlık harcaması yüküne sebebiyet verdiği tespit edilmiştir. Bu bulgu özellikle de sağlık teknolojileri için ödeme yapacak olan tarafların tıbbi tedavi cihazlarına karşı tıbbi tanı cihazlarının tercih edilmesi gerektiği yönündeki tezine güçlü bir kanıt sunacaktır. Öte yandan bu çalışmanın bulguları, sağlık teknolojilerini mikro, mezo ve makro boyutta değerlendirecek olan kurum ve kuruluşlara konu ile ilgili kanıt sunacaktır. Bu bulgulara dayalı olarak mevcut çalışmanın temel amacı, OECD düzeyinde sağlık teknolojileri yatırımlarının değerlendirilmesini yapmaktır. Bu temel amaca ek olarak sağlık teknolojileri olan tıbbi tanı ve tedavi cihazlarının sağlık harcamalarına etkisini incelemek ve bu etkiden elde edilen veriler ile politikacılara kanıt sağlamak amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Veri Seti ve Analizde Kullanılan Yöntem

Yapılan çalışmada, sağlık harcamalarında sağlık teknolojileri yatırımlarının önemine dikkat çekmek aynı zamanda tanı ve tedavi edici hizmetlerin yatırım boyutunun ayrı ayrı ortaya konması amaçlanmıştır. Araştırmaya, 2009-2016 yılları arası, OECD üyesi 11 ülke dâhil edilmiştir. Belirtilen zaman aralığında diğer OECD ülkelere ait verilerin eksik olması çalışmada önemli bir kısıttır. Hedeflenen doğrultuda toplam 88 gözleme ulaşılmıştır. Araştırmada bağımlı değişken olarak kişi başı sağlık harcamaları (EXP) tercih edilirken, bağımsız değişken olarak MRI cihazı (MRI), Bilgisayarlı Tomografi (BT), Radyoterapi (RT), Mamografi (MAM) ve Yatak Sayısı (BED) teknolojileri kullanılmıştır. Sağlık teknolojilerine yapılan harcamaları saptamak için panel veri analizi yöntemi ile uygun model tercihi yapılmıştır. Sabit Etkiler (FE) ve Rassal Etkiler (RE) modeli arasında tercih yapmak için Huasman testi kullanılmıştır. Sonuç olarak Rassal etkiler (RE) modeline karar verilmiştir. Otokorelasyon problemi, Değiştirilmiş Bhargava vd. Durbin-Watson ve Baltagi-Wu LBI (Kramer ve Lovric, 2011; Farebrother, 1980) testleri ile sınanmıştır. Değişen Varyans sorununu kontrol etmek için Değiştirilmiş Wald Testi kullanılmıştır. Yatay kesit bağımlılığını tespit etmek için Breush-Pagan LM Testi uygulanmıştır. Otokorelasyon, yatay kesit bağımlılığı ve değişen varyans sorunu için Driscoll-Kraay tahmincisi tercih edilmiştir.

### 2.2. Panel Veri Analizi

Panel veri analizi, yatay kesit biriminin (ülkeler, haneler, bireyler vb.) belirli bir zamandaki değişimleri bir araya getirerek çoklu bir gözlem seti oluşturmasını sağlayan bir analiz yöntemidir. Panel veri analizinde, otokorelasyon, değişen varyans, yatay kesit bağımlılığı problemi gibi çeşitli nedenlerden ötürü dinamik tahmin yöntemlerinden ziyade statik panel modellerle tahmin yapılması daha güçlü sonuçlar vermektedir (Driscoll ve Kraay, 1998; Dökmen, 2012). Birimler arası korelasyon analizinde yatay kesit bağımlılığı, otokorelasyon ve değişen varyans problemi ve birim boyutunun zaman periyodundan büyük olması statik model olan Driscoll-Kraay Standart Hata testi ile analize devam edilmiştir (Hoechle, 2007). Driscoll-Kraay testinden önce panel veri analizinde uygun modele karar verilmesi gerekmektedir. Buna göre, sabit etkiler ve rassal etkiler modelleri arasında tercih yapmak için Huasman Testi uygulanmıştır. Bu teste göre, temel hipotez ( $H_0$ ) reddedilmesi ( $p < 0,05$ ) durumunda sabit etkiler, kabul edilmesi ( $p > 0,05$ ) hususunda rassal etkiler modelinin kullanılması uygun görülmektedir (Baltagi, 1998). Literatürde Driscoll-Kraay tahmincisi, genelde sabit etkiler modeliyle birlikte kullanıldığı görünse de rassal etkiler modelinin kullanıldığı çalışmalarda mevcuttur (Hashmi ve Alam, 2019; Le vd., 2020; Konak ve Demir, 2019). Driscoll-Kraay tahmincisi, yatay kesit ortalamaları serisi için Newey-West düzeltmesi hesaplamakta ve düzeltilen standart hata tahminleri N yatay kesit boyutundan bağımsız bir biçimde kovaryans matrisi tahmincisinin tutarlı olmasını sağlamaktadır (Karagöz ve Şener, 2023). Hem sabit etkiler hem de rassal etkiler model tahmininde

