

## UZAY VE TIP NEREDEYİZ? NE YAPMALIYIZ?

### SPACE AND MEDICINE WHERE ARE WE? WHAT SHOULD WE DO?

İrem Gül EKŞİ<sup>1</sup>, İrem BOZTEPE<sup>1</sup>, Deniz KURBAN<sup>1</sup>, Leyla ÖZCAN<sup>1</sup>, İsmail UÇAR<sup>1</sup>, Kamil Burak BİLGİN<sup>1</sup>, Önder ÖZTÜRK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi, Isparta

<sup>2</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Göğüs Hastalıkları ABD, Isparta

**Cite this article as:** Ekşi İG, Boztepe İ, Kurban D, Özcan L, Uçar İ, Bilgin KB, Öztürk Ö. Space and medicine where are we? What should we do?. Med J SDU 2019; 26(4): 498-504.

#### Öz

İlk çağlardan itibaren insanoğlu gökyüzündeki yıldızları merak etmiştir. Teknolojinin ilerlemesi ile birlikte bu merak daha da artmış ve 20. yüzyılda iki süper gücün başlattığı uzay çalışmalarına birçok ülkenin katılmasıyla ortak çalışmalar yürütülmeye başlanmıştır. Uzaydaki faaliyetlerin artması ve bununla ilgili sorunların oluşması, bu sorunların çözümlenebilmesi için de kendisine özgün bir hukukun ve politikanın oluşmasına ihtiyaç duyulmuştur. Ne yazık ki ülkemiz uzay ile ilgili çalışmalara geç kalmış olsa bile, günümüzde yapılan bazı çalışmalarla bu açığı kapatmaya çalışmaktadır. Fakat bu süreç nasıl yürütülmeli, hangi alanlara öncelik verilmeli, ülkemize ait nasıl bir uzay politikası olmalıdır? Bu makalede ülkelerin uzay politikaları ve çalışmaları incelenirken, uzay tıbbının gelişimi de araştırılarak, ülkemizin uzay politikasında ve uzay çalışmalarında hangi alanlara önceliğin verilmesi gerektiği irdelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Uzay politikası, uzay çalışmaları, uzay ajansı, uzay tıbbı

#### Abstract

From the earliest ages, mankind wondered about the stars in the sky. With the advancement of technology, this curiosity has increased and in the twentieth century, the space studies initiated by two superpowers have begun with the participation of many countries. A specific law and policy were needed in order to solve the problems related to increased activity in space. Even though our country is late for the studies on space, it is trying to close this gap with some studies done today. But how should this process be carried out, which areas should be prioritized, and what kind of space policy should our country have? In this article, while examining the space policies and studies of the countries, the development of space medicine was investigated and it was examined which areas should be given priority in space politics and space studies of our country.

**Keywords:** Space politics, space studies, the space agency, space medicine

#### Giriş

İnsanlar yüzyıllardır her gece gökyüzüne bakarak görülen nesnelerin doğasını merak etmişlerdir. İnsanoğlunun ilk çağlardan beri süre gelen bu merakı, teknolojiye ileriye giden sonuca ancak 20. yüzyılda görünenin ötesine geçmiş ve uzayı keşfetme heyecanı almıştır.

İnsanoğlunun uzay uçuşlarını gerçekleştirmesi ile birlikte evrenin geri kalanını keşfetme imkanı, elde edilen verilerin insanlığın yararı için kullanılması gerekliliğine yol açmıştır. Tüm bu aktiviteler keşif, bilimsel anlayış, ve bu anlayışın insanlığın yararı için kullanılması uzay keşfinin unsurlarını oluşturmaktadır (1).

**İletişim kurulacak yazar/Corresponding author:** onderozturk@sdu.edu.tr

**Müracaat tarihi/Application Date:** 21.05.2019 • **Kabul tarihi/Accepted Date:** 04.10.2019

Available online at <http://dergipark.gov.tr/sdutfd>

Makaleye <http://dergipark.gov.tr/sdutfd> web sayfasından ulaşılabilir.

### Uzay: Bilinmezliğe Doğru Olan Bir Yolculuk

Antik dönemlerden beri insanların merakını uyandıran uzay ile ilgili ilk çalışmalar edebiyat alanındaki çalışmalarla başlamıştır. İlk olarak Cyrano de Bergerac'ın edebi eserlerinde aya ve güneşe yapılan seyahatlerden bahsederken, 200 yıl sonra Jules Verne ve H.G Wells tarafından yazılan kitaplarda ise uzaya yapılan seyahatler ve dünya dışı varlıklardan bahsetmekteydiler. Kurgusal, hayali olan bu yolculuklar 20. yy başlarında roket teknolojisinde yapılan gelişmelerle gerçeğe dönüşmüştür. Özellikle Tsiolkovsky, Goddard ve Oberth'in çalışmaları önemli rol oynamıştır. Uzayın keşfi için yapılan ilk çalışmalara baktığımızda özellikle; Amerika Birleşik Devletleri ve Sovyet Sosyalist Cumhuriyeti Birliği (SSCB) başı çekmekteydi. Uzayın keşfindeki önemli dönüm noktaları Tablo 1'de gösterilmiştir.

