



# KONGRE KİTAPÇIĞI



**HUTP  
HAVACILIK VE UZAY TIBBI KONGRESİ  
2023**

ESOGÜ KONGRE VE KÜLTÜR MERKEZİ, ESKİŞEHİR  
19-22 EKİM 2023

## HAVACILIK TIBBI'NDA YAPAY ZEKA



**100**   
Cumhuriyetimizin 100. Yılı



**TALPA**  
Wings of Türkiye



Eskişehir-2000

## **KONGRE BAŞKANLARI**

**Prof. Dr. Plt. Hasan Fehmi TÖRE**

*Havacılık ve Uzay Tıbbı Platformu Başkanı*

**Prof. Dr. Melih Cemal KUŐKAN**

*Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Uçak Mühendisliği Bölüm Başkanı*

## **KONGRE DÜZENLEME KURULU ÜYELERİ**

**Prof. Dr. Plt. Hasan Fehmi TÖRE**

*Havacılık ve Uzay Tıbbı Platformu Başkanı*

**Prof. Dr. Melih Cemal KUŐKAN**

*Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Uçak Mühendisliği Bölüm Başkanı*

**Prof. Dr. Muzaffer ÇETİNGÜÇ**

*Havacılık Tıbbı Derneği Başkanı*

**Uz. Dr. M. Sedat OFLUOĞLU**

*Uçuş Tabibi, Biruni Üniversitesi Hastanesi*

**Uz. Dr. Erdal KÖKCAN**

*Uçuş Tabibi, Emsey Hospital*

**Dr. Kadir EREN**

*Uçuş Tabibi, PortClinic Operasyon Koordinatörü*

**Dr. Erman BÜYÜKGÖK**

*Uçuş Tabibi, Türkiye Havayolu Pilotları Derneği (TALPA)*

## **KONGRE BİLİM KURULU BAŞKANI**

**Prof. Dr. Muzaffer ÇETİNGÜÇ**

*Havacılık Tıbbı Derneği Başkanı*

## **KONGRE BİLİM KURULU SEKRETERİ**

**Uz. Dr. M. Sedat OFLUOĞLU**  
*Uçuş Tabibi, Biruni Üniversitesi Hastanesi*

## **KONGRE BİLİM KURULU ÜYELERİ**

**Prof. Dr. Muzaffer ÇETİNGÜÇ**  
*Havacılık Tıbbı Derneği Başkanı*

**Prof. Dr. Feriät KOLBAKIR**  
*Uçuş Tabibi*

**Prof. Dr. Erdiñ AYDIN**  
*Başkent Üniversitesi KBB Hastalıkları AD, Uçuş Tabibi*

**Prof. Dr. Atilla Özcan ÖZDEMİR**  
*Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekanı*

**Prof. Dr. Muammer KAYA**  
*Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dekanı*

**Doç. Dr. Nazım ATA**  
*Hava Kuvvetleri Komutanlığı Uçucu Sağlığı Araştırma ve Eğitim Merkezi*

**Doç. Dr. Işıl YAZAR**  
*Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Uçak Mühendisliği Bölümü Bşk. Yrd.*

**Dr. Öğr. Üyesi Zafer ÖZNALBANT**  
*Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Uçak Mühendisliği Bölümü Ö. Üyesi*

**Dr. Öğr. Üyesi şükrü Hakan GÜNDÜZ**  
*Sağlık Bilimleri Üniversitesi Hava ve Uzay Hekimliği AD Başkanı*

**Uz. Dr. M. Sedat OFLUOĞLU**  
*Uçuş Tabibi, Biruni Üniversitesi Hastanesi*

**Dr. Kadir EREN**  
*Uçuş Tabibi, PortClinic Operasyon Koordinatörü*

## **KONGRE İDARİ SEKRETERLERİ**

**Gülfidan DEMİRKAYA**

*Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Uçak Mühendisliği Bölümü  
Bölüm Sekreteri*

**Selma BARIŞ**

*Havacılık ve Uzay Tıbbi Platformu Kurucu Genel Sekreteri*

## **ORGANİZASYON SEKRETERLİĞİ**



**Azrana Turizm Danışmanlık  
Tic. San. Ltd. Şti.**

Büyükesat Mah. Kızkulesi Sk. No:42/2  
GOP/Çankaya/Ankara

+90 312 230 00 14

+90 535 04712 22

[info@azrana.com](mailto:info@azrana.com)

[www.azrana.com](http://www.azrana.com)

# İÇİNDEKİLER

<b>KONGRE DAVET YAZISI.....</b>	<b>6</b>
<b>KONGRE PROGRAMI.....</b>	<b>7</b>
<b>KONUŞMA VE BİLDİRİLER</b>	
<b>Yapay Zekalı Robo-Doktorlar Dünya’da ve Uzay Koşullarında Neler Yapabilir?.....</b>	<b>9-13</b>
Arş. Gör. Dr. Araz ALİYEYEV	
<b>İnsanlarla Yapay Zekâların Karşılaştırılması; Artılar, Eksiler.....</b>	<b>14-18</b>
Prof. Dr. Muzaffer ÇETİNGÜÇ	
<b>Pilotların Emeklilik Yaşı 67 Olmalı mı, Olabilir mi?.....</b>	<b>19-23</b>
Prof. Dr. Muzaffer ÇETİNGÜÇ	
<b>Hava Trafik Kontrolörlüğü Çalışma Koşulları.....</b>	<b>24-25</b>
Hava Trafik Kontrolörü Gökay GÜVEN	
<b>Hava Trafik Kontrolörlerinde Sağlık ve Çalışma Şartlarına Genel Bakış ve Öneriler.....</b>	<b>26-27</b>
Dr. Mustafa MORKOYUN	
<b>Uzay Ortamı Fiziği, Fizyolojisi ve Tıbbı.....</b>	<b>28-49</b>
Uzm. Dr. Buyçe KAYA	
<b>Operasyonel Bakış Açısıyla Uzayda Nörobilim.....</b>	<b>50-53</b>
Arş. Gör. Dr. Büşra GÜLEÇER	
<b>Astronot Seçimi ve Eğitimleri Nasıl Yapılıyor?.....</b>	<b>54-61</b>
Arş. Gör. Dr. Berrin CEYLAN	
<b>Derin Uzay Uçuşları ile Ay ve Mars Yerleşkelerinde Tıbbi Müdahaleler Nasıl Olacak? .....</b>	<b>62-65</b>
Prof. Dr. Muzaffer ÇETİNGÜÇ	
<b>Havacılık Tıp Merkezlerinin Sorunlarına Bir Bakış.....</b>	<b>66-71</b>
Op. Dr. Ali Saib ENGİN	
<b>İlk Muayenede Mevcut Psikiyatrik Değerlendirme ve Öneriler.....</b>	<b>72-74</b>
Doç. Dr. Oya BOZKURT	
<b>Uçuş Tabipliği Sertifika Programı Değişiklikleri ve Sağlık Bilimleri Üniversitesi Hava ve Uzay Fizyolojisi Eğitim Merkezi.....</b>	<b>75-81</b>
Dr. Öğr. Üyesi Abdurrahman Engin DEMİR	
<b>Denge Fizyolojisi ve Uçucularda Denge Problemleri.....</b>	<b>82-87</b>
Dr. Öğr. Üyesi Abdurrahman Engin DEMİR	
<b>Askeri ve Sivil Havacılıkta Hipoksi ve Kardiyak Etkilenimleri.....</b>	<b>88-93</b>
Dr. Öğr. Üyesi Şükrü Hakan GÜNDÜZ	
<b>İnsansız Hava Aracı Pilotlarının Sağlık Gereksinimleri ve Uluslararası Mevzuat.....</b>	<b>94-98</b>
Dr. Öğr. Üyesi Şükrü Hakan GÜNDÜZ	



Değerli Meslektaşlarımız,

Havacılık ve Uzay Tıbbi Platformunun (HUTP) Havacılık ve Uzay Tıbbi Kongresi Düzenleme Kurulu ve Bilim Kurulu adına, sizleri 19-22 Ekim 2023 tarihleri arasında Eskişehir’de yapacağımız kongremize davet etmekten büyük onur duyuyorum.

HUTP, Havacılık ve Uzay Tıbbi Kongresi 2023, Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM) gözetiminde, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi (ESOGÜ), Uçak Mühendisliği Bölümü, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Uygulama ve Araştırma Merkezi (HUZTAM) ev sahipliğinde, ESOĞÜ Kongre ve Kültür Merkezinde, Eskişehir’de 19 Ekim 2023 Perşembe saat 13:00 te başlayıp 22 Ekim 2023 Pazar saat 12:00 de bitecektir.

Kongrede Yapay Zekâ, Havacılık sağlık mevzuatındaki gri konuları ve uygulamalardaki algoritma temaları görüşülecektir. Kongremize Uçuş Tabipleri, Hava Trafik Kontrolörleri, Pilotlar, Havayolu işletmelerinin yöneticileri, Akademisyenler, Uçak Mühendisleri, Sıcak Hava Balon işletmeleri ve Havacılık ve Uzayla ilgilenen öğrencilerin katılımını bekliyoruz.

Havacılık ve Uzay Tıbbi Platformu olarak her birimiz, sizleri HUTP Havacılık ve Uzay Tıbbi Kongresi için Eskişehir ’de görmeyi ümit ediyoruz.  
Saygılarımla.

**Prof. Dr. Hasan Fehmi TÖRE**

**HUTP ve Kongre Başkanı**

<b>HUTP, HAVACILIK ve UZAY TIBBI KONGRESİ 2023</b>		
<b>BİLİMSEL PROGRAM</b>		
<b>19.10.2023 Perşembe (1. Gün)</b>		
Saat	Oturum Başkanı / Konuşmacılar	Konu
13:00 – 14:30	USAEM TOPLANMA	KONGRE KAYIT
14:30 – 16:30	USAEM Gezisi	Fizyolojik Eğitim Cihazlarının İşlevleri, Uçuculara Verilen Eğitimlerin Gözlenmesi
<b>20.10.2023 Cuma (2. Gün)</b>		
Saat	Oturum Başkanı / Konuşmacılar	(* Katılım Sağlayabildikleri ve Tensip Buyurdıkları Takdirde
OTURUM BAŞKANLARI: Prof. Dr. Hasan Fehmi TÖRE, Prof. Dr. Melih Cemal KUŞHAN		OTURUM 1: Açılış Oturumu
09:00 – 10:00	Sn. Prof. Dr. Hasan Fehmi TÖRE, HUTP ve Kongre Başkanı	Açılış Konuşması, Saygı Duruşu ve İstiklal Marşı
	Sn. Prof. Dr. Melih Cemal KUŞHAN, ESOGÜ Uçak Mühendisliği Bölüm ve Kongre Bşk.	Açılış Konuşması
	Sn. Hv. Org. İsmail GÜNEYKAYA	Muharip Hv. K. K. *
	Sn. Prof. Dr. Kâmil ÇOLAK	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Rektörü*
	Sn. Prof. Dr. Kemalettin AYDIN	Sağlık Bilimleri Üniversitesi Rektörü *
	Sn Prof. Dr. Cevdet ERDÖL	Sağlık Bilimleri Üniversitesi (E) Rektörü *
Sn. Prof. Dr. Kemal YÜKSEK	SHGM Genel Müdürü *	
<b>ONURSAL KONFERANS: ŞÖVALYE HAVACILAR</b>		
<b>Türk Sivil Havacılığında İz Bırakmış, Sıra dışı, ŞÖVALYE PİLOTLAR</b>		
10:00 – 10:20	Plt. Ali İsmet ÖZTÜRK, Sivrihisar Havacılık Merkezi	Havacılıkla ve Havacılık ve Uzay Tıbbı ile İlgili Anıları
10:20 – 10:40	Plt. Üner BEKÖZ, Antalya Bilim Üniversitesi, Hv ve Uzay Prog. Gnl. Md.	
10:40 – 10:50	Plt. Erdoğan Menekşe, Burak Sportif Havacılık Kulübü	
10:50 – 11:00	ARA: HUTP Albümü İçin Fotoğraf Çekimi, Tüm Katılımcılar	
OTURUM BAŞKANI: Prof. Dr. Muzaffer ÇETİNGÜÇ,		OTURUM 2: Havacılık ve Uzay Tıbbi Pratiğinde Yapay Zekâlar
11:00 – 11:30	Dr. Cenk TEZCAN, Sağlık Fütüristi, Swedish Care Türkiye Direktörü	Zaman ve Mekân Sınırını Kaldıran Yapay Zekâ
11:30 – 12:00	Dr. Araz ALİYEYEV, Çukurova Üniv. Tıp Fak. Beyin ve Sinir Cerr. AD	Yapay Zekâlı Robo-Doktorlar Dünyada ve Uzay Koşullarında Neler Yapabilir?
12:00 – 12:30	Kpt. Plt. Murat TÜNAY, Pegasus Havayolları; Emn. Acil Durum Yön. Grup Bşk.	Yapay Zekâların Emniyet Yönetim Sisteminde Kullanımı
12:30 – 12:50	Prof. Dr. Muzaffer ÇETİNGÜÇ, Havacılık Tıbbi Derneği Bşk.	İnsanlarla Yapay Zekâların Karşılaştırılması; Artılar, Eksiler
12:50 – 14:00	ÖĞLE YEMEĞİ ARASI	
OTURUM BAŞKANI: Prof. Dr. Hasan Fehmi TÖRE		OTURUM 3: Uçuş Ekiplerinin Sağlık Sorunları
14:00 – 14:40	Prof. Dr. Muzaffer ÇETİNGÜÇ, PİLVAK Temsilcisi	Pilotların Emeklilik Yaşı 67 Olmalı mı, Olabilir mi?
14:40 – 15:00	Kpt. Plt. Sabri DUMAN, Pılvak Yön. Krl. Başkanı	Türkiye’de Havayolu Pilotları Lisans Kaybı İstatistikleri ve Öneriler
15:00 – 15:20	Kpt. Plt. Okan ÜREKSOY, TALPA Başkanı	Azaltılmış Ekiple Uçuş Konsepti
15:20 – 15:40	Kpt. Plt. Murat ERSOY, THY Uçuş İşletme Başkanı	Pilotların Genel Sağlık Sorunları, OML Kısıtlamaları
15:40 – 16:00	Ahmet AYDIN, Kabin Amiri TASSA Yön. Kur. Bşk.	Kabin Ekiplerinin Sağlık Sertifikaları Güvencesi Sorunları
16:00 – 16:30	ARA	
OTURUM BAŞKANI: Dr. Mustafa MORKOYUN		OTURUM 4: Hava Trafik Kontrolörlerinin Stres, Yorgunluk ve Sağlık Muayeneleri
16:30 – 16:50	Hv. Trf. Kont. Gökay GÜVEN, TATÇA- Ankara Şube Bşk.	Kontrolör Yorgunluğunun Performansa Etkisi
16:50 – 17:10	Hv. Trf. Kont. Meryem ERKANLI, TATÇA, Ankara, Genel Sek.	Kontrolörlerin Sağlık Muayene Sorunları
17:10 – 17:30	Dr. Mustafa MORKOYUN, DHMİ	ATCO Sağlık Koşullarına Genel Bakış
17:30 – 17:45	Dr. Seçkin Elçin, SHGM	ATCO Sağlık Gereklilikleri, Yaşanan zorluklar ve Çözüm Önerileri
17:45 – 18:00	Dr. Mehmet Murat KIZIL, SHGM	Diğer Havacılık Personeli Gereklilikleri
18:10 – 18:15	Prof. Dr. Hasan Fehmi TÖRE	Günün Değerlendirmesi