kullanılan Driscoll-Kraay tahmincisi, zaman (T) ve birimin (N) büyük olduğu durumunda bile varyans varlığında tutarlı, mevcut boylamsal ve dönemsel ilişkide dirençli standart hataların hesaplanmasında da kolaylık sağlamaktadır (Yerdelen Tatoğlu, 2018).

Varsayımlardan sapmaların düzeltildiği rassal etkiler modeline ait statik test sonuçları eşitlik 1’de verilmiştir. Buna göre, bağımlı değişken olarak kişi başı sağlık harcamaları (EXP) kullanılmıştır. MRI cihaz sayısı, yatak sayısı (BED), bilgisayarlı tomografi (CT), radyoterapi (RT) ve mamografi (MAM) cihaz sayısı modelde bağımsız değişken olarak ele alınmıştır.

$$EXP_{it} = \beta_{1i} + \beta_2 MRI_i + \beta_3 BED_i + \beta_4 CT_i + \beta_5 RT_i + \beta_6 MAM_i + u_i \quad (1)$$

t= 2009, 2010...2016 ve i= 1, 2, 3...12

**Tablo 1.** Değişkenlere İlişkin Bilgiler

Değişkenin Kodu	Değişkenin Tanımlanması	Veri Kaynağı
EXP	Kişi Başı Sağlık Harcamaları (Dolar)	OECD Data/2009-2016
MRI	Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRI) /1.000.000 kişiye düşen / Tanı için kullanılmaktadır.	OECD Data/2009-2016
BED	Yatak Sayısı (1000 kişiye düşen) /Tedavi için kullanılmaktadır.	OECD Data/2009-2016
CT	Bilgisayarlı tomografi (BT) /1.000.000 düşen / Tanı için kullanılmaktadır.	OECD Data/2009-2016
RT	Radyoterapi cihazı (RT) /1.000.000 kişiye düşen / Tedavi için kullanılmaktadır.	OECD Data/2009-2016
MAM	Mamografi cihazları /1.000.000 kişiye düşen / Tanı için kullanılmaktadır.	OECD Data/2009-2016

### 3. BULGULAR

Bu bölümde, araştırmada kullanılan model ve bu modelden elde edilen sonuçlara ilişkin bilgiler verilmiştir.

**Tablo 2.** Tanımlayıcı İstatistikler

Değişkenler	Gözlem Sayısı	Ort.	Std. Sp.	Min.	Max
EXP	88	2738,62	1286,45	817	5720
MRI	88	12.197	7,724	1,8	28,4
BED	88	5,052	2,487	1,0	11,9
CT	88	16,534	11,460	0,71	37,8
RT	88	7,356	4,010	1,33	18,2
MAM	88	21,564	14,293	6,1	57,8

Tablo 2’de araştırmada kullanılan değişkenlere ait bilgiler verilmiştir. Buna göre kullanılan değişkenlerde eksik veri gözlenmemiştir. Veri setinin dengeli panele uygun olduğu görülmektedir.

**Tablo 3.** Korelasyon Matrisi

	GDP	MRI	BED	CT	RT	MAM
EXP	1					
MRI	0,327	1				
BED	0,143	0,279	1			
CT	0,060	0,692	0,463	1		
RT	0,719	0,226	0,275	-0,194	1	
MAM	0,304	0,653	0,584	0,556	0,362	1

Çoklu doğrusal bağlantı problemi oluşturan güven aralığı 0,90 ve üzeri değerlerdir (Tabanchnick ve Fidell, 2013). Bu kapsamda Tablo 3’te, çoklu doğrusal bağlantı sorununa sebep olacak büyüklükte değer olmadığı için korelasyon matrisindeki değişkenlerin araştırmada kullanılması uygun bulunmuştur.