Sovyet Sosyalist Cumhuriyeti Birliği tarafından 04 Ekim 1957 yılında uzaya yolladığı ilk uydu Sputnik 1 ile dış uzayın keşfi ve devletler tarafından kullanımı başladı. Devletler uzay çalışmalarını yürütebilmek için sivil ve/veya askeri olan uzay organizasyonları kurdular. Amerika Birleşik Devletlerinde NASA, Rusya'da Roskosmos, Avrupa da ESA, Japonya'da JAXA gibi organizasyonlar uzayın keşfi için bilimsel çalışmaların yapılması, projelerin üretilmesi için kurulmuş olan organizasyonlardır (1). "Uzay Yarışı" adı verilen bu dönemde dış uzayın barışçıl amaçlarla kullanıldığından emin olmak isteyen diğer ülkeler konuyu Birleşmiş Milletlere taşımışlardı. 18 Aralık 1958 tarihinde toplanan Birleşmiş Milletler Genel Kurulu 1348 (XIII) sayılı karar ile uzayın barışçıl amaçla kullanılmasının önemini vurgulamışlardır. Bu amaçla da Birleşmiş Milletler Dış Uzayın Barışçıl Amaçlarla Kullanımı Komitesi'nin (UNCOPUOS) kurulmasına karar verdi. Bu komite 1959 yılında faaliyete geçti. Kısaca amacı tüm insanlık yararına uzayın keşfi ve kullanımına yönelik çalışmaları izlemek ve işbirliği çabalarını koordine etmektir. Türkiye'de UBAKK (Uzayın Barışçıl Amaçlarla Kullanılması Komitesi) olarak bilinmektedir. Bu komitenin faaliyetleri Birleşmiş Milletler Uzay İşleri Ofisi (UNOOSA: United Nations Office of Outer Space Affairs) tarafından yürütülmektedir. 1962 yılında "hukuk alt komitesi" ile "bilim ve teknoloji alt komitesi" olmak üzere iki alt komiteye ayrıldı. Komite, uzaya ilişkin hukuki ve teknik konuların Birleşmiş Milletler nezdinde tartışılacağı ve karara bağlanacağı ilk platformdur (2). Uzay Hukuku'nun kaynaklarını uluslararası antlaşmalar oluşturur. Bunlardan 5 tanesi BM nezdinde imzalanmıştır (Tablo 2), (2).

İlk anlaşma OST (Outer Space Treaty), uzayın kullanımını ve keşfine yönelik uluslararası temel ilkeleri belirlemektedir. Uzay Hukuku'nun anayasası olarak kabul edilir. Bu anlaşmaya göre; uzayı barışçıl amaçlarla

keşfedeceğiz ve kullanacağız, kitle imha silahlarını yörüngeye koyamazsınız, der. Bu anlaşmadaki birçok önemli terim tanım yapılmadan kullanılmıştır. Bu terimlerin en başında "uzay sahası" (outer space) gelir. OST ve onu takip eden, uzay faaliyetlerini düzenleyici hiçbir anlaşmada, hava sahasının nerede bittiği ve uzayın nerede başladığı tanımlanmaz.

İkinci anlaşma Kurtarma anlaşmasıdır. Kaza, tehlikeli durum veya zorunlu iniş hallerinde astronotlara her türlü yardımın yapılması, kurtarılması ve uzaydan geri gelen uzay aracının geri verilmesini kapsar.

Üçüncü anlaşma ise uzay araçlarından kaynaklanan zararlara ilişkin sorumluluk konusudur. X ülkesi uzaya bir şey fırlattı. Kaza oldu ve bir yere zarar verdi. Zararı kim tazmin edecek? Sorumlu kim?

Dördüncü anlaşma tescil (kayıt) meselesi ile ilgilidir. Birleşmiş Milletler uzaya ne gönderiliyorsa, bildirilmesini istemektedir. Böylelikle bir kaza olduğunda bu kazanın sebebi hangi uyduduydu veya yörüngedeki hangi cisimdir bilinmesi istenir. Ancak uygulamada kayıt yapma işlemi tam çalışmamaktadır. Örneğin; casus uyduların kaydı bildirilmemektedir. Biz de Göktürk-2'yi bildirmiş değiliz (2).

Bu kanunların hukuki bağlayıcılığı bulunmamaktadır. Türkiye bu beş uzay anlaşmasının tamamına taraf olmuştur. Fakat Türkiye'de bu konuda çalışan hukukçular çok azdır. 1960'larda Prof. Dr. Seha Meray uzay hukuku üzerine çalışmış. 1964'te basılmış, "Uzay ve Milletlerarası Hukuk" kitabı mevcuttur. Bir diğer isim Prof. Dr. Mesut Önen'dir. Şimdilerde ise tek tük çalışan bulunmaktadır. Master tezleri yapanlar var, ama bizzat bu konuda doktora yapan çok azdır. Uzay faaliyetlerimiz arttıkça bu işe bakan hukukçularımızın artacağı beklenmektedir (2).