21.10.2023 Cumartesi (3. Gün)		
Saat	Oturum Başkanı / Konuşmacılar	Konu
OTURUM BAŞKANI: Prof. Dr. Muzaffer ÇETİNGÜÇ		OTURUM 5: Uzay Fizyolojisi, Tıbbi ve Psikolojisi
09:00 – 09:15	Uzm. Dr. Buyçe KAYA, Van EAH Hastanesi, Hava ve Uzay Hek. Uzm.	Uzay Ortamı Fiziyi, Fizyolojisi ve Tıbbi
09:15 – 09:35	Uzm. Dr. Beyazıt GARİP, SBU Gülhane EAH. Psikiyatri AD	Uzay İnsanı Seçim Sürecinde Yapılan Tıbbi ve Psikolojik Değerlendirmeler
09:35 – 09:50	Araş. Gör. Dr. Büşra GÜLEÇER, SBU Gülhane EAH. Hava ve Uzay Hek. AD	Uzay Tıbbi Nedir? Astronot Eğitimleri Nasıl Yapılıyor?
09:50 – 10:05	Araş. Gör. Dr. Berrin CEYLAN, SBU Gülhane EAH. Hava ve Uzay Hek. AD	Operasyonel Bakış Açısıyla Uzayda Nörobilim
10:05 – 10:30	Prof. Dr. Muzaffer ÇETİNGÜÇ, Psikiyatri Uzm.	Derin Uzay Uçuşları ile Ay ve Mars Yerleşkelerinde Tıbbi Müdahaleler Nasıl Olacak?
10:30 – 11:00	ARA	
OTURUM BAŞKANI: Prof. Dr. Nebile DAĞLIOĞLU		OTURUM 6: Havacılık Personelinde Alkol ve Psikoaktif Madde Sorunları
11:00 – 11:15	Prof. Dr. Nebile DAĞLIOĞLU, Ankara Üniv. Adli Bil. Enstitüsü	Alkol Testinde Saç ve Kurumuş Kan Örnekleri, Alkol Biyobelirteçleri
11:15 – 11:30	Prof. Dr. Serap Annete AKGÜR, Ege Üniv. Madde Bağ. Toksikoloji ve İlaç Bil. Enst.	Suistimal Edilen Bağımlılık Potansiyeli Olan İlaçlar; İşyeri Madde Testi Uygulamaları
11:30 – 11:45	Plt. Üner BEKÖZ, Antalya Bilim Üniversitesi, Hv ve Uzay Prog. Gnl. Md.	Ülkemizde Havacılığın Kucağına Düşen Bomba
11:45 – 12:00	Plt. Sera BEKÖZ, Antalya Bilim Üniv. Pilotaj Bl. Öğr. Gör.	Havacılık Sağlık Muayenesi Kapsamı ve Tehlikeli Sonuçları; Uyarıcılar
12:00 – 12:15	Tüm Katılımcılar	TARTIŞMA
12:10 – 13:30	ÖĞLE YEMEĞİ ARASI	
OTURUM BAŞKANI: Dr. Ali Saip ENGİN		OTURUM 7: Havacılık Tıp Merkezlerinde İlginç ve Tartışmalı Olgular
13:30 – 13:50	Dr. Ali Saip ENGİN, Medipol Mega Hast. AMC. Ortopedi Uzm.	AeMC'lerde Sıklıkla Karşılaşılan Olgular; Siz Olsaydınız Kararınız Ne Olurdu?
13:50 – 14:10	Doç. Dr. Abdullah ÖZKARDEŞ, Biruni Üniv. Hast. AMC. Nöroloji Uzm.	Uçucularda İnkapasitasyona Neden Olan Nörolojik Hastalıklar; Olgu Sunumları
14:10 – 14:30	Prof. Dr. Erdinç AYDIN, Başkent Üniv. KBB. AD.	İşitme Fizyolojisi İşitme Testleri (Odyolojik Tetkik ve Timpanometri), İşitme Kayıplı Örnek Olgular
14:30 – 14:50	Dr. Tayfun ÜŞENMEZ, Buca Tıp Merk. AMC. İç Hast. Uzm.	Uçucularda Obezite ve Diyabet; Uçuşa Elverişlilik Algoritmaları
14:50 – 15:10	Dr. İ. Ethem KARAŞEN, Prof. Dr. Coşkun ŞAHİN, Medical Park Pendik Hast. AMC Üroloji Uzm.	Üriner Sistem Taşı Olgularında Elverişlilik veya OML Karar Algoritmaları
15:10 – 15:30	Doç. Dr. Oya BOZKURT, Yeniüzyıl Üniversitesi GOP Hast. Psikiyatri Uzm.	Uçucu İlk Muayenelerinde Mevcut Psikiyatrik Değerlendirme Uygulamaları ve Yeni Öneriler
15:30 – 15:50	ARA	
OTURUM BAŞKANI: Dr. Öğr. Üyesi Şükrü Hakan GÜNDÜZ		OTURUM 8: Havacılık Tıbbının Genel Konuları
15:50 – 16:10	Dr. Öğr. Üyesi Abdurrahman Engin DEMİR, SBÜ Sv. Sağ. Bil. Enst. Hava ve Uzay Hekimliği AD.	Uçuş Tabipliği Sertifika Programı Değişiklikleri ve SBÜ Hava ve Uzay Fizyolojisi Eğitim Merkezi Tanıtımı
16:10 – 16:30	Kpt. Plt. Muharrem GÜNDOĞAN, Türk Hava Yolları	TALPA Akran Destek Programı (MDA) Uygulamaları
16:30 – 16:50	Kpt. Plt. Murat TÜNEY, Pegasus Havayolları; Emn. Acil Durum Yön. Grup Bşk.	Pegasus Havayolları Akran Destek Programı (PAPS) Uygulamaları
16:50 – 17:10	Dr. Pınar BİRLER, DHMİ Uçuş Hekimi	Pilotların Uçakla İntihar Olayları
17:10 – 17:25	Emre AKBEN, SHGM	Yeni Otomasyon Sistemi
17:25 – 17:35	Prof. Dr. Hasan Fehmi TÖRE	Günün Değerlendirmesi
22.10.2023 Pazar (4. Gün)		
OTURUM BAŞKANI: Prof. Dr. Erdinç AYDIN		OTURUM 9: Havacılık Tıbbının Genel Konuları
09:00 – 09:20	Dr. Öğr. Üyesi Abdurrahman Engin DEMİR SBÜ Sv. Sağ. Bil. Enst. Hava ve Uzay Hek. AD.	Denge Fizyolojisi ve Uçucularda Denge Problemleri
09:20 – 09:40	Dr. Öğr. Üyesi Şükrü Hakan GÜNDÜZ SBÜ Hava ve Uzay Hek. AD. Bşk.	Askeri ve Sivil Havacılıkta Hipoksi ve Kardiyak Etkilenimler
09:40 – 10:00	Vedat Güneş, Maiden Flight Tech Havacılık	İHA Pilotlarının Çalışma Koşulları ve İHA'ların Sağlık Alanında Kullanımı
10:00 – 10:20	Dr. Öğr. Üyesi Şükrü Hakan GÜNDÜZ SBÜ Hava ve Uzay Hek. AD. Bşk.	İHA Pilotlarının Sağlık Gereksinimleri ve Uluslararası Mevzuat
10:20 – 10:40	Dr. Murat ÖZER, DHMİ	UOD. 2017/8 Genelgesinde Yapılan Değişikliklerin Değerlendirilmesi
10:40 – 11:00	Prof. Dr. Hasan Fehmi TÖRE, Prof. Dr. Melih Cemal KUŞHAN	Kapanış Konuşmaları
11:00 – 11:20	ÖDÜL TÖRENİ	HUTP, HvTD, Ödül Töreni, Katılımcılarla Toplu Fotoğraf Çekimi



# **YAPAY ZEKALI ROBO-DOKTORLAR DÜNYADA VE UZAY KOŞULLARINDA NELER YAPABİLİR?**

**Arş. Gör. Dr. Araz ALİYEV**  
Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Beyin ve Sinir Cerrahisi AD

## **Özet**

Tarihsel olarak, yapay zekâ, insanların düşünme yeteneklerini taklit eden sistemlerin geliştirilmesi olarak tanımlanır. Sağlık sektörü, bu teknolojinin potansiyelini en iyi şekilde kullanabilecek alanlardan biridir. Hiç şüphesiz ki havacılık ve uzay endüstrisi de yapay zekâ uygulamalarından ‘nasibini almaktadır’. Yapay zekâ ve sağlık bilimleri bir araya gelerek uçuş ekipleri ve astronotların karşılaştıkları ve karşılaşılabileceği durumları araştırarak bunlara pratik ve düşük maliyetli çözümler üretmeye ve uzun uzay yolculuklarında ekiplerin kendi kendine yetebilmesi için yüksek teknoloji ve akıllı cihazlar geliştirmektedirler.

## **YAPAY ZEKALI ROBO-DOKTORLAR DÜNYADA VE UZAY KOŞULLARINDA NELER YAPABİLİR?**

Tarihte bilinen 2 önemli endüstri devrimi olmuştur. 1. Buhar, 2. Elektrik devrimi. Bu devrimler uygarlığımıza çağ atlatan devrimlerdir. Günümüzde yapay zekanın buna benzer bir değişim yapacağını öngören görüşler mevcuttur. Yapay zekâ biliminin tanımına bakarsak: insan gibi düşünen, öğrenen ve gelişen ve tüm bilişsel sistemleri taklit edebilen sistemler geliştirme üzerine bir bilim dalı olduğunu görürüz. Tarihte hiçbir teknolojik gelişme bir günde olmadığı gibi yapay zekâ fikri ve teknolojisi de uzun yıllardır süregelen bir bilgi birikimin sonucudur.

3. Yüzyılda Çinli mucit ve düşünür Yan Shi deri, ahşap ve yapay organlarla yapılmış, insansı figürler hazırlayarak dönemin imparatoruna sundu. İslam coğrafyasından örnek vermek gerekirse El-Ceziri 12. Yüzyılın önemli fütüristlerinden biri olmuştur. Kendi günlük yaşantısında da kullandığı insansı ve işlevsel robotlar geliştirmiştir. 15 ve 16. Yüzyıllarda yaşamış olan Da Vinci'nin ünü, zannediyorum anlatmaya gerek olmayacak kadar tüm dünyaya yayılmıştır. Kendisinin yaptığı şövalye robotu oturup kalka biliyor, ellerini ve ayaklarını oynatabiliyordu. Robot kelimesinin kökenine baktığımızda, Çek yazar Karel Capek'in 1921 yılında yazdığı Rossumun Evrensel Robotları adlı eserinde bahsettiğini görüyoruz. İlerleyen yıllarda İsaac Asimov bu terminolojiyi dünya edebiyatına sunduğu eserlerle yaygınlaştırmıştır. 1950lere geldiğimizde bilgisayar ve yazılım teknolojisinin temellerinin atıldığını görüyoruz. Alan Turing'in şifreleme ve yapay zekâ üzerine yaptığı çalışmalar YZ teknolojisinin bir nevi temellerini atmıştır. John McCarty ise 1955'te "yapay zekâ" terimini türetti ve onu "akıllı makineler yapma bilimi ve mühendisliği olarak tanımladı. Sağlık alanına baktığımızda ise karşımıza çıka ilk örneklerden biri Gunn ve arkadaşlarının 1976'da geliştirdikleri karın

ağrısından hastalık teşhisi yapabilen algoritmadır. 2000li yıllarda veri madenciliğinin gelişmesiyle beraber YZ teknolojisinin gelişimi hız kazanmıştır.

1997'de IBM tarafından geliştirilen Deep Blue isimli süper bilgisayar dönemin en ünlü satranç oyuncusu olan Gary Kasparov'u yenerek adından söz ettirmiştir. Robotik sistemlerin tıp alanında kullanılması 2000li yıllarla hareketlenmiştir. FDA tarafından onaylanan ilk cerrahi robot olan DaVinci robotu özellikle ulaşılması zor anatomik bölgelerde yapılan cerrahi işlemleri kolaylaştırarak bu alanda çığır açmıştır. Yakın gelecekte Rosa isimli yarı yapay zekâli aletler gibi birçok yardımcı robot sistemleri geliştirilmiştir.