**Tablo 4.** Uygun Modellerin Belirlenmesi İçin Kullanılan Testler

Değişkenler	POLS	FE	RE
	EXP	EXP	EXP
MRI	77,057*** (23,173)	87,896** (24,549)	77,057*** (23,173)
Yatak Sayısı (BED)	-124,114** (59,918)	-151,105** (64,923)	-124,114** (59,918)
Bilgisayarlı Tomografi (CT) Cihazları	3,514 (20,425)	8,229 (23,098)	3,514 (20,425)
Radyoterapi (RT) Cihazları	-29,056 (28,814)	8,879 (29,922)	29,056 (28,814)
Mamografi (MAM)	31,615 (17,595)	36,991* (20,457)	31,615* (17,595)
Sabit	1472,143*** (533,331)	1430,859*** (478,394)	1472,143*** (533,331)
Sigma_u	1063,172	1398,332	1063,172
Sigma_e	0,226,117	226,117	226,117
R <sup>2</sup>	0,956	0,974	0,956
F_f			
Lm			
Hausman			9,14
P	0,000	0,000	0,000
Gözlem Sayısı	88	88	88

Anlamlılık düzeyleri: \*\*\* p<.01, \*\* p<.05, \* p<.1

Panel veri analizi modellerinde değişen varyans sorunu, yatay kesit bağımlılığı ve otokorelasyon problemi nedeni ile en küçük kareler (OLS) tahmincisinden elde edilen sonuçlar tutarsız ve sapmalı olmaktadır (Sarafidis ve Wansbeek, 2012). Bu yüzden statik panel veri modellerinde biri olan Driscoll-Kraay tahmincisi kullanılması önerilmektedir (Hoechle, 2007). Bunun için öncelikle uygun model tahmini yapılması gerekir. Sabit etkiler (FE) ve Rassal Etkiler (RE) tahmincileri araştırmada tercih edilmiştir. Bu iki tahminci arasında seçim yapmak için Hausman testi kullanılmıştır. Bu teste göre, H<sub>0</sub> hipotezi reddedilmemektedir (p>0,05). Rassal etkiler modelinin araştırmada kullanılmasına karar verilmiştir. Rassal etkiler ile elde edilen bulgulara göre, MRI cihazları ve Yatak Sayısı (BED) değişkenleri hariç tüm bağımsız değişkenler, bağımlı değişkeni açıklamada anlamlı bulunmuştur. Buna göre, MRI değişkeni 1 birimlik artırılınca kişi başı sağlık harcamaları (EXP) 77,057 birim artarken, yatak sayısı değişkeni (BED) 1 birim artırılınca kişi başı sağlık harcamaları (EXP) 124,114 birim azalmaktadır.

**Tablo 5.** Değişen Varyans ve Otokorelasyon Testi

Otokorelasyon Testi	
Değiştirilmiş Bhargava vd. Durbin-Watson testi	0,44348206
Baltagi-Wu LBI testi	0,90398208
Değişen Varyans Testi	
Değiştirilmiş Wald Testi x <sup>2</sup> (p>x <sup>2</sup> )	Chic2 (11) = 10705,27 Prob>Chic2 = 0,000
Yanıt Kesit Bağımlılığı Testi	
Breush-Pagan LM Testi	Chic2(01) = 193,34 Prob>Chic2 = 0,000

Tablo 5'te verilen bilgilere göre, birimlere arası otokorelasyonu sınamak için Durbin-Watson ve Baltagi-Wu LBI Testi uygulanmıştır. Bu testlere göre, otokorelasyon probleminin olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Değişen varyans sorununu test etmek için Değiştirilmiş Wald Testi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, değişen varyans problemi vardır. Breush-Pagan LM testine göre birimler arası yatay kesit bağımlılığının olduğunu göstermektedir. Panel veri modellerinde, birim ve zaman etkinin yanı sıra yatay kesit bağımlılığı, otokorelasyon ve değişen varyans

sorunun olması durumunda, statik model ile tahmin yapılması tutarlı ve güvenilir sonuç vermektedir. Birim boyutunun (N) zaman (T) aralığından büyük olması statik modellerle tahmin yapılması daha güçlü sonuçlar vermektedir.