### Türkiye Uzay Konusunda Nerede?

Bilim insanlarına göre Türkiye uzay çalışmalarında belli bir mesafe kat etse de henüz olması gereken yerde değildir. Türkiye 1994 yılında ilk uydusu TÜRK SAT 1A'yı uzaya fırlatmış, ancak roketteki arıza nedeniyle uydu kısa süre sonra okyanusun sularına gömülmüştü. Fakat aynı yıl TÜRK SAT 1B uydusu yörüngeye oturtulmuştur. O zamandan bu yana Türkiye uydu çalışmalarına devam etmektedir. Uzayda uydu sahibi olan 30 ülkeden biri olan Türkiye'nin; üçü haberleşme (TÜRK SAT-3A, TÜRK SAT-4A, TÜRK SAT-4B) ve ikisi gözlem (GÖKTÜRK-2 VE RASAT) olmak üzere aktif 5 uydusu bulunuyor. Türkiye'nin TÜRK SAT-1B, TÜRK SAT-1C, TÜRK SAT-2A isimli 3 haberleşme uydusu ve BİLSAT isimli 1 gözlem uydusu olmak üzere toplam 4 uydusu ömrünü tamamlamıştır. Türkiye'nin ilk yerli

Tablo 1 Uzayın keşfindeki önemli dönüm noktaları (1).

Tarih	Olay	Ayrıntılar	Ülke veya ajans
04 Ekim 1957	İlk uydu	Sputnik 1	SSCB
03 Kasım 1957	Uzaya gönderilen ilk hayvan	Laika adlı köpek Sputnik 2 ile	SSCB
14 Eylül 1959	Sert araziye iniş (Ay) yapan ilk uzay aracı	Luna 2	SSCB
07 Ekim 1959	Ay'ın karanlık tarafının ilk fotoğrafları	Luna 3	SSCB
01 Nisan 1960	İlk uygulama uydusunun gönderilmesi	TIROS 1 (hava tahmin uydusu)	ABD
11 Ağustos 1960	Dünya yörüngesinden geri dönüş	Discoverer 13 (Corona keşiflerinin bir parçası) uydu programı)	ABD
12 Nisan 1961	Dünya yörüngesindeki ilk insan	Yury Gagarin Vostok 1 ile	SSCB
14 Aralık 1962	Diğer bir gezegenden (Venüs) ilk bilgilerin alınması	Mariner 2	ABD
16 Haziran 1963	Uzaydaki ilk kadın	Valentina Tereshkova Vostok 6 ile	SSCB
26 Temmuz 1963	Coğrafi bölgede faaliyet gösteren yörüngedeki ilk uyku	Syncom 2 (telekomünikasyon uydusu)	ABD
18 Mart 1965	Uzaydaki ilk yürüyüş	Aleksey Leonov Voskhod 2 ile	SSCB
14 Temmuz 1965	Mars'a gönderilen uzay aracından ilk fotoğraflar	Mariner 4	ABD
03 Şubat 1966	Aya yumuşak iniş	Luna 9	SSCB
24 Nisan 1967	Uzay çalışmalarındaki ilk kayıp	Vladimir Komarov Soyuz 1 ile	SSCB
24 Aralık 1968	Ay yörüngesindeki ilk insan	Frank Borman, James Lovell, ve William Anders Apollo 8 ile	ABD
20 Temmuz 1969	Ay'da ilk insan yürüyüşü	Neil Armstrong Apollo 11 ile	ABD
24 Eylül 1970	İnsansız uzay aracı ile ay örneklerinin geri getirilmesi	Luna 6	SSCB
15 Aralık 1970	Diğer bir gezegene (Venüs) ilk iniş	Venera 7	SSCB
19 Nisan 1971	İlk uzay üssünün fırlatılması	Salyut 1	SSCB
13 Kasım 1971	Mars yörüngesine ilk uzay aracının gönderilmesi	Mariner 9	ABD
02 Aralık 1971	Mars'ın yumuşak yüzeyine ilk uzay aracı	Mars 3	SCB
03 Aralık 1973	Jüpiter'e ilk uzay aracı gönderilmesi	Pioneer 10	ABD
17 Temmuz 1975	Uzaydaki ilk kenetlenme	Apollo ve Soyuz uzay aracı arasında ApolloSoyuz Test Projesi sırasında	ABD, SSCB
20 Temmuz 1976	Mars'tan ilk fotoğraflar	Viking 1	ABD
01 Eylül 1979	Satürün'e ilk uzay aracının gönderilmesi	Pioneer 11	ABD
12-14 Nisan 1981	Uzaya gönderilen ve geri gelen ilk uzay aracı	Columbia uzay aracı	ABD
24 Ocak 1986	Uranus'e ilk uzay aracı gönderilmesi	Voyager 2	ABD
13 Mart 1986	KuyrukluYıldızın çekirdeğine yakın geçen ilk uzay aracı	Halley Kuyruklu yıldızındaki Giottoya	ABD
24 Ağustos 1989	Neptün'e ilk uzay aracının gönderilmesi	Voyager 2	ABD
25 Nisan 1990	Uzaya ilk teleskop gönderilmesi	Hubble Uzay Teleskobu	ABD
07 Aralık 1995	Jüpiter yörüngesindeki ilk uzay aracı	Galileo	ABD
02 Kasım 2000	Uluslararası uzay üssüne ilk ekibin gönderilmesi	William Shepherd, Yury Gidzenko, ve Sergey Krikalyov	ABD, Rusya
14 Şubat 2000; 12 Şubat 2001	İlk kez asteroidin yörüngesine (2000) bir uzay aracının yerleştirilmesi sonra yüzeyine (2001) uzay aracının indirilmesi	EROS adlı asteroidde NEAR	ABD
21 Haziran 2001	Özel olarak finanse edilen ilk kişisel suborbital yükseklikteki uzay aracı 100 km'nin üzerinde (62 mil)	Mike Melvill SpaceShipOne	Mojave Havacılık Girişimler (ticari ortak girişim)
01 Temmuz 2004	Satürün yörüngesindeki ilk uzay aracı	Cassini-Huygens	ABD, Avrupa Uzay Ajansı, İtalya
14 Ocak 2005	Bir başka gezegenin uydusuna ilk iniş (Satürn uydusu Titan)	Cassini-Huygens uzay aracının roketi Huygens	ABD, Avrupa Uzay Ajansı, İtalya
13 Haziran 2010	Asteroide ait örneklerin dünyaya getirilmesi	Hayabusa	Japonya
17 Mart 2011	Merkür yörüngesindeki ilk uzay aracı	Messenger	ABD