Tıpta yapay zekâ uygulamaları ağırlıklı olarak derin öğrenme ve örüntü tanımaya dayanmaktadır. Bu sistem YZ bilgisayarını tekrarlayan verilerle ve algoritmalarla eğitmeye dayanır. Genel olarak tıpta YZ uygulamalarını ikiye ayırabiliriz. Sanal ve fiziksel. Sanal uygulamalara örnek olarak elektronik sağlık kayıt sistemleri, tedavi rehberleri, online randevu siteleri, gebe ve aşı takibi, ilaç dozaj ve etkileşim uyarıcılar, sanal gerçeklik uygulamaları (VR, AR, MR) ve.s gösterebiliriz. Fiziksel uygulamalardan bazıları ise şunlardır: Cerrahi asistan robotlar, akıllı protezler, yaşlı bakımı yapan robotlar, 3D yazıcılar (kısmen), monitörizasyon cihazların giyilebilir sensörler vs.

Öncelikle şunu belirtmek gerekir ki, sağlık sektörü yapay zekâ kullanımına oldukça uygun bir alandır. Bunun sebebi, yapay zekanın en büyük besleyicisi olan veriler ve bu verilerin kayıt altına alınması oldukça yaygındır. Tıp branşları arasında görsel ağırlıklı olarak çalışanlar bu tip uygulamalar için daha çok veri sunmakta ve algoritmaların geliştirilmesine daha uygundur. Patoloji, Oftalmoloji, Radyoloji ve Dermatoloji bunlardan bazılarıdır. Aktif kullanım alanlarına bakacak olursak Thurn ve ark.'nın geliştirdiği, cilt kanserlerini ayırtıran algoritma, Ting ve ark. tarafından geliştirilen diyabetik retinopati ve ilgili hastalıklarını ayırt edebilen algoritmaların varlığını görüyoruz. Özellikle akciğer röntgenleri üzerine oldukça fazla çalışma olduğunu görmekteyiz. CheXnet ve Chester bunlara örnektir. Resnet de benzer şekilde ekstremite fraktürlerini tanıyan bir algoritmadır. IDx-DR FDA tarafından onaylanan klinisyen kontrolü olmayan ilk YZ uygulamasıdır. (diyabetik retinopati derecesini belirleme). Germwatcher-hastane kaynaklı enfeksiyonların saptanması ve öngörülmesi için tasarlanan bir YZ algoritmasıdır. AiCure (İngiltere), hastaların ilaç kullanımını uzaktan monitörize ediyor ve önerilerde bulunuyor.

Yapay zekâ uygulamalarındaki en büyük problemleri üç ana başlıkta değerlendirebiliriz:

1. Black Box: YZ'nin derin öğrenme algoritmalarının sonuçlara nasıl ulaştıklarını gösterememe sorunu.
2. Overfitting: Bir YZ algoritmasının bir veri kümesiyle eğitildiğinde diğer veri kümelerine sınırlı uygulanabilirliğini ifade eder.
3. Regulatory Approval: hasta güvenliği, referans algoritmasının varlığı, insan müdahalesinin derecesini belirleyen kurumlar.

Genel tıbbi uygulamalarda hiç tartışmasız esas problem etik tartışmalardır. Kişilerarası iletişim becerileri, empati duygusu, duygusal zekâ ve yaratıcılık eksikliği bu uygulamalara muhalif kişilerce ileri sürülen esas argümanlardır. Makine müdahalesi sonrası oluşacak yan etkilerden kimin sorumlu olacağı, psikolojik ve fiziksel etkilerin sonucunun bilinmemesi de

bir başka soru işaretidir. Bunların dışında yüksek depolama ve donanım maliyetleri de uygulamaları kısıtlayan önemli sorunlardır.

Havacılık sektöründe de son yıllarda YZ uygulamalarının yaygınlaştığını görüyoruz. Uçuş ekiplerinin psikolojik durumlarının takip edilmesi, jet-lag ve uyku bozukluğu ve ilgili sağlık sorunlarını engellemek amacıyla geçmiş sağlık verilerinin taranması ve yaşam kalitesini artırıcı tedavilerin-önerilerin geliştirilmesi öncelikler arasındadır. Kalp atış hızı, göz hareketleri, beyin aktivitesi ve bilişsel fonksiyonların incelenerek kişiye özel iş yükü ayarlamaları, risk hesaplaması, performans ve yorgunluğun optimumunda tutulması amaçlanmaktadır.

Uzun uzay yolculuklarının (UUY) hedeflendiği bu dönemde NASA ve ESA öncülüğünde geliştirilen algoritmalar mevcuttur. Bu uygulamaların bir kısmı aktif kullanımda olup bir kısmı ise geliştirme aşamasındadır. Uzay şartlarında ekibi en çok zorlayacak durumların başında biliş ve psikiyatrik fonksiyonların korunması gelmektedir. Bunları kısaca, sosyal izolasyon, yüksek kalibreli görevlerin yarattığı kronik stres, beklenmedik acil durumları çözme stresi, beyindeki yapısal değişikliklere bağlı disfonksiyonlar, depresyon ve anksiyete olarak sıralayabiliriz. UUI’de uygulanan ‘‘Sürpriz kargolar’’, video konferansları gibi ekibin moral ve motivasyonunu yükseltmeyi amaçlayan bu gibi uygulamalar daha uzak yolculuklarda mümkün olmayacaktır. Mars misyonunda gecikme süreleri 22dk ve üzeri olacağından karar verme ve uygulama tamamen uçuş ekibinin sorumluluğunda olacaktır. Bu da ekip üzerindeki baskıyı arttıracaktır. Bu sorunların önünü geçebilmek için son yıllarda geliştirilen bazı örneklere bakabiliriz. Project CIMON (Crew Interactive Mobile Companion) Airbus ve IBM tarafından geliştirilmiş insan yüzü şeklinde, astronotlarla konuşan, onları dinleyen ve duygusal reaksiyon verebilen robotlardır. EJENTA gibi girişimler NASA ile ortak çalışarak YZ tabanlı uygulamalar geliştirmektedirler. Günümüzde bu tarz psikolojik problemlerin çözümü için YZ kullanımı alanında onlarca girişim olduğunu söylersek yanılmayız. Bu sistemler arasında depresyon ve anksiyete için kişiselleştirilmiş psikoterapi sunan Woebot, başa çıkma becerilerini öğreten ve sosyal izolasyon için destek sağlayan Tess, ve COVID-19 pandemisi nedeniyle ortaya çıkan psikolojik ve sağlık stresi ile başa çıkmak için geliştirilen Welch ve ark. tarafından geliştirilen görüşme tarzı bir konuşma sistemi bulunmaktadır.

Uzay şartlarında astronotların başına gelebilecek en tehlikeli durum ise kozmik radyasyona maruziyet ve bunların sonuçlarıdır. Kozmik radyasyonun oksidatif stresi arttırdığı ve Akut Radyasyon Sendromuna yol açtığı bilinmektedir. Bu sendrom insan vücudunda neredeyse tüm organların etkilendiği tehlikeli bir hastalıktır. Kardiyovasküler hastalıklar, katarakt, kanser, bilişsel bozukluklar, mide-bağırsak mukozasının hasarlanması sonucu ciddi sıvı kayıpları ve ölüm ile sonuçlanabilir. ARS kemik iliğini baskılayarak trombositopeniye ve bağışıklığın düşmesine sebep olmaktadır. Astronotların uzay ortamında sık sık kan örneği vermeleri gerektiği anlaşılmıştır ancak uzay şartları büyük laboratuvar sistemlerinin kurulumu için uygun olmadığından portatif lab sistemlerinin gelişimi zorunlu hale gelmiştir. Slight Olo ve Hilab bu alanda öne çıkan iki büyük girişimdir.

NASA tarafından belirlenen en kritik durumlardan biri böbrek taşı ve uzay travmalarıdır. 6 kişilik MARS misyonunda böyle bir durumun gerçekleşme ihtimali 2.5% olarak belirlenmiştir. Sınırlı preoperatif görüntüleme, anestezi uygulanması ve monitörizasyon

eksikliği, cerrahi ekipman ve iş gücü eksikliği bu gibi durumların yönetimini zorlaştıracak faktörlerdir. Ultrasonografinin basit ve portatif örneklerinin olması bu tekniğin yeniden yaygınlaşmasına sebep olmuştur. Segmentasyon tekniği ile anatomik görüntüleme teknolojisi ekibe tıbbi müdahalelerde yol göstermesi hedeflenmektedir. Video laringoskop ve cerrahi monitör asistanları da yine YZ uygulamaları için geliştirilmektedir. YZ tabanlı anlık veri analizi yapan ve ilaç uygulaması yapan akıllı anestezi cihazlarının gelişimi yakın gelecekte hız kazanacaktır.

Dünyada hastanelere en çok maliyete sebep olan durumların başında enfeksiyon ve sepsis gelmektedir. Uzayda görev başarısızlığına sebep olacak 1. numaralı etken olacağı öngörülmektedir. Bunun nedeni uzaydaki fizyolojik değişikliklerin enfeksiyon oranını artırması olarak söyleyebilir. Radyasyon lenfoid hipoplaziye sebep olmakta, azalmış fagositöz ve T hücre aktivasyonu ise sonuçta bağışıklığı düşürmektedir. Mikrogravite ortamında patojenlerin etkinliği, geniş biyofilm tabakası ile antibiyotik dirençleri de ciddi ölçüde artmaktadır. Mao ve ark yaptığı bir çalışma ile 684000 hastanın verileri incelenerek sepsis ve septik şoku tahmin eden algoritma geliştirilmiştir. Bu algoritmanın geleneksel sepsis skora sistemini geride bıraktığı bildirilmektedir.

Günümüze kadar yaklaşık 600 astronot uzaya seyahat etme şansı elde etmiştir. Bu kişilerin eğitimi büyük miktarlarda maddi harcama, fiziksel ve mental fedakârlık gerektirmektedir. Bu nedenle astronotların tıbbi kayıtları kurumlarca çok gizli tutulmaktadır. Bu bilgilerin erişiminin kısıtlı olması ve veri üretecek kişi sayısının az olmasından kaynaklı YZ sistemlerini eğitmek mümkün olmamaktadır. Bu kısıtlama uzay şartları için geliştirilecek algoritmaların işini zorlaştırmakla beraber benzer fizyolojik durumlar dünya şartlarında yaratılarak bu sorunun önünü geçmek mümkündür. Ancak tüm bu engellere rağmen teknoloji ve yapay zekanın gelişimi durdurulamaz bir hızla ilerlemektedir. Önümüzdeki yıllar bize ne getirir bilinmez ancak gelişim devam ettikçe beraberinde etik soruları da getireceği aşikardır.

### **Kaynaklar:**

Cheung, Hoi Ching, Calvin De Louche, and Matthieu Komorowski. "Artificial Intelligence Applications in Space Medicine." *Aerospace Medicine and Human Performance* 94.8 (2023): 610-622.

Cinelli, Ilaria. "The role of artificial intelligence (AI) in space healthcare." *Aerospace Medicine and Human Performance* 91.6 (2020): 537-539.

Hamet, Pavel, and Johanne Tremblay. "Artificial intelligence in medicine." *Metabolism* 69 (2017): S36-S40.

Holzinger, Andreas, et al. "Causability and explainability of artificial intelligence in medicine." *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery* 9.4 (2019): e1312.

Kulkarni, Sagar, et al. "Artificial intelligence in medicine: where are we now?." *Academic radiology* 27.1 (2020): 62-70.

Liu, Peng-ran, et al. "Application of artificial intelligence in medicine: an overview." *Current Medical Science* 41.6 (2021): 1105-1115.

Malik, Paras, Monika Pathania, and Vyas Kumar Rathaur. "Overview of artificial intelligence in medicine." *Journal of family medicine and primary care* 8.7 (2019): 2328.

Mongan, John, and Marc Kohli. "Artificial intelligence and human life: five lessons for radiology from the 737 MAX disasters." *Radiology: Artificial Intelligence* 2.2 (2020): e190111.

Rademan R. How will Artificial Intelligence Shape Aviation Human Factors?

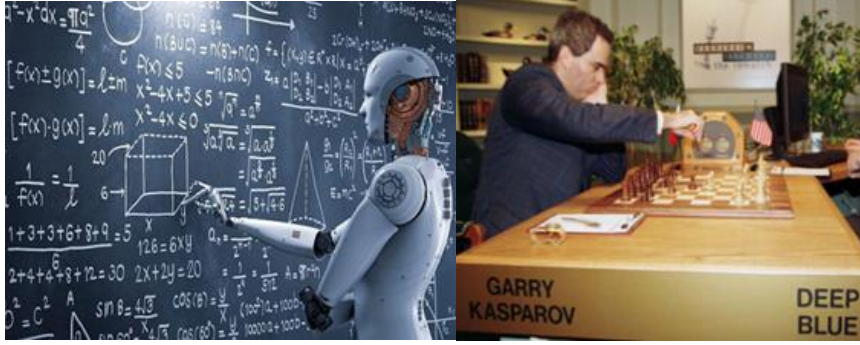
Ramesh, A. N., et al. "Artificial intelligence in medicine." *Annals of the Royal College of Surgeons of England* 86.5 (2004): 334.

# İNSANLARLA YAPAY ZEKALARIN KARŞILAŞTIRILMASI; ARTILAR, EKSİLER

**Prof. Dr. Muzaffer ÇETİNGÜÇ**

Havacılık Tıbbı Derneği Bşk.

Bilgisayarlar data'ları belleğinde tutan, istendiğinde geri getiren ve seri hesaplamalar yapan cihazlardır. Yapay zekâlar ise insan beyninin algı, tanıma, öğrenme, problem çözme, düşünme, muhakeme ve karar yetilerini taklit etmeye çalışan akıllı bilgisayarlardır. Yapay zekâların (YZ), yüklenen verilerle sınırlı soru yanıtlama, bilgi eşleştirme, analiz yapma, mantık yürütme, rapor hazırlama, cihaz yönetme gibi becerileri vardır. Otonomik davranan ve özgün kararlar verebilen YZ'lar artıları ve eksileriyle yoldadır...