**Tablo 6.** Statik Model Tahmin Sonuçları

Modeller	RE	Driscoll Kraay Testi
Değişkenler	EXP	EXP
MRI	77,057*** (23,173)	-10,239 (20,814)
Yatak Sayısı (BED)	-124,114** (59,918)	-127,158*** (34,682)
Bilgisayarlı Tomografi (CT) Cihazları	3,514 (20,425)	50,478** (17,0811)
Radyoterapi (RT) Cihazları	29,056 (28,814)	296,123*** (15,000)
Mamografi (MAM)	31,615* (17,595)	-8,697** (2,742)
Sabit	1472,143*** 533,331	680,392*** 33,894
Gözlem Sayısı	88	88
R <sup>2</sup>	0,956	0,606
Prob>F	0,000	0,000

Anlamlılık düzeyleri: \*\*\* p<.01, \*\* p<.05, \* p<.1

Tablo 6'da statik model test sonucu verilmiştir. Buna göre, diğer değişkenlere ait etkiler sabitken Bilgisayar Tomografi (CT) ve Radyoterapi (RT) cihaz sayıları 1 birim artırılınca kişi başı sağlık harcamaları (EXP) sırasıyla 50,478 ve 296,123 birim artmaktadır. Yatak Sayısı (BED) ve Mamografi (MAM) teknolojisine yapılan yatırımlar 1 birim artırılınca kişi başı sağlık harcamaları (EXP) sırasıyla 127,158 ve 8,697 birim azalmaktadır.

#### 4. TARTIŞMA

Bu çalışma, sağlık teknolojileri yatırımlarını OECD düzeyinde incelemiştir. Bu inceleme, sağlık teknolojileri yatırımlarından olan tıbbi tanı cihazları ve tıbbi tedavi cihazlarının sağlık harcamaları üzerindeki etkisinden yola çıkarak bir panel veri analizi ile yapılmıştır. Elde edilen bulgular gerek tıbbi tanı cihazlarının gerek ise de tıbbi tedavi cihazlarının sağlık harcamalarını arttırdığını göstermektedir. Bu bulgular, daha önce yapılmış olan pek çok çalışma ile benzerlik göstermektedir (Sertkaya vd., 2022; Polisena vd., 2020; Newman-Toker vd., 2013; Ferguson vd., 2014; Pammolli vd., 2005; Marino ve Lorenzoni, 2019). Ancak bu çalışmadan elde edilen bulgular bazı yazarlar tarafından yapılan çalışmalar ile de farklılık göstermektedir. Buna göre (Sorenson, Drummond vd., 2013; Smith-Bindman vd., 2019; Abdel-Wahab vd., 2021; Gelijns ve Halm, 1991; Chambers vd., 2022; Giralde, 2010; Newman-Toker vd., 2013). Her ne kadar gerek tıbbi tanı cihazları gerek ise de tıbbi tedavi cihazlarının sağlık harcamaya yükü üzerinde etkisi varsa da tıbbi tedavi cihazlarının sağlık harcamaya yükünü daha çok arttırdığı görülmüştür. Bu bulgular, beklenen bir durumu göstermektedir. Zira koruyucu sağlık hizmetlerinden biri olan tıbbi tanı cihazları, tedaviyi sağlayan tıbbi tedavi cihazlarından daha ucuzdur. Bu durum, tıbbi tanı cihazlarının tıbbi tedavi cihazlarına göre görece ucuzluğundan kaynaklanmaktadır. Çünkü tıbbi tanı cihazları, pek çok hastalığı erken evrede tanımlayarak pahalı tedavilerin önlenmesini sağlamaktadır. Bu bakımdan tıbbi tanı cihazlarının maliyet açısından satın alma ücretlerinin düşük olmasından değil, bazı hastalıkların yol açacağı tedavi maliyetlerini önlemesinden dolayı önceliklendirilmeleri uygun olacaktır. Bu konuda yapılmış olan pek çok çalışmanın bulguları benzer durumları işaret etmektedir (Wang, 2018; Kumar, 2011; Newhouse, 1992; Chambers vd., 2022; Otawova vd., 2015; Giralde, 2010; Meyer vd., 2012). Buradaki bulgu, tıbbi tanı cihazlarının tıbbi tedavi cihazlarından daha çok verimli olduğu gerçeğini ortaya koymaktadır.

Sağlık teknolojilerinden biri olan tıbbi tanı cihazları, maliyet etkin olsa da kanıta dayalı veriler ile yapılan politikalar ışığında kullanılması ve gerekli klinik rehberlere uygun hazırlanması önem arz etmektedir. Öyle ki konu ile ilgili birçok yazar da bu öneme dikkat çekmiştir (Jonsson ve Banta, 1999; Anderson vd., 2007; Ming vd., 2022; Polisena vd., 2020; Rohr vd., 2016; Abdel-Wahab vd., 2021).