Tablo 2 Uluslararası antlaşmalar (2).

	Anlaşma	Kaç madde	Yürürlüğe girdiği tarih	Türkiye'de yürürlüğe girdiği tarih
1	Uzay Anlaşması (Outer Space Treaty)	17	10 Ekim 1967	27 Mayıs 1968
2	Astronotların kurtarılması (Rescue Agreement)	10	03 Aralık 1968	21 Eylül 2006
3	Uluslararası sorumluluk (Liability convention)	28	01 Eylül 1972	20 Aralık 2006
4	Uzaya fırlatılan cisimlerin tescili (Registration Convention)	12	15 Eylül 1976	03 Mayıs 2004
5	Ay Anlaşması (Moon Agreement)	21	11 Temmuz 1984	23 Şubat 2011

ve milli uydusu olan RASAT, 2011 yılında yörüngeye yerleştirilmiş. 2020 yılında ise İMECE adlı uydunun yörüngeye yerleştirilmesi planlanmaktadır (3).

Ülkemizde uzayı araştıran ve bu konuda çalışan birçok bilim insanı bulunmaktadır;

Feryal Özel; İstanbul'da 1975 yılında doğdu. Astrofizik üzerine yazdığı doktora tezi çok yankı uyarması üzerine, 2002-2005 yılları arasında NASA İleri Araştırmalar Enstitüsü'nde görev yaptı. Türkiye'de "Bilim Akademisi" üyesi olan Feryal Özel, 2003 yılında "Büyük Fikirler" listesinde yer aldı. 2012 yılında Harvard Radcliffe Enstitüsüne, 2014 yılında Berkeley Miller Enstitüsüne üye seçildi. Arizona Üniversitesi'nde astronomi ve fizik dersleri veren ve özellikle Kara Delikler'i araştıran bir astrofizik profesörüdür (4).

Neva Çiftçioğlu; 1963 yılında Erzurum'da doğan Neva Çiftçioğlu, kireçlenmelerin sebebi olan "nanobakterileri" buldu. Aynı mikrobu Mars'ta da keşfetmesi sebebiyle Amerikan Uzay ve Havacılık Dairesi (NASA) tarafından birlikte çalışmak için davet edildi. İki buçuk yıldır ABD'nin kalbine girmeyi başaran tek Türk kadınıdır (5).

Umut Yıldız; NASA'nın Kaliforniya eyaletinde Jet Propulsion Laboratory (JPL) bölümünde çalışan Umut Yıldız'ın ilgi alanları molekül astrofizik, yıldız oluşumu, molekül bulutları, veri madenciliği ve uzay haberleşmesidir (6).

Burçin Mutlu-Pakdil; Galaksilerin yapılarını inceleyerek evrenin şimdiki haline nasıl geldiğini anlamaya çalışmaktadır. En son yaptığı çalışmayla ilk defa çift halka yapılı bir eliptik galaksinin tanımını yapmıştır.