Bugünkü haliyle bile yapay zekâlı sistemler en zor problemleri çözüyor; briç, satranç ve Go oynuyor; Dünya şampiyonu rakiplerini yeniyor. Dini vaazlar veriyor, yemek yapıyor, depremleri tahmin ediyor; resim yapıyor, makale, roman, tez, şiir yazıyor, orkestra yönetiyor... (Mevlâna tarzı beyitler yazdırıldı; Beethoven'ın bitiremediği 10. Senfonisini 2019 yılında YZ tamamladı. ChatBot'lar (Siri, Alexa, vs) ses komutlarıyla her soruya yanıt veriyor. Parmak izlerinden, yüzden, retinadan kimlik tanımlaması yapıyor. İnsansız hava, deniz, yer ve uzay araçlarını kullanabiliyor, dalgıçlık yapıyor. Otomobillerin hızını sabitliyor, park ediyor; kaygan zemin, yağış, karanlık, çarpışma, şerit takibi, yorgunluk, vs. algılıyor, önlem alıyor. Havadaki uçak trafiğini, yolcu ikram sistemini, vs düzenleyebiliyor...

## ***Tıpta Yapay Zekâlar***

- İngiltere'de meme kanseri şüpheli kadınların mamografilerine bakan YZ'ların tanıları, uzman doktor tanılarından daha yüksek oranda doğru çıktı (1).
- IBM Watson tarafından yapılan kanser taramaları insan doktorlarınkinden 4 kat daha doğru ve kesin sonuçlar veriyor.
- Elektro-kortikografi cihazının kaydettiği beyin dalgalarının deşifre işlemiyle düşüncelerin sözcüklere dönüştürülmesi (beyin okuma) hem Çin' de hem de ABD-Texas Üniv'de YZ'lar tarafından başarıldı (2).

- Avustralya’da geliştirilen DeWave sistemi, düşünceleri dakikada 62 sözcük hızında yazıya dökabiliyor (3).
- Pilotların mimik, ses tonu ve konuşma biçimini analiz ederek yorgunluk, anksiyete ve depresyon durumları belirlenmekte (4).
- 54 farklı test yapma, tanı koyma ve tedavi önerisinde bulunma işlevleri olan Tricorder X 2023 yılında piyasaya çıkacak; bazı doktorları işsiz bırakacak.
- İlaç tedavisinde doz, ilaç etkileşimi, yan etki, kontrendikasyon, vs. konuları YZ tarafından süratle değerlendirilmekte.
- Tüp bebek tedavilerinde embriyo kalitesi, kromozom anomalisi, vs. ölçüp gebelik şansı en yüksek olanları seçmede YZ’li Embriyoskop cihazı kullanımı büyük avantaj kazandırdı (5).
- MOODIES uygulaması, insanların ruh halini, yalan söyleyip söylemediğini, vs. tespit edebiliyor.
- Psikiyatride genetik profiller, tedavi geçmişi gibi verilerin analiziyle, kişiye özel tedavi plânları, nüks, risk ve tedavi yararı tahminleri geliştirilmekte (6).
- CarePod: İçinde doktor olmayan bir kabinde tetkik yapılıyor (kalp, kan, grafi, vs); tanı konuluyor.



### ***Havacılıkta Yapay Zekâlar***

Sivil havacılıkta uzun süredir kullanılmakta olan otomasyon sistemleri uçağın havalanması ve emniyetle inmesini (ILS) sağlamaktadır. Otopilot sistemi uçuş ekipleri için büyük kolaylıktır. Uçakların yapay zekâları pilotlara beklenmeyen durumlarda ışıklı ve sesli mesajlar vermekte; basınç azalması, hidrolik arızası, yangın, çarpışma (TCAS), vs. durumlarda kumandalara müdahale bile edebilmektedir. Bu nedenlerle bazı havayolu şirketlerinden, tek pilotlu veya pilotsuz uçuş önerileri gelmekte; ama buna en çok naif yolcular itiraz etmektedir.

Askeri havacılıkta 6’ncı nesil savaş uçaklarının insansız olacağı çoktandır bilinmektedir. Bunlar kısmen yerden yönlendirilecek, çoğunlukla da hava-hava, hava-yer, keşif ve hava muharebesi görevlerini YZ sistemleriyle otonom yapacaklardır. Yapay zekâlı uçaklarda insan pilotların psikolojik ve bilişsel zafiyetleri, fizyolojik inkapasitasyonları (hipoksi, G-Loc, vertigo, illüzyonlar, yorgunluk, jet-lag) olmaz. Uçaktaki yaşam destek sistemlerinin (oksijen, basınçlama, atlama, paraşüt, vs.) devre dışı kalmasıyla da bir devrim gerçekleşmektedir.

F-16 uçaklarını üreten Lockheed Martin, 2023 yılında F-16’nın VISTA X-62A test modülü, 17 saatlik uçuşu YZ ile yaparak kendini kanıtlamış oldu. ABD’de Reliable Robotics şirketi de 21 Kasım 2023 günü modifiye edilmiş Cessna Caravan ile pilotsuz, tamamen otonom

bir uçuş gerçekleştirdi. Kaliforniya'daki Hollister Belediye Havaalanı'nda yapılan uçuş 12 dakika sürdü. Otopilot sistemiyle donatılan uçak, taksi yaptı, havalandı ve güvenli bir şekilde indi. Şirket, 4 yıl önce de Cessna Skyhawk 172'yi pilotsuz olarak uçurmuştu.

F-35 uçakları, yapay zekâlı uçan bilgisayarlar olarak nitelenmektedir. Dost ve düşman uçaklarını uzaktan algılıyor, uydu iletişimi kuruyor, hedefleri ve uçaksavarları bulup pilota bildiriyor, radar karıştırma yapıyor, en uygun rotayı belirliyor. Çok sayıda otomasyon ve yapay zekâ sistemlerinin kompakt biçimde yerleştirildiği bu sofistike uçakta; donanım 300 bin parçadan, yazılım ise (uçakta 8 milyon uçak dışında da 16 milyon) toplam 24 milyon satır bilgisayar kodu bulunmakta.

Türkiye'nin Akıncı, Kızılelma, TB3, Anka-3, MMU-Kaan gibi SİHA'lar da yapay zekâlı otomasyon sistemleriyle donatılmış bulunmaktadır.



**Robopilotlar:** 2023 yılında Güney Kore 'İleri Bilim ve Teknoloji Enstitüsü' (KAIST), kokpitte herhangi bir değişiklik yapılmadan bir uçağı uçurabilecek bir Robo-pilot (PiBot) geliştirdiklerini açıkladı. Belleğindeki farklı uçak konfigürasyonları ile, seçilen tip uçağı uçurabilen robot, tüm uçuş kılavuzlarını, referansları ve Jeppesen çizelgelerini kullanabiliyor... 2035 yılına doğru uçaklarda sol koltukta kaptan otururken, sağda bir YZ sisteminin yer alacağı öngörülmektedir. Bunların prototipleri Cessna, Boeing-737 gibi uçakların sağ koltuklarında test edilmektedir.

Akıllı kokpitlerde YZ'lar dış görüş referanslarının olmadığı sis, gece gibi koşullarda bile otomatik iniş-kalkışlar yapabilir, çarpışmayı engelleyebilir, olumsuz giden şeyleri ikaz edip önlemleri otomatik biçimde alabilir. Bu kolaylıkların pilotları tembelleştirdiği; bazen yanlış giden şeyler olduğunda, 'sistemin bir bildiği vardır' düşüncesiyle müdahale etmediği de olur...

Uzayda YZ'lar: Uzaya gönderilen kapsül, mekik, uydu ve teleskopların fırlatılışlarından yörüngeye yerleşmelerine, Ay'a ve Mars'a inişlerinden uzay istasyonuna kenetlenmelerine kadar olan süreçler büyük ölçüde YZ'lar tarafından yürütür. SpaceX'in Crew Dragon aracı, pilot-astronot kumandası olmadan ISS'a gidip dönebiliyor... NASA'nın 2021 yılında Mars'a indirdiği yapay zekâlı robotik helikopter Ingenuity, otonom iniş-kalkış ve keşif uçuşları yapmakta, fotoğraflar çekmektedir...

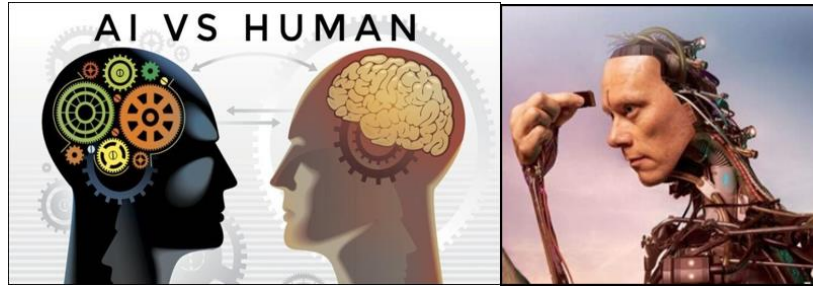




Alman DLR'ın Uluslararası Uzay İstasyonuna gönderdiği yapay zekâlı 'Chatbot'u Cimon, duyduğunu anlama, gördüğünü tanıma ve konuşma becerilerine sahip olup 2018 yılından bu yana ekibe teknik ve sosyal destek vermektedir.

### ***Yapay Zekâlı Sistemlerin İnsan Beynine Karşı Olumsuz / Yetersiz Yanları***

Bellek kapasitesi, fiziksel hesaplama ve tahmin, farkındalık, çoklu görev, farklı bilgileri mukayeseli değerlendirme, vs. yönleriyle insandan daha zeki olabilen YZ'ların bu üstün performansları, onları insandan daha 'akıllı' hale getirmiyor. Yapay zekâlı sistemlerin bazen umulmadık hatalar yapıp tehlikeli olabilecekleri ihtimali nedeniyle uçak içinde her an müdahale edecek ve kritik durumlarda son kararı verecek bir insanın bulunması şarttır.



Yapay zekâlar;

- Zeki ve mantıklı, ama 'akıllı' değildir. İrfanı ve feraseti yoktur. (Sezgi, anlama, ileri görüş, uyum, bilgelik, edep, ahlâk, erdem; Wisdom)
- Bilinçli değildir: Kendini ve çevresini görse de insan tarzı algılama ve farkındalık yaşayamaz; hissedemez, düşünemez, deneyimleyemez.
- Düz mantıkla akıl yürütür; imaları, ironileri, deyimleri, soyut kavramları, hileleri anlayamaz.
- Bilgiçlik taslar; malumatfuruş ve ukalâdır. Otistik (Idiot Savant) gibi davranır...
- Hayal kuramaz. Yaratıcı ve Yenilikçi değildir.
- Sokma akıllıdır. Belleğine ne yüklendiyse ve nasıl programlandıysa o kadardır. Yanlış bilgi yüklenmesi, yanlış yaptırır: 'Garbage in, Garbage out'
- Duygusallığı; merhameti, şefkati, vicdanı yoktur. Sevmez, sevinmez, korkmaz, kaygılanmaz, üzülmez, ağlamaz...
- Fiziksel acı duymaması avantaj gibi görülmüştür. Ama bu, başkalarının acılarıyla eş-duyum kuramaması demektir. Yani Empati yapamaz; duygusal zekâsı (EQ) düşüktür. Aleksitimik'tir; duygulara kör ve sağırdır, anlamaz, anlatamaz ve yorum da yapamaz.
- Uyum becerisi; duygusal çevikliği (Emotional Agility) azdır. Liderlik, yöneticilik, ebeveynlik, psikoterapistlik yapamaz.
- Mahremiyet, gizlilik ve etik değerleri ayırt edemez.
- İnsan beynindeki Nöroplastisite yeteneği yoktur.

**Kaynaklar:**

1. Jessica Hamzelou. AI system is better than human doctors at predicting breast cancer. NewScientist (1 Jan, 2020).
2. Marc Aırhart. Brain Activity Decoder Can Reveal Stories in People’s Minds. University of Texas, College of Natural Sciences. (1 May, 2023).
3. Jason Dorrier. This Mind-Reading Cap Can Translate Thoughts to Text Thanks to AI. Singularity Hub (Dec 12, 2023). <https://singularityhub.com/2023/12/12/this-mind-reading-cap-can-translate-thoughts-to-text-thanks-to-ai/>
4. Marcin Fraçkiewicz. AI in Aviation Medicine: Health and Wellness Above the Clouds. Artificial intelligence, TS2 Spaceon (3 May, 2023).
5. What is an Embyroscope and why is it Used? <https://www.novaivffertility.com/fertility-help/what-embyroscope-and-why-it-used>
6. Ayhan Y. Yapay Zeka’nın Psikiyatri Üzerindeki Etkisi: Faydalar ve Endişeler- Tartışmalı bir ‘yazardan’ görüşler. Türk Psikiyatri Dergisi 2023;34(2):65–67

## PİLOTLARIN EMEKLİLİK YAŞI 67 OLMALI MI, OLABİLİR Mİ?

**Prof. Dr. Muzaffer ÇETİNGÜÇ**

Havacılık Tıbbı Derneği Bşk.

Pilot performansını azaltan tüm unsurların çok ciddiye alındığı havacılık dünyasında, pilotların hangi yaşa kadar etkin görev yapabilecekleri konusu 1950'li yıllardan beri tartışılmaktadır.

Tartışmalar, yaş ilerleyen pilotların;

1. Psikomotor ve mental performanslarının azalması,
2. Tıbbi inkapasitasyon olasılığı,
3. Uçuş emniyeti riskinin artması... eksenleri üzerinde yapılmaktadır.