Tıbbi tedavi cihazları, her ne kadar sağlık harcamaları yükünü arttırıyor olsa da bu cihazların aynı zamanda bireylerin yaşam kalitesini arttırdığı ve hala çok büyük bir kullanım oranına sahip olduğu ifade edilmektedir (Pammolli vd., 2005; Abdel-Wahab vd., 2021; Newhouse, 1992; Giraldes, 2010; Meyer vd., 2012; Smith-Bindman vd., 2019). Dolayısı ile tıbbi tedavi cihazlarının gerektiği yerde ve etkin bir politika ile kullanılması büyük bir önem arz etmektedir.

Her çalışmada olduğu gibi mevcut çalışmanın da birtakım kısıtlılıkları söz konusudur. Bu kısıtlılıklardan önemli birisi OECD ülkelerinin tamamına ait tam bir veri setinin olmayışıdır. Bir diğer önemli kısıt ise eksik veriler ile yürütülmüş model tahminlerinin varlığıdır. Bu çalışmanın bulguları, değerlendirilirken bahsi geçen kısıtlılıkların göz önünde bulundurulması gerektirmektedir. Bu kısıtlılıklar altında gelecek çalışmaların daha çok ülke verisi ile uzun dönem zaman serileri gibi nedensel ilişkilerin de oryaya konulduğu çalışmalar planlanması önerilmektedir.

## 5. SONUÇ

Sağlık teknolojilerine yapılan yatırımlar, sağlık harcamalarında önemli bir paya sahiptir. Özellikle tanı ve tedavide kullanılan teknolojiler ayrı ayrı değerlendirildiğinde, tedavide kullanılan teknolojiler tanıda kullanılan teknolojilere göre daha yüksek sağlık harcaması yüküne neden olmaktadır. Korunmanın tedaviden üstün olduğu düşüncesinden yola çıkılırsa, tanıda kullanılan teknolojiler sağlığı korumaya yönelik kullanıldığı için daha az maliyetle tedavi edici hizmetlere gerek kalmadan sağlığı temelden korunmuş olurlar. Tanıda kullanılan tıbbi teknolojilerle hizmet sunulurken gelen tüm hastalara kesin hastalık tanısı konulmayabilir. Ancak bu durum çok düşük bir ihtimal olduğundan fayda oranı yüksek olan bu teknolojilerin bilinçli politikalar ile kullanılması gereklidir. Çünkü çok düşük sayıda hastanın mustarip olduğu nadir bir hastalığın bile tanısının konulması sayesinde çok daha maliyetli olan tedavi aşamasına geçilmesinin engellenmesi sağlanmış olacaktır. Bu sayede, gereksiz sağlık harcamalarının önüne geçilerek kadastrofik sağlık harcamalarının bireysel ve kurumsal yıkımları ortadan kaldırılmış olacaktır. Koruyucu sağlık hizmetleri tedavi edici sağlık hizmetlerine karşın göreceli olarak daha ekonomiktir.

Sağlık yatırımlarının birincil korunmaya dönük yapılması, tedavi edici sağlık hizmetlerine olan talebin azalmasına neden olacaktır. Böylece kaynakların tedaviden daha çok tanı cihazlarına aktarılması sağlanabilecektir. Bu da kaynakların daha etkin kullanılacak koruyucu hizmetlerin sunulduğu birimlere kaydırılmasını sağlayacaktır. Böylece sağlık kuruluşlarının kaynak kullanımını verimli bir şekilde gerçekleştirmesi sağlanacaktır. Dolayısı ile kaynak tahsis verimliliğinin sağlanması ile elzem olan diğer sağlık teknolojilerinin alınması için gerekli yeterli kaynak ayrılacaktır. Sağlık politikacılarının, sağlık yöneticilerinin tıbbi tanı ve tedavi cihazlarının hastanelerdeki düşük payının yüksek bir harcama oranı ile ilişkili olduğu gerçeğini unutmadan kanıta dayalı politikalar üretmesi gereklidir. Bunu sağlayacak olan şey ise, konu ile ilgili bilimsel çalışmaların yapılarak karar verici ve yöneticilere kanıt sunulmasıdır.