Bu çalışması dünya basınında büyük yer almıştır. Ağustos 2017'den itibaren Arizona Üniversitesi'nde doktora sonrası araştırmacı olarak çalışmalarına devam etmektedir (7).

Bülent Kızıltan; California Üniversitesi'nde radyo gözlemleri ve kurumsal çalışmaları ile yüksek lisans ve doktorasını tamamladı. NASA'nın uzayda bulunan Hubble teleskopu ile optik gözlemler üzerine araştırmalar yaptı. CFA'daki ekibiyle birlikte Tukan Takımıydızı (Tucane 47) içinde orta kütleli ilk karadeliği bulan bilim insanı oldu. Harvard Üniversitesi'nde halen ders veren Kızıltan'ın geliştirdiği yöntemle, uzayı bükebilecek kadar yoğun nötron yıldızlarının "sesleri", eskisine oranla tam 1 milyon kez daha net duyulabiliyor (8).

Betül Kaçar; NASA'nın burs verdiği ilk Türk Bilim kadınıdır. Harvard Üniversitesi öğretim üyesi olarak çalışırken, astrobiyoloji çalışmaları için profesörlük teklifi aldığı Arizona Üniversitesi'nde bulunmaktadır. Burada meteor ve asteroidlere inen ve oradan örnekler alarak dünyaya geri dönecek robotların getirdiği örnekleri analiz ederek canlı yaşamın varlığını araştıracaktır (9).

Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü Öğretim Üyesi Yrd. Doç. Dr. Mesut Yılmaz, Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Selim Osman Selam, Ege Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Varol Keskin ve Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü'nde doktora öğrencisi İbrahim Özavcı ile beraber Jüpiter benzeri bir Güneş dışı gezegeni (Öte-gezegen) keşfettiler (10).

Uzay ile ilgili bilimsel çalışmalarda bulunan Türk bilim insanı olmasına rağmen yakın zamana kadar uzay ile ilgili bir mevzuatımız, hatta bir ajansımız bulunmaktaydı.

Uzay Ajansının yokluğu 13 Aralık 2018 tarih ve 23 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararnamesinin Resmi Gazete'de yayınlanmasıyla ortadan kalkmıştır. Kararname ile idari ve mali özerkliğe sahip, özel bütçeli bir kurum olarak kurulan Türkiye Uzay Ajansı (TUA)'nın öncelikli görevleri arasında Milli Uzay Programı'nın hazırlanması ve takibi, havacılık ve uzay alanındaki orta ve uzun vadeli stratejilerin belirlenmesi, uluslararası kuruluşlar nezdinde temsil ve koordinasyon ile uzaya yönelik araştırma geliştirme (ArGe) projelerinin hazırlanması ve desteklenmesi yer almaktadır (3).

### Türkiye Ulusal Bir Uzay Ajansına Neden Sahip Olmalıdır?

Havacılık-uzay, doğası gereği çok farklı disiplinleri bir araya getiren, ileri teknolojinin en yoğun kullanıldığı sektörlerdir. Dünyadaki diğer muadilleri incelediğimizde uzay ajanslarının en önemli işlevlerinin ulusal bir uzay stratejisi ve bu kapsamda uzaya yönelik bir bilim ve teknoloji politikası oluşturmak olduğu görülmektedir.

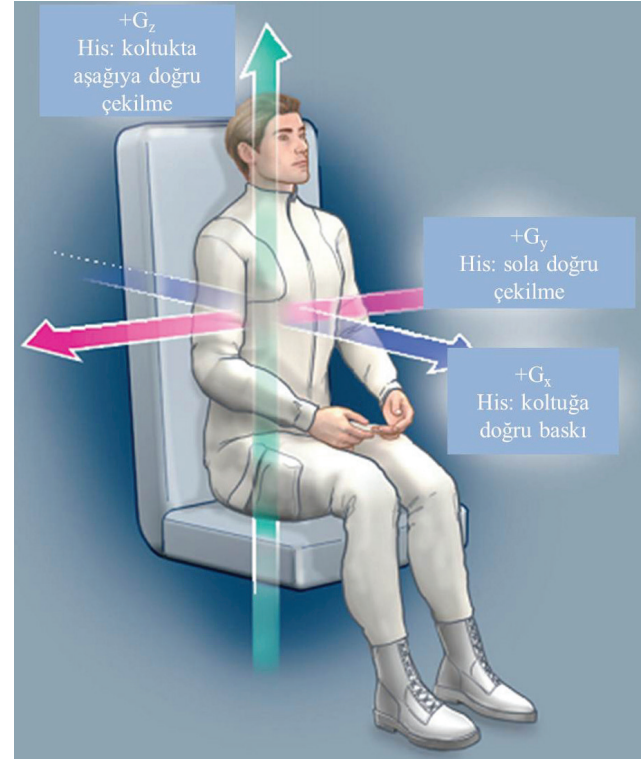
Son yıllarda teknolojideki gelişmelere bağlı olarak uzayın kullanımında iki eğilimin öne çıkmıştır; uzayın ticarileşmesi ve askerileşmesidir. Bu bağlamda TUA askeri, ticari, endüstriyel, kamusal ve akademik paydaşlar arasında bir eşgüdüm mekanizması işlevine sahip olacaktır. Dolayısıyla bu unsurlara karşı yönelebilecek her türlü doğal ya da insan yapısı tehdit ve riskin önceden belirlenmesi, analizi ve acil durum eylem planlarının hazırlanması, riskin yönetilmesi ve nihayetinde bertaraf edilmesi için uzay ajansı kritik bir önem taşımaktadır. Yörünge ve frekans tahsisi, hukuki mevzuatın oluşturulması, düzenleyici anlaşmaların imzalanması ile araştırma-geliştirme projelerine katılım gibi durumlarda hak ve menfaatlerin korunmasında uzay ajansının kritik bir önemi olacaktır. Daha da önemlisi, bu alanda nitelikli insan gücünün yetiştirilmesi ve buna yönelik akademik planın oluşturulmasına katkı sağlayacaktır (3).