Soru şudur: Yaşlılıkla ilgili kaygılar önyargılara mı dayanıyor? 2000'li yıllarda da yaşlılık sınırı değişmedi mi?



### ***Yaş Sınırlamalarının Kronolojisi-1***

- 1919: Uluslararası Hava Seyrüsefer Komisyonu, havayolu pilotlarının emekliliklerine 45 yaş sınırı koydu.
- 1950: Emeklilik yaşı 65 oldu.
- 1950-1959: Jet uçaklarına geçilmesi, uçak performanslarının, uçuş mesafelerinin ve yolcu sayılarının artması nedeniyle bazı havayolu şirketleri 60 yaşına gelen pilotların sözleşmelerini feshetmeye başladı.
- 1959: FAA, 60'ıncı yaş gününe gelen pilotların 30'dan fazla koltuklu yolcu uçaklarında (Part 121) görev almalarına yasak getirdi (Too Old To Fly); 60 YAŞ KURALI



### ***Yaş Ayrımcılığı***

- 1967 tarihli ABD Federal Yasası, ırk ve cinsiyet ayrımcılığı (Racism, Sexism) gibi, 40 yaş üstü insanlara çalışma ortamlarında yaş ayrımcılığını (Ageism) da yasakladı (1).
- 1986 yılında bu yasaya da 3 istisna getirildi: Ticari havayolu pilotları, Hava trafik kontrolörleri, Güvenlik personeli.

### ***Pilotların Yaş Sorunsalına Dair Raporlar***

FAA'in 1976-1988 arasındaki uçuş kazalarının analizine, kamuya açık bir toplantıdaki önerilerine ve bilimsel araştırma sonuçlarına dayanan Hilton Raporu 1993 yılında yayınladı. (Bu raporda toplumun her kesiminden gelen 2 binden fazla görüş değerlendirilmişti.). Halktan gelen önerilerin çoğu, pilotların emeklilik yaşının yükseltilmesine karşıydı; 55 yaştan sonra pilotların uçuşlarının yasaklanması isteniyordu. Ancak raporun bilimsel sonuçlarına göre; 60 yaş civarı pilotların kaza oranlarında artışa dair bir ipucu bulunmamıştı (2)

Hilton Raporundan 20 yıl sonra, Amerikan Ulusal Taşımacılık ve Emniyet Dairesi'nin (NTSB), 2009 yılı raporunun sonucuna göre de 60 yaş üstündeki pilotların kazalarında, sağlık sorunlarının sebep unsuru olduğuna dair bir bulgu yoktu (3). Amerikan Ulusal Sağlık Enstitüsü (NIH) ve Profesyonel Pilotlar Federasyonu da (PPF), havayolu pilotlarında önemli bir sağlık sorunu olmadıkça yaşın bilimsel bir engel teşkil etmediğini, pilotun uçuş deneyimi arttıkça kaza oranlarının azaldığını savunmaktaydılar (4).

FAA Sivil Havacılık Tıbbi Enstitüsü (CAMI) yaşlı pilotların tıbbi inkapasitasyonlarının kazalarda önemli bir yer tutmadığını; yargı, karar verme ve iletişim gibi insan faktörlerinin daha önemli olduğunu bildirmişti (5). Yaşlılıkla birlikte bilişsel yetilerin azalacağı savları, beyin plastisitesinin ve öğrenme hızının azalmasına dayandırılmakta idi. Ancak yeni araştırmalar nöroplastisitenin ve görsel temalı öğrenmenin yaşlılıkta durmadığını, hatta devam ettiğini göstermektedir (6). Pilot muayenesi yapma yetkisi verilmiş deneyimli uçuş doktorları (Aeromedical Examiner-AME), bazen genç yaşta oldukları halde uçmaması gereken durumda, bazen de 60 yaşında ama süper pilotlarla karşılaştıklarını söylemekteydiler (7).

Yaşlı pilotlarla ilgili birçok araştırmaları olan Dr. Guohua Li, (1983-1997 periyodunda) 3.306 pilotu ve bunların karıştıkları 165 uçuş kazasını inceledi. 40-49 ve 50-63 yaş gruplarındaki pilotların kaza oranlarında ve simülör uçuşu performanslarının mukayesesinde; yaşa bağlı anlamlı farklar bulunmadığını ortaya koydu (8). Dr. Baker'in çalışmasında ise, genel havacılıkta 55-63 yaş pilotların kaza oranlarının daha az, 40-49 yaş grubu erkek pilotların karar verme hatası oranlarının daha yüksek olduğu sonucu alındı (9). İngiltere'de yapılan bir araştırmada; 2004 yılında (4'ü uçuşta ölümle sonuçlanan) 36 inkapasitasyon olgusu rapor

edilmişti. İnkapasitasyon riski açısından, 60'lı yaşlardaki erkek pilotlardaki oran 40'lı yaştakilere göre 5 kat fazlaydı (10). Kaza oranlarına bakılan başka bir çalışmada 60 ve üstü yaşlarda daha genç gruplara göre 2 kat fazla kaza görülmüştür (11). 1972-81 periyoduna ait bir araştırmada, pilotların ölümcül kazaya karışma oranının tecrübe ile azaldığı, ama 60 yaş üstünde arttığı görülmüştür (12). Japonya'da 1991-2001 yıllarındaki ticari havayolu uçuşlarını kapsayan bir başka araştırmada; 60-63 yaşlarında 159 pilotun 84 bin saat uçuş yaptıkları periyotta gerçekleşen 27 kazadan hiçbirinde pilotaj hatası olmadığı sonucu alınmıştır (13).

Bu ve benzeri çok sayıda araştırmalarda birbirinin tam tersine sonuçlar elde edilmiş olması; insan bilimlerinde sıklıkla karşılaşılan görecelik kavramıyla ilgili olsa gerektir. Diğer taraftan, bazı araştırmacıların önyargılarını işin içine katarak, araştırma yöntemi, olgu seçimi ve yorumlarda yanlı davrandıkları düşünülebilir. Bazı kuruluşların ve farklı çıkar gruplarının lobicilik,vs. faaliyetleri doğrultusunda siparişe dayalı raporlar hazırlıyor olmaları da ihtimal dahilindedir...



### ***Yaş Sınırlamalarının Kronolojisi-2***

- 2004-2006: 'Yaşlı' pilotlara yönelik önyargılar (stigmatizasyon) 45 yıl devam etti. 2004 yılında Japonya, 2006 yılında da Kanada, Avustralya, Yeni Zelanda ve Avrupa Havacılık Otoritesi (JAA) emeklilik limitini (kokpitteki diğer pilotun 60 yaşın altında olması ve OML sınırlaması olmaması koşuluyla) 64 yaş sonuna, 65'e yükseltti.
- 2015: Japonya limiti 67 yaş sonuna uzattı; hatta 70 yaş konuşulmakta. Kanada ve diğer bazı ülkeler üst yaş limitini tamamen kaldırdı
- 2020: FAA da emeklilik sınırını 65 yaşa getirdi. 30'dan az yolculu uçuşlarda (Part 135 ve Charter) 65 yaş üstüne izin verdi.
- 2022: ABD senatosuna sunulan emeklilik yaşının 67'ye yükseltilmesi teklifi alt komisyonlarda kabul edildi. Bu öneri 'Bölgesel Havayolları Birliği-RAA' ve 'Ulusal Havayolu Taşıyıcıları Birliği-NACA' tarafından (pilot açığı olduğu, yüzlerce uçağın uçamadığı ve nitelikli pilotların mentor rolü oynayabilecekleri argümanıya) desteklendi. Havayolu Pilotları Birliği-ALPA karşı çıktı (14).



## **Sonuç**

Biyolojik (kronolojik) yaş, işlevsellik ve performans değerlendirmesinde güvenilir bir parametre değildir. Belki de en fazla görecelilik yaş konusundadır. Son on yıllarda sağlık bilinci ve özen artmıştır. Doğru beslenme, obezite kontrolü, sigara ve alkol tüketiminin azalması, hijyen, egzersiz, tıbbi destekler, yeni tanı ve tedavi metotları, ücretsiz sağlık hizmetleri ve sağlık sigortaları... Sonuçta yaşlı insanların sağlıklarında ve yaşam kalitelerinde iyileşme, yaşam sürelerinde uzama olmuş; yaşlılık sınırı değişmiştir. Günümüzde, 50-60 yıl öncesine kıyasla bir 'Yaş Kayması' olduğu kabul edilmektedir. Kronolojik yaş ölçütü yerine mesleki beceri ve performans gibi parametrelerin değerlendirilerek 'Fonksiyonel Yaş' kriterinin ölçü alınması çok daha doğrudur. Japonya'da 65-75 yaş grubunda olup çalışmaya devam eden, sosyal yaşamda da aktif kişiler için türetilen 'genç yaşlılar' anlamında bir kavram türetilmiştir: Young Old: YOLD.

İş yaşamında yaş ayrımcılığına yasak getiren ABD Federal Yasası (1986), çalışan insanlar için yaşın değil becerinin ve işlevselliğin (fonksiyonel yaşın) esas alınması prensibini kabul etmektedir (15). Yaşlılık kavramının bir rakama oturtulmasına ve performansın da bu rakam üzerinden değerlendirilmesi pek mantıklı görünmemektedir. Uçuş emniyeti bağlamında performansı azaltan psikomotor, bilişsel, nöropsikiyatrik ve tıbbi risk unsurlarının genç insanlarda olmayacağına garanti yoktur. İnsan hatasına bağlı uçuş kazalarının büyük çoğunluğu yaşlı olanların değil, genç ve orta yaşlardaki pilotların eseridir.

Zaten uçağa bir yolcu olarak adımını atan sıradan bir insanı, pilotun kaç yaşında olduğu değil, en doğru karar ve kumandalarla uçuşun tamamlanması ve yere emniyetle inilmesi ilgilendirir. Pilotun performansında yaşa veya başka sağlık sorunlarına ait bozulmalar bilimsel verilerle saptandığında onu uçuştan uzaklaştırmak mümkündür. Bunun yerine kronolojik yaş gibi kaba bir ölçüt kullanılarak deneyimli bir pilotun kokpitten uzaklaştırılması hem kişi hem de sistem için ciddi bir kayıptır.

Kanaatimizce, sıkı tıbbi ve mental değerlendirmelerde sorun bulunmayan 65 yaş üstü pilotlara; işlevselliğini engelleyen bir bulgu olmadığı takdirde, 67 yaşına kadar (sonraki yıllarda belki 70 ve ötesi) uçuş izni verilmeli, bu deneyimli pilotlardan daha uzun süre yararlanılmalıdır.

## **Kaynaklar**

1. Georgemiller R. The aging aviator. In: Kennedy CH, Kay GG. (Eds). Aeromedical Psychology. Ashgate Pub Ltd. England, 2013. pp. 269-82.
2. Wilkening R. The age 60 rule: age discrimination in commercial aviation. Aviat Space Environ Med. 2002;73:194-202.
3. Georgemiller R. The aging aviator. In: Kennedy CH, Kay GG. (Eds). Aeromedical Psychology. Ashgate Pub Ltd. England, 2013. pp. 269-82.
4. Aerospace Medical Association, Aviation Safety Committee, Civil Aviation Subcommittee. The Age 60 Rule. Aviat Space Environ Med. 2004; 75:708-15.
5. Schroeder DJ, Harris HC, Broach D. Pilot age and performance: An annotated bibliography (1990-1999). FAA, CAMI. ([https://www.faa.gov/data\\_research/research/med\\_humanfacs/age60/media/age60\\_1.pdf](https://www.faa.gov/data_research/research/med_humanfacs/age60/media/age60_1.pdf))

6. Doğan O. Yaşlılıkta çalışma ve iş ehliyeti. Geriatri ve Geriatrik Nöropsikiyatri. 12. Ulusal Geriatri Kongresi Özel Sayısı (1 Mart 2015). s. 1-4.
7. Bulletin of the Civil Aviation Medical Association. Winter 1992. p.5.
8. Li G, Baker SPG, et al. Human factors in aviation crashes involving older pilots. Aviat Space Environ Med. 2002;73:134-8.
9. Baker SPG, Lamb MW et al. Characteristics of general aviation crashes involving mature male and female pilots. Aviat Space Environ Med. 2001;72: 447-52.
10. Evans S, Radcliffe S-A. The annual incapacitation rate of commercial pilots. Aviat Space Environ Med 2012; 83:42-9.
11. Briscoe-Martinez G. The Aging Pilot Population and Methods to Reduce Aged Pilot Loss. May 2016. DOI:10.13140/RG.2.1.2553.6880.
12. Bazargan M, Guzhva VS. Impact of gender, age and experience of pilots on general aviation accidents. Accid Anal Prev. 2011 May;43(3):962-70. DOI: 10.1016/j.aap.2010.11.023.
13. Miura Y, Shoji M, et al. A 10-year retrospective review of airline transport pilots aged 60 to 63 in Japan. Aviat Space Environ Med. 2002; 73: 485-7
14. Rajesh Kumar Singh, Allison Lampert. Focus: US airline pilots fight their unions to increase retirement age. Reuters (Aug 22, 2023).
15. Georgemiller R. The aging aviator. In: Kennedy CH, Kay GG. (Eds). Aeromedical Psychology. Ashgate Pub Ltd. England, 2013. pp. 269-82.

# HAVA TRAFİK KONTROLÖRLÜĞÜ ÇALIŞMA KOŞULLARI

## Hava Trafik Kontrolörü Gökay GÜVEN

Devlet Hava Meydanları İşletmesi  
Türkiye Hava Trafik Kontrol Merkezi  
Türkiye Hava Trafik Kontrolörleri Derneği Ankara Şubesi

### ÖZET

Hava trafik kontrolörleri DHMİ bünyesinde 399 sayılı KHK ile kadro karşılığı sözleşmeli olarak istihdam edilen, yaptıkları iş, kamudaki en az diğer uzmanlar kadar çok nitelik gerektirse de genel idari hizmetler sınıfında istihdam edilen 2800 ek göstergeli kamu görevlileridir. 20 Ekim 2023 Tarihinde Havacılık ve Uzay Tıbbı Kongresinde yapılan bu sunumda, kuruma giriş şartları, çalışma koşulları ve meslek tanıtımından bahsedilmiştir.