## YAZARLARIN BEYANI

**Katkı Oranı Beyanı:** Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamıştır.

**Destek ve Teşekkür Beyanı:** Çalışmada herhangi bir kurum ya da kuruluştan destek alınmamıştır.

**Çatışma Beyanı:** Çalışmada herhangi bir potansiyel çıkar çatışması söz konusu değildir.

## KAYNAKÇA

Abdel-Wahab, M., Gondhowiardjo, S. S., Rosa, A. A., Lievens, Y., El-Haj, N., Polo Rubio, J. A., ... ve Gospodarowicz, M. (2021). Global radiotherapy: Current status and future directions—white paper. *JCO Global Oncology*, 7, 827-842.

Anderson, G. F., Frogner, B. K., ve Reinhardt, U. E. (2007). *Health spending in OECD countries in 2004: An update*. Health Affairs (Project Hope), <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17848460/> adresinden 17 Şubat 2023 tarihinde alınmıştır.

- Abernethy, A. L., Adams, M., Barrett, C., Bechtel, P., Brennan, A., Butte, J., Faulkner, E., Fontaine, S., Friedhoff, J., Halamka, M., Howell, K., Johnson, P. Lee, P., Long, D., McGraw, R., Miller, J., Perlin, D., Rucker, L., Sandy, L., Savage, L., Stump, P., Tang, E., Topol, R. ve Tuckson, K. V. (2022). *The promise of digital health: Then, now, and the future*. NAM Perspectives. Discussion Paper, National Academy of Medicine, Washington, DC. <https://doi.org/10.31478/202206e>.
- Baltagi, B. H. (1998). Panel data methods. *Handbook of applied economic statistics* içinde (s. 311-323). CRC Press.
- Chambers, J. D., Silver, M. C., Berklein, F. C., Cohen, J. T. ve Neumann, P. J. (2022). *Are medical devices cost-effective? Applied health economics and health policy*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34820784/> adresinden 17 Şubat 2023 tarihinde alınmıştır.
- Calcoen, P., Boer, A., Van De Ven, W. P. M. M. (2017). Should new health technology be available only for patients able and willing to pay?. *J Mark Access Health Policy*, 5(1), 1315294. <https://doi.org/10.1080/20016689.2017.1315294>
- Driscoll, J. C. ve Kraay, A. C. (1998). Consistent covariance matrix estimation with spatially dependent panel data. *Review of Economics and Statistics*, 80(4), 549-560.
- Dökmen, G. (2012). Yolsuzlukların vergi gelirleri üzerindeki etkisi: dinamik panel veri analizi. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 13(1), 41-51.
- European Commission. (2019). *Health and food safety. Task shifting and health system design report of the expert panel on effective ways of investing in health (EXPH)*. [https://commission.europa.eu/about-european-commission/departments-and-executive-agencies/health-and-food-safety\\_en](https://commission.europa.eu/about-european-commission/departments-and-executive-agencies/health-and-food-safety_en) adresinden 26 Mart 2023 tarihinde alınmıştır.
- Eastman, R. C., Leptien, A. D. ve Chase, H. P. (2003). Cost-effectiveness of use of the GlucoWatch Biographer in children and adolescents with type 1 diabetes: A preliminary analysis based on a randomized controlled trial. *Pediatr Diabetes*, 4(2), 82-86. <https://doi.org/10.1034/j.1399-5448.2003.00011.x>
- Ekman, M., Sjögren, I. ve James, S. (2006). Cost-effectiveness of the Taxus paclitaxel-eluting stent in the Swedish healthcare system. *Scandinavian Cardiovascular Journal*, 40(1), 17-24. <https://doi.org/10.1080/14017430500296323>
- Farebrother, R. W. (1981). The Durbin-Watson test for serial correlation when there is no intercept in the regression. *Econometrica*, 49(1), 277. <https://doi.org/10.2307/1911150>
- Ferguson, M., Kim, M., Patel, P. ve Stockwell, B. (2014). The impact of medical device use on hospital costs. *Value in Health*, 17(3), A2.
- Gelijns Annetine, C. ve Ethan A. H. (1991). *The diffusion of new technology: Costs and benefits to health care*. National Academies Press (US), <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK234309/> adresinden 17 Şubat 2023 tarihinde alınmıştır.
- Giraldes, M. R. (2010). Evaluation of new technologies pet/ct nuclear imaging. *Acta Medica Portuguesa*, 23(2), 291-310.
- Hachamovitch, R., James, R., Johnson, M. A. Hlatky vd. (2009). The study of myocardial perfusion and coronary anatomy imaging roles in cad (spare): Design, rationale, and baseline patient characteristics of a prospective, multicenter observational registry comparing PET, SPECT, and CTA for resource utilization and clinical outcomes. *Journal of Nuclear Cardiology*, 16(6), 935-948.