### Uzay ve Tıp

Uzay tıbbı, insanoğlunun uzayı keşfine destek olmak amacıyla ilk olarak 1950 yılında tıbbın bir dalı olarak ortaya çıkmıştır. İlk yapılan çalışmalarda mikro yerçekiminin insan fizyolojisi üzerine olan etkileri incelenmiştir. Günümüzde mikroyerçekiminin insanlarda denge bozukluğuna, kardiyovasküler kondisyon kaybına, kemik mineralizasyonunda azalmaya, kas atrofisine (kullanmamaya bağlı) neden olduğu bilinmektedir.

Fakat uçuş sürelerinin uzaması ile birlikte mikro yerçekiminin, radyasyonun ve izolasyonun insanlar üzerindeki etkileri araştırılmaktadır (11). Tablo 3'te uzay uçuşunun türüne göre oluşabilecek tıbbi ve çevresel sorunlar görülmektedir (12).

İnsan vücudundaki değişimler uzay yolcuğunun başlangıcında; fırlatma sırasında ve roket ile uzaya çıkarken başlamakta, uzay aracındaki kişiler artmış gürültü, titreşim ve ivme kuvvetlerine maruz kalmaktadırlar. Bu atalet ivmesi kuvvetlerinin süresi, yoğunluğu ve yönü araçların şekline ve araçtaki kişilerin konumlandırılmasına bağlıdır. En sık kullanılan ve fizyolojik olarak tercih edilen konumlandırma sırt- göğüs atalet ivmesi (+G<sub>x</sub>), ayak parmağı-baş (+G<sub>z</sub>), kenar-kenar ivmelemesinden (±G<sub>y</sub>) daha çok tercih edilmesine karşın kişide anksiyeteye ve huzursuzluğu neden olabilir (Şekil 1) (12-14). Uzaya çıkışla birlikte mikroyerçekimine bağlı adaptasyon süreci gerçekleşir. Fakat yörüngede uzun süre kalındığında bulantı, kusma, baş ağrısı gibi şikayetleri içeren uzay hareket hastalığı ilk günlerde itibaren görülmektedir. Bu şikayetleri engellemek için antiemetik ilaçlar kullanılır (15). Uzayda kalınan süreye bağlı olarak mikroyerçekimle ilişkili bozukluklar ve adaptasyonlar görülür. Yerçekimin uyardığı hidrostatik basınç yokluğu periferdeki sıvıların santrale doğru çekilmesine neden olur. Oluşan konjesyon sıklıkla baş ağrısı ile karşımıza çıkar. Zaman



Şekil 1

Hızlanma vektörleri ve ilişkili duyumlar (12-14).



Tablo 3 Uzay uçuşunun türüne göre oluşabilecek tıbbi ve çevresel sorunlar (12).