#### ***Kuruma Giriş Şartları***

Hava Trafik kontrolör olabilmenin iki farklı metodu vardır: Birincisi Anadolu Üniversitesi'nde bulunan Hava Trafik kontrolörlüğü bölümünden mezun olmaktır. Mezun olduktan sonra Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü'nün açtığı lisans sınavına girilerek başarılı olunması durumunda lisans almaya hak kazanılır daha sonra da DHMİ'nin açtığı hava trafik kontrolörlüğü sınavına girilerek başarılı olunması durumunda Hava Trafik kontrolör olarak istihdam edilmiş olunur. İkinci metot ise herhangi bir lisans bölümünden mezun olduktan sonra yine devlet hava meydanları işletmesinin açtığı Stajyer hava trafik kontrolörü ilanına başvurulur ve ilanda belirtilen şartlar tamamlandıktan sonra sınavlarda da başarılı olunursa devlet hava meydanları işletmesi bünyesinde yetiştirilmek üzere hava trafik kontrolörü olunmaya hak kazanılır.

DHMİ'nin yaptığı sınavın önemli bir noktası vardır sınav Brüksel üzerinden Eurocontrol vasıtası ile yapılmaktadır, 3 saat süren bu sınavda tıpkı pilot alımı sınavlarında olduğu gibi adayların üç boyunlu düşünme kapasiteleri psikomotor becerileri ve stres tanımladıkları test edilmektedir.

#### ***Havacılık Akademisi***

Havacılık akademisi bitirme garantili bir hizmet içi eğitim kursundan ziyade tamamen Avrupa standartlarında eğitim sunan ve haliyle de mezun olması çok zor olan bir akademidir. Tıpkı Euro kontrol ülkelerinde olduğu gibi de emeğinin havacılık akademisinde de mezuniyet oranı yaklaşık %80'ler civarındadır.

Havacılık akademisinden mezun olunduktan sonra Hatay hava trafik kontrolörleri istihdam edildiği meydanlarına gönderilir ve orada bu sefer de işbaşı eğitimleri başlar. İşbaşı eğitimleri gittiği meydanların trafik yoğunluğuna göre altı ay ile bir buçuk yıl arasında sürmektedir fakat eğitimi bittikten sonra bir hava trafik kontrolörü tek başına inisiyatif



alabilecek şekilde operasyona oturabilmesi için yaklaşık, akademiden mezun olduktan sonra, üç yıl gerekmektedir haliyle bir hava trafik kontrolörü kolay yetişmemektedir.

### ***Çalışma Saatleri ve Koşulları***

Hava trafik kontrolörleri Euro kontrol tavsiyesi ile mesailerinde 2 saat aktif çalışma 2 saatte rezerv pozisyonda dinlenme olarak görev yaparlar. Her bir pozisyonda günde üç kez görev alarak mesailerini gündüz nöbetlerinde 12 buçuk saat gece nöbetlerinde de yaklaşık 13 buçuk saat sürmektedir. Artık kalan zaman zaman ise iki ekibin birbiriyle nöbet değişim saatlerinde aynı anda binada bulunmasından kaynaklanmaktadır.

Gerek günde birkaç uçağın indiği bir meydana gerekse de Türkiye hava trafik kontrol merkezindeki sektörlerde hava trafik kontrolörü sektör başına en az üç kontrolör olarak görev yapmaktadır bir kontrolör elinde mikrofona yani frekansı bulunduran uygulayıcı kontrol kontrolör, ikinci olarak uygulayıcı kontrolünün yapması gerekenleri planlayan ve uçaklara verilmesi gereken talimatlar konusunda çözümler üreten olan planlayıcı kontrolör, üçüncü olarak da bu iki kontrollerin iş yükünün arttığı anlarda onlara gelip yardımcı olan ve diğer ünitelerle bütün koordineleri kuran asistan kontrolörler hava trafiğinin emniyetli ve etkin bir biçimde yönetilmesini sağlamaktadır. Olası bir inkapasitasyon ihtimaline karşın, diğer vardiyadaki her bir sektör için üç kontrolörde operasyon odası dışında ama bina içerisindeki istirahat birimlerinde her an göreve hazır biçimde beklemektedir.

## HAVA TRAFİK KONTROLÖRLERİNDE SAĞLIK VE ÇALIŞMA ŞARTLARINA GENEL BAKIŞ VE ÖNERİLER

**Dr. Mustafa MORKOYUN**  
DHMİ Genel Müdürlüğü  
Esenboğa Havalimanı Başmüdürlüğü

1. Sağlık sertifikası düzenlenirken en çok dikkat edilmesi ve önem verilmesi gereken şartlar:
  - a. İyi görme
  - b. İyi duyma
  - c. Duyduğunu anlama
  - d. Anladığını karşı tarafa en iyi şekilde aktarma
  - e. Psikolojik ve psikiyatrik sağlamlık
  - f. Madde bağımlılığı olmaması
  - g. Ani inkapasitasyona düşürecek hastalığın olmaması
2. Sağlık Sertifikaları düzenlenirken:
  - a. İlk işe giriş muayeneleri geniş ve sağlık açısından eleme amaçlı,
  - b. Periyodik ve/veya genişletilmiş muayeneler koruyucu ve olası başlayacak hastalıkların önlenmesi amaçlı olmalıdır.
3. Haftalık çalışma saatleri dünya standardına uygun olarak 32 saat olmalıdır.
4. Hava Trafik Kontrolörleri OML şartlarında çalışırlar. Sağlık sertifikaları düzenlenirken; yerde ve OML şartlarında çalıştıkları göz önüne alınarak karar verilmelidir.
5. İşyerlerinde:
  - a. Yeterli konforu sağlanmış dinlenme odaları
  - b. 24 saat yemek ve içecek ihtiyaçlarını karşılayabilecek kantin vb.
  - c. Spor ve Sosyal etkinlikler için alanlar,
  - d. 24 saat hizmet verebilecek sağlık üniteleri bulunmalıdır.
6. İlk işe giriş muayenelerinde Psikiyatrik muayeneler tam ve eksiksiz yapılmalıdır, **Madde bağımlılıkları ve DSM 5 kriterlerine uygun bir hastalık çıktığında sistem dışında bırakılmalıdır.** Periyodik muayenelerde sistem içinde tutabilecek tedaviler varsa uygulanmalıdır. Tedavi edilemiyorsa sistem dışında tutulmalıdır.
7. Sistem dışında tutulacaklar hariç; ATCO'lar için diğer elverişsizlik kararları 'Hava trafik Kontrolörü olamaz' şeklinde değil, '**Geçici ya da kalıcı Aktif hava trafik kontrolörü olamaz**' şeklinde olmalıdır. DSM 5 kriterleri dışındaki sebeplerle verilen '**Geçici ya da kalıcı Aktif hava trafik kontrolörü olamaz**' kararları ile sistem dışına çıkarılmamış olurlar. Kalıcı-Aktif hava trafik kontrolörü olamaz kararı ile de ATCO'lar Meydan Kontrol, Yol Kontrol ve Yaklaşma dışındaki birimlerde Hava Trafik Kontrolörü olarak çalışabilirler.
8. Düzenli aralıklarla KVKK'na uygun olarak depolanan ve işlenen anketler yapıp ATCO'ların sağlığı ile ilgili kendi verileri toplanmalı ve gerekli durumlarda tıbbi destek sağlanmalıdır.
9. ATCO'lar için «Yasaklı İlaç Listeleri» çıkarılmalıdır, aktif çalışma esnasında kullanılması uygun olmayan ilaçlar her yıl güncellenmeli, ATCO'lara ve ATCO muayenesi yapan

hekimlere bildirilmelidir. Aktif çalışma esnasında kullanılması zorunlu yasaklı ilaç varlığında, ilacın kullanımı-etkisi geçene kadar aktif işten uzaklaştırılmalıdır.

10. Peer Support kavramı ATCO'lar arasında da bir program şeklinde uygulanmalıdır.
11. Tıbbi, Psikolojik ve Psikiyatrik destek alınabilecek birimler olmalıdır.
12. Mobbing ile ilgili düzenli aralıklarla ilgili kuruluşlardan yardım alınmalı ve Mobbing taramaları yapılmalıdır.
13. Madde bağımlılığı ve alkol denetimleri tarafsız birimler tarafından yapılmalıdır.
14. Yol kontrol, yaklaşma ve kulede çalışan aktif hava trafik kontrolörlerine "Bord başı tazminatı" verilmelidir.
15. ATCO'lar için özlük hakları, çalışma şartları, yasal sorumluluklar vb. konuları içeren yasal düzenlemeler yapılmalıdır. Örneğin "Hava Trafik Kontrolörleri Kanunu"

# UZAY ORTAMI FİZİĞİ, FİZYOLOJİSİ VE TIBBI

**Uzm. Dr. Buyçe KAYA**

Hava ve Uzay Hekimliği Uzmanı  
Van Eğitim ve Araştırma Hastanesi

## BİLDİRİ ÖZETİ

### *Atmosfer Değişiklikleri*

Uzay ortamı Dünya yüzeyinden belirgin bir şekilde farklıdır ve uygun atmosfere sahip olmadığı için yaşanılabilir olmadığı kabul edilmektedir. Bildiğimiz kadarıyla, atmosfer Dünya'ya özgüdür.

### *Mikro yer çekimi*

Bir uzay aracının yörüngeye yerleştirilmesi ve orada kalması Dünya'nın çekim kuvvetine karşı dengelenme kuvveti ile sağlanır. Denge sağlandığında araç yüzeye doğru düşmeyecektir. Merkezkaç ve yer çekimi kuvvetinin bu şekilde dengelenmesi, gerçek yerçekimsizliği simüle eder ve daha doğru bir ifadeyle “serbest düşme” veya “mikro yer çekimi” olarak adlandırılır.

### *Akselerasyon kuvvetleri*

Uzay aracının doğrusal veya açısal hızının değiştirilmesi, uçuş personelinin de akselerasyon kuvvetlerine maruz kalmasına sebep olur.

### *Radyasyon*

Radyasyona maruz kalmanın sağlık üzerindeki potansiyel etkileri ve engelleme yöntemlerinin sınırlı olması nedeniyle radyasyon, insanlı uzay uçuşunun ana sınırlayıcısı olarak kabul edilmektedir.

### *Uzay Uçuşunun Fizyolojiye Etkileri*

#### *Kardiyovasküler etkiler*

Değişen yerçekimi ortamına maruz kalmak, kardiyovasküler sistemdeki değişikliklerin en büyük etkenidir. Klinik olarak vücut sıvı dağılımındaki değişiklikler ve uçuş sonrası ortostatik intolerans bugüne kadarki en önemli bulgular arasındadır.

#### *Solunum sistemi etkileri*

Uzay uçuşunda kendiliğinden akciğer değişiklikleri ortaya çıkması nadir görülmekle birlikte yer çekiminin akciğer ve göğüs duvarının mekanik özellikleri üzerine etkisi vardır. OSAS'a bağlı horlama ve uyku kalitesindeki bozulmanın mikro yer çekiminde klinik olarak iyiye gittiği söylenebilir.

### ***Nörovestibüler ve oftalmik etkiler***

Yerçekimi ortamındaki değişikliklerin klinik olarak anlamlı sonuçları arasında, hareket hastalığı ve uçuş sonrası postural dengesizlik olarak ortaya çıkan vestibüler fonksiyon bozukluğu, görme bozuklukları, uzay uçuşuyla ilişkili nöro-oküler sendrom (SANS), baş ağrısı ve uykusuzluk yer alır.

### ***Kas iskelet sistemi***

Kas-iskelet sistemi yerçekimsizlikten olumsuz etkilenir. Klinik olarak; hızlandırılmış kemik kaybı, kas atrofisi, uzay adaptasyonu sırt ağrısı (SABP) ve uzay uçuşunu takiben intervertebral disk fitiği riskinde artış bugüne kadar elde edilen bulgular arasında yer alıyor.

## **UZAY ORTAMI FİZİĞİ, FİZYOLOJİSİ VE TIBBİ**

Uzay tıbbi alanı, Rus kozmonot Yuri Gagarin'in Nisan 1961'de yörüngeye uçuşundan çok daha önce başlamıştır. Yüksek irtifa balon uçuşlarıyla oksijen basıncının azaldığı atmosferde basınçlı kabinlerin etkinliği zaten gösterilmiş, fırlatma ve iniş sırasında karşılaşılabilecek ivme kuvvetleri ve toleransların çoğu, yer çalışmalarından ve havacılıktan anlaşılıyordu. İlk uzay uçuşunun kazandıracağı ise, yer çekimsizliğin insan vücudu üzerindeki derin etkilerinin anlaşılmasıydı.

Uzay uçuşu insan sağlığı ve performansı açısından zorlayıcı olabilir. İnsan sağlığı ve fizyolojisindeki bazı değişiklikler, mikro yerçekimi ve galaktik kozmik radyasyon gibi uzay uçuşuna özgü stres faktörlerinin sonucudur. Diğer değişiklikler izolasyon ve yorgunluk gibi daha tanıdık stres etkenleri tarafından tetiklenir.

İnsanlar giderek daha uzun ve daha zorlu uzay uçuşu görevlerini keşfetmek için Dünya'dan uzaklaştıkça, uzay uçuşunun hem genel olarak halk hem de uzay uçuşu topluluğu içindeki bazı kişiler için kolayca ulaşılabilir ve sıradan görünmesi riski ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte, uzay uçuşu hiç de kolay değildir ve insanları güvenli bir şekilde Dünya atmosferinin korumasının ötesine göndermek için her bir uçuş, mühendislik, insan faktörleri, coğrafya, hava durumu ve sistemlerin mükemmele yakın bir uyumunu gerektirir. Bu hizalama başarısız olduğunda aksilikler ve olaylar meydana gelebilir.