- Hoechle, D. (2007). Robust standard errors for panel regressions with cross-sectional dependence. *The Stata Journal*, 7(3), 281-312.
- Hadian, M., Alireza J., Elaheh, M. ve Marziyeh, N. (2021). What is the impact of clinical guidelines on imaging costs?. *Journal of Education and Health Promotion*, 10.
- Hashmi, R. ve Alam, K. (2019). Dynamic relationship among environmental regulation, innovation, CO2 emissions, population, and economic growth in OECD countries: A panel investigation. *Journal of Cleaner Production*, 231, 1100-1109.
- Jonsson, E. ve David, B. (1999). Management of health technologies: An international view. *BMJ : British Medical Journal*, 319(7220), 1293.
- Jing, R., Xu, T., Lai, X., Mahmoudi, E. ve Fang, H. (2019). Technical efficiency of public and private hospitals in beijing, China: A comparative study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(1), 82. <https://doi.org/10.3390/ijerph17010082>
- Krämer, W. (2011). Durbin–watson test. M. Lovric (Ed.) *International encyclopedia of statistical science*. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-04898-2\\_219](https://doi.org/10.1007/978-3-642-04898-2_219)
- Kumar, R. K. (2011). Technology and healthcare costs. *Annals of Pediatric Cardiology*, 4(1), 84–86.
- Konak, A. ve Demir, M. A. (2019). Türkiye'nin BRICS ülkeleri ile ticaretinin analizi: Çekim modeli uygulaması. *Uluslararası Bankacılık Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 2(2), 43-70.
- Karagöz, H. ve Şener, S. (2023). Sanayi sektörü önemini yitirdi mi? İhracat ve rekabet gücü ekseninde bir inceleme. *İstanbul İktisat Dergisi*, 73(1), 307-331.
- Kane, J. M. (2014). Technology-based interventions in health care. *Epidemiol Psychiatr Sci*, 23(4), 323-6. <https://doi.org/10.1017/S2045796014000444>
- Le, T. H., Le, H. C. ve Taghizadeh-Hesary, F. (2020). Does financial inclusion impact CO2 emissions? Evidence from Asia. *Finance Research Letters*, 34, 101451.
- Lim, C. T. (2020). Future of healthdiagnostics. *View*, 1, e3. <https://doi.org/10.1002/viw2.3>.
- Luitel, N. P., Jordans, M. J. D., Subba, P. ve Komproe, I. H. (2020). Perception of service users and their caregivers on primary care-based mental health services: A qualitative study in Nepal. *BMC Family Practice*, 21, 1-11. <https://doi.org/10.1186/s12875-020-01266-y>.
- Marino, A. ve Luca, L. (2019). *The impact of technological advancements on health spending - a literature review*. (OECD Health Working Paper No. 113 / JT03450328). OECD. [https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=DELSA/HEA/WD/HWP\(2019\)6&docLanguage=En](https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=DELSA/HEA/WD/HWP(2019)6&docLanguage=En)
- Mason, P. (2020). *Tourism impacts, planning and management* (4th ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429273544>
- Meyer, M., Nance Jr, J. W., Schoepf, U. J., Moscariello, A., Weininger, M., Rowe, G. W., ... ve Henzler, T. (2012). Cost-effectiveness of substituting dual-energy CT for SPECT in the assessment of myocardial perfusion for the workup of coronary artery disease. *European Journal of Radiology*, 81(12), 3719-3725.