Uçuş türü	Tıbbi zorluklar		Çevresel zorluklar
	Kısa dönem	Uzun dönem	
Suborbital uçuşlar	Anksiyete, fizyolojik faktörler, uzay hareket hastalığı, hipokapni	Az	Gürültü, vibrasyon, akselasyon kuvvetleri, kapatılma, mikroyerçekimi
<b>Alçak Dünya yörüngesi</b>			
Kısa süreli (<48 saat)	Anksiyete, fizyolojik faktörler, uzay hareket hastalığı, hipokapni	Az	Mikroyerçekimine adaptasyon: sıvıların kayması sonucu başağrısı, konjesyon; spinal uzamaya bağlı bel ağrısı
Uzun süreli (≥48 saat)	T hücre fonksiyonunda bozulma, plazma-hacim kayması, nörovestibüler bozulma, kardiyovasküler bozulma,SANS*	Hafif radyasyonun uyardığı SANS (uçuş süresi ile orantılı)	Mikroyerçekimi
<b>Alçak Dünya yörüngesinin ötesinde</b>			
Aya yolculuk (1-2 hafta)	Nörovestibüler bozulma, kardiyovestibüler bozulma,plazma-hacim kayması,SANS, radyasyonun uyardığı değişimler	Radyasyonun uyardığı değişimler, SANS	Mikroyerçekimi, radyasyon,izolasyon
Gezegenler arası (>12 ay)	Radyasyonun uyardığı değişimler, bozulmuş beslenme durumu, nörovestibüler bozulma, kardiyovasküler bozulma, kemik ve kas kaybı, böbrek taşı oluşumu, plazma-hacim kayması,SANS, bozulmuş bağışıklık sistemi	Radyasyonun uyardığı değişimler,bozulmuş kas-iskelet sistemi, SANS	Mikroyerçekimi, radyasyon, izolasyon

\*SANS: uzay uçuşu ile ilişkili nöro-oküler sendrom.

içinde oluşan diürezis sonucu plazma hacmi ve buna bağlı olarak vücut kütlesi azalır. Kardiyovasküler sistemde buna adaptasyon olarak kardiyak outputu artırır.

Baroreseptör düzeyinde cevapların azalması sonucu dünyaya döndüğünde ortostatik hipotansiyon gelişir. Solunum fonksiyonlarında ve gaz değişiminde belirgin bir değişiklik gerçekleşmez çünkü mikroyerçekiminde kişilerin performansı kısıtlanmamalıdır. Bununla birlikte ekshale havasında karbondioksitin artması uygun hava sirkülasyonunun sağlanması ile engellenmeye çalışılmaktadır. Uzayda kalış süresine bağlı olarak diyafragmanın yukarıya doğru yer değiştirmesi fonksiyonel rezidual kapasitede %15, ventilasyonda hafif azalma bunun gaz değişiminde ve alveoler ventilasyonda da hafif değişikliklere neden olur. Uzay yolculuğunda ortamın gürültülü olması, sıkı uygulanan görevler, kardiyak bozukluklar, konjesyon, sırt ağrıları

ve uygun olmayan çevresel faktörler nedeniyle uyku bozuklukları sıklıkla görülür. Uzay yolculuğu uzadıkça Tablo3'teki değişiklikler kişilerde görülecektir (12).

Günümüzdeki uzay tıbbi uzaya çıkan astronotların kısa bir süre içinde tekrardan dünyaya dönecekleri olasılığı üzerine kuruludur. Bu nedenle mikroyerçekimi ortamında ameliyat yapma veya tanısal araştırmalar yapabilecek bir teknoloji uzay araçlarında ve uzay üslerinde bulunmamaktadır. Bunun en önemli sebebi, sıfır yer çekimi, güç kaynağı ve aletlerin büyüklüğü olarak ifade edilmektedir. Bu nedenle tüm çalışmalar aletlerin minyatür hale getirilmesi, uzaktan idare edilen cerrah robotların geliştirilmesi ve enfeksiyonların engellenmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Uzay insanog-lunu nasıl etkileyebiliyorsa, virüsleri ve bakterileri de etkilemektedir. Örnek olarak; virülanlarını ve mikrobiyal büyüme hızlarını arttırmakta, antibiyotiklere direnç gelişmekte, konak dokuda mikrobiyal invazyona

ve genetik yapılarında değişikliklere yol açmaktadır. Uzayda yapılacak bir cerrahi işlemdeki en önemli sorun tehlikeli enfeksiyonlara neden olabilecek mikroorganizmaların virülansını arttırmadan astronotların biran önce iyileşmeleridir. Antibiyotik kullanmadan iyileşmenin sağlanması için çeşitli çalışmalar yapılmış ve en önemli çalışma "cold plasma" olarak ifade edilmektedir. Laboratuvar ortamında birçok bakterinin ölümüne yol açtığı ve yara iyileşmesini hızlandırdığı görülmüştür (11).

Uzay çalışmalarındaki en önemli diğer bir sorun hastalıkların tanısını koyabilmektir. Bu konulu ile ilgili en önemli çalışma "Mikro yerçekimde ultrasonla ileri tanı" araştırmasıdır. Araştırmada astronotların dünyadan aldıkları komutlarla ultrason taramaları, uzayda gerçekleşebilecek sağlık sorunlarını çözmeleri beklenmektedir. Genellikle Uluslararası Uzay İstasyonu'nda doktor bulunmadığı için herhangi bir tıbbi sorunda teşhis koymak zordur. Astronotlar uzayda vurgun, batır travma, kas ve kemik kaybı, uyku bozukluğu ve radyasyondan dolayı yaralanma gibi çeşitli sağlık risklerine açıktır. Ultrason bu tür sorunların tanımlanmasında uzayda eşsiz bir rol oynar. Bu çalışmada öğrenilen teknikler profesyonel ve olimpiik spor sakatlanmalarında kullanılmaktadır. Ayrıca tıp ve lise öğrencileri gibi uzman olmayan operatörlere de bu yöntemler öğretilir. Bu uygulamanın Dünya'da uzman bir doktorun bulunmadığı bir afet anında veya kırsal kesimde kullanılması ön görülmektedir (16).