Uzay uçuşunun fizyolojik etkilerini incelemeyen önce uzay uçuş ortamının temel çevresel faktörlerinden kısaca bahsedilecektir.

### ***Atmosfer Değişiklikleri:***

Uzay ortamı Dünya yüzeyinden belirgin bir şekilde farklıdır ve uygun atmosfere sahip olmadığı için yaşanılabilir olmadığı kabul edilmektedir. Bildiğimiz kadarıyla, 1 atm basınç ve kabaca % 80 nitrojen/%20 oksijen karışımından oluşan standart deniz seviyesi atmosferi Dünya'ya özgüdür ve kesinlikle güneş sistemimizde başka hiçbir yerde mevcut değildir.

İrtifa arttıkça yaklaşık 19.200 m'de (63.000 feet) karşılaşılan Armstrong Hattında ortam basıncı 47 mmHg'ye düşer ve normal vücut sıcaklığında (37°C) su buharlaşmaya başlar. Bu basınca veya daha düşük basınca doğrudan maruz kalan vücut sıvıları, örneğin dil veya açıkta kalan mukus zarları 'kaynatarak uzaklaşacaktır'. Ortam basıncı azaldıkça, elastik doku

kuvvetleri aşılar ve vücutta çözülmüş gazlar, ebulizm olarak bilinen bir olay olan oksijen, nitrojen ve su buharı da dahil olmak üzere kabarcıklara dönüşür.

Oksijen basıncı solunumu ve metabolizmayı destekleyen ve yaşanabilir bir atmosfer için gereken genel basıncın belirleyicisidir. Bu, normal deniz seviyesinde atmosferinin yüzde 21'idir ve yaklaşık 160 mmHg basınç olarak düşünülebilir. Bu yüzden 160 mmHg'lik bir basınç ve yüzde 100 oksijen kişiye uzun süre destek sağlayabilir. Kabaca 15.250 m (50.000 feet) ortam basıncına karşılık gelen bir yükseklikte veya bunun üzerinde, basınçlı kabinler veya elbiseler tarafından tam basınç korumasının gerekli olduğu anlamına gelir.

27000 m (90000 fit) üzerinde atmosfer, hava solunmalı jet motorlarını yeterli miktarda destekleyemez ve ilave roket motorlarının kullanılması gerekir. Hava aracının yönünün kontrol edilebilmesi için ilave roket motorlarının kullanıldığı bu irtifa "Von Karmann hattı" olarak adlandırılır. 180-200 kilometre (km) irtifalar üstünde atmosfer ve uzay boşluğu arasındaki sınırı belirleyen hava direnci yok denecek kadar azdır. Atmosferin üst sınırı moleküller arasındaki çarpışmaların ölçülemeyecek derecede nadir hale geldiği nokta (yaklaşık 700 km) olarak tanımlanır. Bu nokta üstünde hava molekülü sayısının yaklaşık 1- 20 mol/cm<sup>3</sup>'lük bir yoğunluğa kadar incelendiği, ekzosfer olarak bilinen gerçek uzayın sert vakumu bulunur.

### ***Mikro Yer Çekimi:***

Yer çekimi kuvveti dünyadaki yaşamın bir gerçeğidir. Dünyadan uzaya çıkış ve uzaydan Dünya'ya geri dönüş uçuşları sırasında insanlar yer çekiminden önemli oranda etkilenirler. Dünya yüzeyinde gezegenin kütlesi 9,81 m/s<sup>2</sup>'ye (32 fit/s<sup>2</sup>) eşit çekim kuvveti uygular.

Bir uzay aracının yörüngeye yerleştirilmesi ve orada kalması Dünya'nın çekim kuvvetine karşı dengelenme kuvveti ile sağlanır. Dengelenme kuvvetini oluşturabilmek için yörüngedeki aracın hızı yeterli olmalıdır. Denge sağlandığında araç yüzeye doğru düşmeyecektir. Merkezkaç ve yer çekimi kuvvetinin bu şekilde dengelenmesi, gerçek yerçekimsizliği simüle eder ve daha doğru bir ifadeyle "serbest düşme" veya "mikro yer çekimi" olarak adlandırılır. İnsanlı uzay uçuşu, fırlatma ve iniş sırasında 1 G'den büyük kısa süreli ivme yüklerini içerir. Daha da önemlisi, sığıraya yakın ile 1 G arasındaki yer çekimi seviyelerine uzun süreli maruz kalma, uzay tıbbını esas ilgilendiren konudur. Sıfır G, yörüngedeki uzay aracının serbest düşüş ortamında ve ay-ötesi ve gezegenler arası uçuşun kıyı evreleri sırasında gerçekleştiği gibi, bir nesne üzerinde mekanik bir kuvvetin yokluğunu ifade eder ve insan uzay uçuşu deneyiminin büyük çoğunluğunu oluşturur. Bizi en çok ilgilendiren dünya dışı cisimler, özellikle Ay ve Mars, G'nin kesirlerini (Ay için kabaca altıda biri, Mars için üçte biri) ima edecektir.

### ***Akselerasyon Kuvvetleri:***

Yukarıda bahsedildiği gibi uzayda seyahat için ilave roket teknolojilerinin kullanımı zorunludur. Uzaydan Dünya'ya geri dönebilmek için uzay aracının Dünya atmosferini fren olarak kullanması ve hızını kaybetmesi gerekir. Hızdaki bu büyük değişiklikler uzay aracı ve içindeki uçuş ekibi üzerinde önemli hızlanma (akselerasyon) ve yavaşlama (deselerasyon) kuvvetleri oluşturur. Uzay aracının doğrusal veya açısal hızının değiştirilmesi, uçuş personelinin de akselerasyon kuvvetlerine maruz kalmasına sebep olur.

## ***Radyasyon***

Radyasyona maruz kalmanın sağlık üzerindeki potansiyel etkileri nedeniyle radyasyon, insanlı uzay uçuşunun ana sınırlayıcısı olarak kabul edilmektedir. Yerçekimi ve atmosferden farklı olarak, ortaya çıkan sağlık tehlikeleri için sınırlı teknik çözümler bulunmaktadır.

Radyasyon, enerjinin yüklü ve nötr atom altı parçacıklar veya dalgalar halinde yayılan elektromanyetik enerji biçiminde transferini içerir. Uzay, sürekli olarak büyük ölçüde yıldız kaynaklarından ve yüksek enerjiler ve büyük mesafeler içeren süreçlerden gelen geniş bir radyasyon spektrumuyla yıkanan bir radyasyon ortamıdır.

Radyasyon işlevsel olarak iki kategoriye ayrılır: Işık veya radyofrekans enerjisi gibi elektromanyetik dalgaların termal etkiler sağladığı **iyonlaştırıcı olmayan** ve parçacıklar veya dalgalarla etkileşimlerin elektronları etkilenen atomlardan uzaklaştırdığı ve yüklü iyon varlıklarının ortaya çıkmasına neden olduğu **iyonlaştırıcı radyasyon**.

Her ikisi de biyolojik sistemlere zarar verebilir. Atmosferin üzerinde, insanlarla ilgili iyonlaştırıcı olmayan radyasyonun baskın biçimi güneş ultraviyole (UV) ışığıdır. Yoğunluk doğrudan Güneş'e yakınlığımızla ilgilidir ve güneş mesafesinin karesiyle azalır. Dünyaya yakın uzaydaki radyasyon büyük çoğunlukla atmosfer sayesinde filtrelendir. UV radyasyonundan gelen enerji, ısı olarak fiziksel bir nesneye aktarılır ve insan uzay uçağı için bunun sonuçları arasında doğrudan UV doku hasarı ve habitat üzerindeki termal etkiler yer alır. Gözler UV radyasyonuna karşı özellikle hassastır, bu da yoğun şekilde filtrelenmiş pencereler veya uzay giysisi vizörleri gerektirir. Güneş UV radyasyonunun daha yaygın yönü, uzay aracı ve maruz kalan herhangi bir nesne tarafından emilen termal enerjidir. Dünya'ya yakın uzayda ısıdan korunmak ısının üretilmesinden daha büyük bir göreceli sorundur. Ancak doğrudan güneş ışığından korunduğunda fiziksel nesnelere oldukça soğuyabilir. Bir cismin yüzey sıcaklığı tam güneşte 150°C olabilirken, tam gölgede -100°C'ye kadar düşebilir. Bunun, yörünge fazına bağlı olarak (örneğin, tam güneş ışığı altında veya yörüngenin "gece" tarafında tutulma sırasında) ısıtma ve soğutma arasında sürekli ayarlamalar gerektiren araç dışı aktivite üzerinde bariz etkileri vardır.

İyonlaştırıcı radyasyon birden fazla kaynaktan gelir ve çeşitli mekanizmalar yoluyla ani ve uzun vadeli doku hasarına neden olabilir.

Güneş kaynaklı yüksek enerjili parçacıklardan oluşan solar kozmik radyasyon (SKR), Güneş sistemi dışı galaksilerden kaynaklanan galaktik kozmik radyasyon (GKR) ve Güneş patlamaları nedeniyle oluşan enerji yüklü solar parçacık veya proton olayları (SPO) olmak üzere üç farklı kaynağa sahiptir.

a) GKR: Güneş sistemi dışından kaynaklanır ve süpernovaların parçalanması gibi olaylar nedeniyle ortaya çıkar. Galaktik yüklü parçacıklar yüksek hızları nedeniyle metrelerce kalınlıkta katı maddeden geçebilirler. Bu özellikleri pasif kalkanları (örneğin uzay aracının alüminyum duvarları) işlevsiz hale getirmektedir.

b) SKR: Güneş'in yakın konumlarda bulunan enerji yüklü parçacıklar SKR ve Güneş rüzgarının kaynağıdır. Güneşin koronasından kaynaklanan ve Güneş'in manyetik alanı nedeniyle Güneş'ten radyal olarak yayılan elektron, proton ve alfa parçacıklarından oluşan

plazma Güneş rüzgârı olarak bilinir. Kuzey kutbu (aurora borealis) ve Antartika (aurora australis) auroralarının oluşumundan Güneş rüzgârı sorumludur.

c) SPO: Güneş patlamaları sonucu oluşan enerji yüklü parçacıkların uzaya yayılması ile oluşur. SPO'lar ticari jet uçuş irtifalarında kozmik radyasyona maruziyet riskini attırır. Yılda ortalama bir kez meydana gelirler. 1956'dan bu yana yıllık 1 mSv eşik doza ulaşan hiçbir SPO saptanmamıştır. Yine de olası yüksek dozlar için bu olayların takip edilmeleri önemlidir.

### ***Kozmik Radyasyonun Sağlık Riskleri***

Radyasyonun dokularda en büyük etkisi oluşturduğu kimyasal radikallerle DNA hasarıdır. DNA'da özellikle helikal yapıda glikoz-fosfat bağları etkilenir. Gen delesyonları ve kromozomal aberasyonları içeren mutasyonlar meydana gelir. Nükleer patlamalar gibi çok yüksek seviyede iyonize radyasyonun ortaya çıktığı durumlarda şiddetli hücre hasarı ve hücre ölümü gerçekleşir. Uzun dönemde kanser ve genetik malformasyonlar ortaya çıkar. Kozmik radyasyon ve X ışınlarına maruziyet gibi düşük miktarda radyasyon maruziyetlerinde ise bu etkileri tahmin edebilmek zordur.

Uzay uçuşunun en bilinen yönleri yer çekimsizlik ve atmosferin olmayışıdır. Basitçe söylemek gerekirse, Dünya'dan ayrılmak, önemli fiziksel güçlerin üstesinden gelmek anlamına gelir ve bunlar insan vücuduna fizyolojik etkileri olan fiziksel yükler getirir.

### ***Kardiyovasküler Sistem Etkileri***

Kardiyovasküler sistem, uzay uçuşu sırasında önemli araştırmaların konusu olmuştur. Değişen yerçekimi ortamına maruz kalmak, kardiyovasküler sistemdeki değişikliklerin en büyük itici gücüdür. Klinik olarak vücut sıvı dağılımındaki değişiklikler ("sıvı değişimleri") ve uçuş sonrası ortostatik intolerans bugüne kadarki en önemli bulgular arasındadır. Diğer aktif araştırma alanları arasında kardiyak yeniden şekillenme ve atrofi, aritmiler ve uzay uçuşunu takiben uzun vadeli kardiyak sekeller yer almaktadır.

### ***Ortostatik İntolerans***

Ortostatik intolerans, ayakta durma veya eğik masa testi gibi ortostatik strese yanıt olarak kan basıncında buna karşılık gelen minimum artış veya azalma ile aşırı kalp atış hızı artışı olarak tanımlanır. Bu tanıma göre kısa süreli uzay uçuşlarının yaklaşık %17 ila %25'i, uzun süreli uzay uçuşlarının ise %83'ü ortostatik intolerans geliştirmektedir. Ortostatik intolerans tipik olarak inişten kısa bir süre sonra ortaya çıkar ve genellikle 24 saat içinde düzelir.

Ortostatik intolerans uçuş sonrası mürettebat performansı açısından önemli bir faktördür, acil iniş sonrası araçtan çıkmanın gerektiği durumlarda ortostatik intolerans buna engel olabilir. Günümüzde astronotlara inişten sonra genellikle destek personeli ekipleri eşlik eder, ancak Ay ve Mars'a yapılacak gelecekteki görevlerde bu tür bir destek bulunmayacağı durumlarda mürettebatın kendi kendine çıkmasını gerektirmeden ortostatik intoleransı önleyecek ve bazı durumlarda buna uyum sağlayacak mekanizmalar operasyonel bir zorunluluktur.