- Ming, J., He, Y., Yang, Y., Hu, M., Zhao, X., Liu, J., ... ve Chen, Y. (2022). Health technology assessment of medical devices: Current landscape, challenges, and a way forward. *Cost Effectiveness and Resource Allocation*, 20(1), 1-9.
- Newhouse, J. P. (1992). Medical care costs: How much welfare loss?. *Journal of Economic Perspectives*, 6(3), 3-21.
- Newman-Toker, D. E., Kathryn, M., McDonald, M. ve David, O. M. (2013). How much diagnostic safety can we afford, and how should we decide? A health economics perspective. *BMJ Quality & Safety*, 22(Suppl 2), ii11-ii20.
- OECD. (2016). *Scoping paper on health system efficiency measurement (cooperation between the OECD and EC in promoting efficiency in health care)*. <https://www.oecd.org/els/health-systems/Scoping-Paper-Measuring-efficiency-in-health-system.pdf> adresinden 3 Aralık 2023 tarihinde alınmıştır.
- Otavova, R., Vojtech, K., Pavla, H. ve Vladimír, R. (2015). Cost-effectiveness studies on medical devices: Application in cardiology. In bioinformatics and biomedical engineering. Francisco Ortuño and Ignacio Rojas, eds, Springer International Publishing, 163–174.
- Otavova, R., Kamensky, V., Hasenohrlova, P. ve Rogalewicz, V. (2015). Cost-effectiveness studies on medical devices: Application in cardiology. *Bioinformatics and Biomedical Engineering: Third International Conference, IWBBIO 2015* (s. 163-174). Granada, Spain, April 15-17, 2015, Proceedings, Part I 3. Springer International Publishing.
- Pammolli, F., Massimo, R., Claudia, O. vd. (2005). *Medical devices competitiveness and impact on public health expenditure*. MPRA Paper. <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/16021/> adresinden 17 Şubat 2023 tarihinde alınmıştır.
- Polisena, J., Dinsie, W. ve Oriana C. (2020). Health technology assessment of medical devices. E. Iadanza (Ed.), *Clinical engineering handbook* (Second Edition) içinde (s. 795–798). Academic Press.
- Rohr, U. P., Binder, C., Dieterle, T., Giusti, F., Messina, C. G. M., Toerien, E., ... ve Schäfer, H. H. (2016). The value of in vitro diagnostic testing in medical practice: A status report. *PloS one*, 11(3), e0149856.
- Sharma, A., Harrington, R. A., McClellan, M. B., Turakhia, M. P., Eapen, Z. J., Steinhubl, S., ... ve Peterson, E. D. (2018). Using digital health technology to better generate evidence and deliver evidence-based care. *Journal of the American College of Cardiology*, 71(23), 2680-2690. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.03.523>
- Sargan, J. D. (1958). The estimation of economic relationships using instrumental variables. *Econometrica*, 26(3), 393. <https://doi.org/10.2307/1907619>.
- Sarafidis ve Wansbeek, T. (2012). Cross-sectional dependence in panel data analysis. *Econometric Reviews*, 31(5), 483-531.
- Sertkaya, A., Rebecca, D., Amber, J. ve Trinidad, B. (2022). Estimated cost of developing a therapeutic complex medical device in the US. *JAMA Network Open*, 5(9), e2231609–e2231609.
- Smith-Bindman, R., Kwan, M. L., Marlow, E. C., Theis, M. K., Bolch, W., Cheng, S. Y., ... ve Miglioretti, D. L. (2019). Trends in use of medical imaging in US health care systems and in Ontario, Canada, 2000-2016. *Jama*, 322(9), 843-856.
- Sorenson, C., Michael, D. ve Beena, B. K. (2013). Medical technology as a key driver of rising health expenditure: Disentangling the relationship. *ClinicoEconomics and Outcomes Research: CEOR*, 5, 223–234.

- Tabachnick, B. G. ve Fidell, L. S. (2013). *Using multivariate statistics* (6th ed.). Pearson Education Inc.
- Vasudevan, S., Saha, A., Tarver, M. E. ve Patel, B. (2022). Digital biomarkers: convergence of digital health technologies and biomarkers. *NPJ Digital Medicine*, 5(1), 36. <https://doi.org/10.1038/s41746-022-00583-z>
- Van Der Pol, S., Paula Rojas, G., Fernando Antoñanzas, V., Maarten, J. P. ve Van Asselt Antoinette, D. I. (2021). Health-economic analyses of diagnostics: Guidance on design and reporting. *Pharmaco Economics*, 39(12), 1355–1363.
- Wang, F. (2018). The roles of preventive and curative health care in economic development. *PLoS ONE*, 13(11), e0206808.
- Wong, E., Mavondo, F. ve Fisher, J. (2020). Patient feedback to improve quality of patient-centred care in public hospitals: A systematic review of the evidence. *BMC Health Services Research*, 20(1), 530. <https://doi.org/10.1186/s12913-020-05383-3>
- Wurcel, V., Cicchetti, A., Garrison, L., Kip, M. M. A., Koffijberg, H., Kolbe, A. ve Zamora, B. (2019). The value of diagnostic information in personalised healthcare: A comprehensive concept to facilitate bringing this technology into healthcare systems. *Public Health Genomics*, 1–8. <https://doi.org/10.1159/000501832>.
- Yerdelen Tatoğlu, F. (2018), *Panel veri ekonometrisi: Stata uygulamalı* (4. Baskı). Beta Yayınevi.