Uzay yolcuğuna katılan ekibin tıbbi konularda eğitilmiş olması, en azından acil durumlarda nasıl müdahale edeceğini bilmesi gerekmektedir. Gelecekteki uzay yolculuklarında ise tıp doktorların bulunması zorunlu hale gelecektir. Bu nedenle uzay tıp doktorunun koruyucu hekimlik, çevre sağlığı ve sağlık bakımı konusunda, tıbbi ve cerrahi konularda uzman olması istenecektir (12).

Sonuç olarak; Ülkemizde uzay çalışmalarının birlikte ve sistematik yürütülebilmesi için ihtiyaç olan uzay ajansının kurulması uzaya yolculuğumuzdaki en önemli adımlardan biridir. Böylelikle askeri ve sivil kuruluşların bir arada çalışabilmesi sağlanmış olacaktır. İkinci en önemli adım, eğitilmiş insanları yetiştirilmesi olmalıdır. Bu konu ile ilgili eğitim kurumlarının ve üniversitelerde ilgili bölümlerin açılması, yurtdışına öğrenciler gönderilerek eğitilmiş ve tecrübeli elemanların ivedilikle kazandırılması önem arz etmektedir.

Uzayın keşfi ile ilgili yapılan uluslararası çalışmalara katılmak, teknolojik açıdan bilgimizin ve tecrübemizin gelişmesine katkı sağlayacaktır. Günümüzde uzay ile ilgili çalışmaların özellikle askeri ve ticari alanlar-

da gelişmesi ülkemizin için de önemlidir. Bu konularla ilgili çalışmaların yapılması ulusal güvenliğimiz ve ekonomimiz açısından önemli olmasına karşın, tıbbi alanda yapacağımız çalışmalar hem uzay çalışmalarına hem de insan sağlığına önemli katkıları olacağı kanısındayız. Bu bağlamda tıbbi çalışmalara öncelik verilmesi, uzun uzay yolculuklarına insan vücudunun adapte edilebilmesi, yerçekimsiz ortamda yapılacak tıbbi çalışmalar (yeni ilaçların geliştirilmesi, kanser ile mücadele gibi) sağlıkla ilgili endüstrisinin gelişmesine de katkı sağlayacaktır.

## Kaynaklar

1. <https://www.britannica.com/science/space-exploration>. Erişim tarihi:28.02.2019.
2. <https://www.linkedin.com/pulse/uzayın-tanımı-ve-uzay-huku-üzerine-lokman-kuzu>. Erişim tarihi: 08.04.2019.
3. <https://www.aa.com.tr/tr/analiz-haber/uzay-ajansi-ve-turkiye-nin-uzay-teknolojilerindeki-yeri/1349127#>. Erişim tarihi:16/04/2019.
4. <https://www.biyografi.net.tr/feryal-ozel-kimdir/> Erişim tarihi: 16/04/2019.
5. <http://www.biyografi.net/kisiyrinti.asp?kisiid=6048> Erişim tarihi:16/04/2019.
6. <https://yildiz.space/bio.html> Erişim tarihi:16/04/2019.
7. <https://www.burcinmutlupakdil.net/> Erişim tarihi:16/04/2019.
8. <http://www.kiziltan.org/> Erişim tarihi:16/04/2019.
9. <https://tr.sputniknews.com/bidebunudin-le/201706091028847851-betul-kacar-nasa-harvard-arizona-universitesi/> Erişim tarihi: 16/04/2019.
10. <https://www.haberekspres.com.tr/izmir/10-gezegen-adayimiz-daha-var-h105842.html> Erişim tarihi:16/04/2019.
11. <http://www.spacesafetymagazine.com/spaceflight/space-medicine/> Erişim tarihi:16/04/2019
12. Stepanek J, Blue RS, Parazynski S. Space Medicine in the Era of Civilian Spaceflight N Engl J Med 2019;380:1053-60.
13. Blue RS, Bonato F, Seaton K, Bubka A, Vardiman JL, Mathers C, et al. The effects of training on anxiety and task performance in simulated suborbital spaceflight. Aerosp Med Hum Perform 2017;88:641-50.
14. Blue RS, Pattarini JM, Reyes DP, Mulcahy RA, Garbino A, Mathers CH, et al. Tolerance of centrifuge-simulated suborbital spaceflight by medical condition. Aviat Space Environ Med 2014;85:721-29
15. Jennings RT. Managing space motion sickness. J Vestib Res 1998;8:67-70
16. [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/station/research/experiments/133.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/133.html). Erişim tarihi:16/04/2019.