Ortostatik intoleransı önleme mekanizmaları arasında uçuş sırasında egzersiz, plazma hacmini artırmak için sıvı yükleme, alt ekstremitte kompresyon giysilerinin kullanılması ve mürettebat üyelerinin aktif soğutma veya araç soğuması ile aşırı ısınmasının önlenmesi yer alır.



### ***Aritmiler***

Uzay uçuşunun çeşitli yönlerinin aritmojenik olduğu varsayılmıştır; bunlar arasında yüksek düzeyde fiziksel ve duygusal stres, ön yükte karşılık gelen artışla birlikte merkezi sıvı değişimleri, atriyal genişleme, elektrolit anormallikleri ve otonom sinir sistemi tonusunda değişiklikler yer alır). Ancak klinik açıdan anlamlı aritmilerin uzay uçuşlarında Dünya'dakinden daha yaygın olduğu gösterilmemiştir. Bildirilen aritmilerin çoğu aralıklı ve asemptomatik erken ventriküler veya atriyal kasılmalardır.

### ***Potansiyel Uzun Dönem Kardiyak Sekel***

Astronotlarda aterosklerotik kardiyovasküler hastalık (ASCVD) prevalansı düşüktür. Ancak iyonlaştırıcı radyasyona maruz kalmanın ASCVD'den etkilenen bireylerin oranını artırabileceği hipotezi öne sürülmüştür. Ancak iyonlaştırıcı radyasyonun ASCVD ve astronotlarda ve kozmonotlarda kansere bağlı ölümler üzerindeki etkisine ilişkin geniş bir epidemiyolojik analiz, uzay radyasyonunun katkısının klinik olarak anlamlı olmadığını göstermiştir.

Uzun süreli görev yapan astronotlarda uçuş sırasında büyük arterlerde IMT (intima media thickness) ölçüldüğünde artış olduğu ancak görev sonrasında hızlıca düştüğü gözlenmiş ve ASCVD ile ilişkilendirilememiştir. ASCVD komplikasyonları (akut koroner sendrom gibi) nedeniyle ani iş göremezlik riskinin düşük olmasını sağlamak için astronotlar, ilk seçimlerinden önce ve her uçuştan önce ASCVD açısından iyi bir şekilde taranır. Ayrıca astronotlarda bu riski değerlendirmek açısından Astro-CHARM skorlaması geliştirilmiştir.

### ***Solunum Sistemi Etkileri***

Uzay uçuşunda kendiliğinden akciğer değişiklikleri ortaya çıkması nadir görülmekle birlikte yer çekiminin akciğer ve göğüs duvarının mekanik özellikleri üzerine etkisi vardır. Genel olarak, hem akciğer perfüzyonu (Q) hem de ventilasyonu (V) mikro yer çekiminde daha homojen hale gelse de bazı alanlarda eşitsizlik devam eder, iki ortam arasında klinik olarak farklılık ortaya çıkarmaz.

Pulmoner kapiller kan hacmi ve alveoler membran difüzyon kapasitesindeki artışlar nedeniyle akciğerin CO difüzyon kapasitesi mikro yerçekiminde ortalama %28 artar. Tidal hacim azalır, ancak solunum hızı artar ve fizyolojik ve alveoler ölü boşluklardaki azalma nedeniyle alveolar ventilasyon aynı kalır. Son olarak, O<sub>2</sub> alımı ve CO<sub>2</sub> çıkışı, ön kontrol değerlerine kıyasla değişmeden kalır; artan çevresel CO<sub>2</sub> ortamında ekspire edilen CO<sub>2</sub>'nin kısmi basıncının arttığı dikkate değer bir uyarıdır.

Ek çalışmalar, hemoglobin-O<sub>2</sub> satürasyon eğrisinin, çeşitli hipoksi koşulları altında mikro yerçekiminde Dünya'da ölçülenden farklı olmadığını bulmuştur.

Konveksiyon ve yer çekiminin olmayışı nedeniyle, atmosferde asılı duran yabancı cisimlerin ve aerosollerin solunmasının uzayda karaya göre daha yaygın olduğu varsayılmıştır (111).

### ***Nörovestibüler ve Oftalmik Etkiler***

Yerçekimi ortamındaki değişiklikler, merkezi sıvı değişimleri, solunan CO<sub>2</sub>'nin yüksek kısmi basıncı ve günlük ışık düzeninin eksikliği, uzay uçuşu sırasında ve sonrasında merkezi

sinir sisteminin (CNS) biçimini ve işlevini değiştirebilir. Bu değişikliklerin klinik olarak anlamlı sonuçları arasında, hareket hastalığı ve uçuş sonrası postüral dengesizlik olarak ortaya çıkan vestibüler fonksiyon bozukluğu, görme bozuklukları, uzay uçuşuyla ilişkili nöro-oküler sendrom, baş ağrısı ve uykusuzluk yer alır.

### ***Vestibüler ve Somatosensoriyel Fonksiyon***

Duruş, denge ve motor koordinasyonu vestibüler, somatosensoriyel ve görsel girdilerin karmaşık entegrasyonuna bağlıdır. Bu üç duyuşal yöntemden vestibüler sistemin uzay uçuşundan en çok etkilendiği görülmektedir. Başın doğrusal ivmelerini tespit etmek için sabit bir yerçekimsel uyarana bağımlı olan otolit organlar, mikro yer çekimine karşı benzersiz bir şekilde savunmasıdır.

Neyse ki, CNS'nin esnekliği duyuşal girdilerin yeniden yorumlanmasına ve yeniden anlamlandırmasına olanak sağlar. Bu esneklik, bir duyuşal girdinin başarısız olması durumunda duruş ve dengeyi korumak için yeterli telafiyi sağlar. Bununla birlikte, uzay uçuşundan elde edilen kanıtlar, otolit organlardan gelen değişen duyuşal girdilere adaptasyonun birkaç gün gerektirdiğini ve bu süre zarfında astronotların, uzay hareket hastalığında (UHH) görülenler gibi semptomlara karşı savunmasız olduğunu göstermektedir.

Uzay adaptasyon sendromu (UAS) olarak adlandırılan daha geniş bir semptom grubunun (yüz tıkanıklığı, baş ağrısı ve sırt ağrısı dahil) bir parçası olan UHH, yer çekimsizliğe geçişin ardından astronotlar arasında sıklıkla görülür. UHH semptomları, karada hareket hastalığı ile benzerlikler gösterir ve kusma, mide bulantısı, halsizlik, baş ağrısı ve kızarmayı içerir. UHH, tipik olarak ani başlangıçlı olması, kusmanın sıklıkla minimal bulantı ile ortaya çıkması ve ciltte kızarma (solgunluk yerine) görülebilmesi açısından hareket hastalığından farklıdır). Karasal Söpite sendromuna (taşıt tutması kaynaklı yorgunluk) benzer semptomlar UHH'de de ortaya çıkar; yorgunluk, ruh hali ve kişilik değişiklikleri ve halsizlik tanımlanmıştır. Önemli bir fizik muayene bulgusu bağırsak seslerinin olmamasıdır; bu durum, semptomlar başladıktan sonra UHH'nin hafifletilmesinde oral ilaçların muhtemelen etkisiz olduğunu vurgulamaktadır.

Ne yazık ki kimin UHH geliştireceğini ve dolayısıyla profilaksiden en çok kimin yararlanacağını tahmin etmek zor olmuştur. UHH gelişimi için en iyi öngörücü risk faktörü daha önceki bir UHH dönemidir. Yaş, cinsiyet, karada hareket hastalığına yatkınlık, önceki uzay uçuşu deneyimi ve rolün (örneğin astronot pilotu veya görev uzmanı) UHH'yi güçlü bir şekilde öngördüğü gösterilmemiştir.

UHH semptomlarının başlangıcı, mikro yerçekimine maruz kaldıktan sonraki dakikalar içinde ortaya çıkabilir, ancak genellikle 1 ila 2 saat içinde ortaya çıkar ve genellikle 12 ila 72 saat içinde düzelir. UHH'nin semptomatik aşaması sırasında operasyonel etkileri sınırlamak veya önlemek için genellikle tedavi gerekir. Kısa süreli uzay uçuşlarında tedavi özellikle önemlidir, çünkü hastalık nedeniyle iş kapasitesinin 1 ila 3 gün azalması, görev üzerinde çok büyük bir etkiye sahip olacaktır.

UHH için tercih edilen profilaktik ilaç prometazindir; intramüsküler veya fitil olarak verilebilir, ancak operasyon kolaylığı açısından genellikle oral yol tercih edilir. Genellikle 25 veya 50 mg'lık bir dozda verilir. Meklizin ve skopolamin gibi diğer antihistaminikler

kullanılmış olmasına rağmen, UHH'nin önlenmesi ve tedavisinde en etkili ajan prometazindir. UHH'de gözlemlenen mide hareketliliğinin eksikliği göz önüne alındığında, ağızdan olmayan uygulama yolları, kas içi prometazin'i uzay aracı tıbbi kitlerinin temelini oluşturur. Ne yazık ki, birinci nesil antihistaminiklerin operasyonel olarak uyusukluk, yavaşlamış reaksiyon süresi ve idrar retansiyonu gibi yan etkileri vardır. Bu nedenle, kullanımlarının faydası bu risklere karşı tartılmalıdır. Ondansetron gibi 5-hidroksitriptamin (5-HT3) antagonistleri, birinci nesil antihistaminiklerden daha olumlu yan etki profiline sahip olmasına rağmen, UHH'nin önlenmesinde veya tedavisinde etkili oldukları gösterilmemiştir.

Bu semptomlara ek olarak, neredeyse tüm uzun süreli astronotlar inişten sonra bir dereceye kadar yeniden giriş hareket hastalığı (RMS) yaşarlar. Tedavi dinlenmeyi, baş hareketini sınırlamayı, ortostazi önlemek veya düzeltmek için sıvı takviyesini ve antiemetiklerin kullanımını içerir. (Ancak ilaç yan etkileri de sık olup idrar retansiyonu gibi sıkıntılara yol açtığından tedavi verirken de dikkatli olunmalı)

Uzay uçuşunu takiben nörovestibüler fonksiyonun tam iyileşmesine kadar geçen sürenin 4 ila 15 gün arasında olduğu tahmin edilmektedir. İyileşmeye kadar geçen bu geniş zaman aralığı, normal, karasal olarak uyarlanmış nörovestibüler fonksiyon için gerekli olan farklı sistemlerin farklı oranlarda iyileştiği gerçeğini yansıtmaktadır.

Uçuş sırasındaki egzersiz rejimleri, uçuş sonrası nörovestibüler disfonksiyonun azaltılmasına yardımcı olabilir. ISS'de gelişmiş dirençli egzersiz cihazının (ARED) kullanımının uçuş sonrası çeviklik testini önemli ölçüde iyileştirdiği ve postüral stabilitenin iyileşmesine yönelik bir eğilim ile ilişkili olduğu gösterilmiştir. Uçuş sırasında yapılan egzersizin aynı zamanda öznel sakarlık duygularına karşı da koruyucu olduğu görülmüştür. Uzay Mekiği'nin kokpitindeki pilot-astronotlar, diğer astronotlara göre uçuş sonrasında daha az vertigo bildirdiler; bu da yeniden giriş sırasında kokpiti tararken yapılan kafa hareketlerinin koruyucu olabileceğini düşündürmektedir. Uçuş öncesi ve uçuş sonrası aşamalarında uygulanan karşı önlemlerin henüz kesin bir fayda sağladığı gösterilmemiştir. İncelenmekte olan karşı önlemler arasında uçuş öncesi simülasyon eğitimi, galvanik vestibüler stimülasyon ve retinal görüntü stabilitesini korumak için stroboskopik gözlükler yer alıyor.

### ***Oküler Fonksiyon ve Uzay Uçuşuyla İlişkili Nöro-oküler Sendrom***

Görme, özellikle de yakın görme, genellikle birkaç gün maruz kaldıktan sonra mikro yerçekiminden etkilenir. Kısa süreli astronotların %23' ü ve uzun süreli astronotların %48'i, uzay uçuşu sırasında veya sonrasında yakın görme keskinliğinde azalma olduğundan şikayetçi olmuştur (130). Bu durum, astronotların yörüngedeyken eksiklikler oluşması durumunda kullanmaları için uçuş öncesi "uzay tahmin gözlüklerinin" reçete edilmesini zorunlu kılmıştır.

Görme keskinliğindeki değişiklikler 2011'den önce iyi bir şekilde belgelenmiş olmasına rağmen, yedi uzun süreli astronottan oluşan bir vaka serisinde disk ödemi, koroid kıvrımları, pamuk yünü lekeleri, sinir lifi tabakası kalınlaşması ve arka küre düzleşmesi. Bu bulgular başlangıçta görme bozukluğu/kafa içi basınç (VIIP) sendromu olarak adlandırıldı, ancak daha sonra sendrom, genellikle subklinik olan gözlenen değişiklikleri daha iyi tanımlamak için uzay uçuşuyla ilişkili nöro-oküler sendrom (SANS) olarak yeniden adlandırıldı.

SANS bulguları sıklıkla asimetriktir ve sağ gözü sol göze göre daha fazla etkiler. SANS'ın mevcut vaka tanımı, Frisen derece 1 (C şeklinde veya daha yüksek) optik disk ödemidir. Bu vaka tanımına göre, geri dönen USOS uzun süreli astronotlarında SANS yaygınlığı yaklaşık %16' dır. SANS'ın yaygınlığını artıracak şekilde vaka tanımının daha kapsayıcı olacak şekilde güncellenmesine yönelik çalışmalar devam etmektedir; yeni bir rapor vaka tanımını herhangi bir retina ödemi, göz küresinde düzleşme, koroid veya retina kıvrımları, hipermetrop kırılma hatası veya pamuksu lekeler şeklinde genişletmiştir.

Foveanın öne doğru yer değiştirmesine neden olan göz küresinin düzleşmesinin bir sonucu olarak SANS, görme keskinliğinde hipermetropik bir kaymaya neden olur. Bu değişim uçuş sırasında başlar ve uçuştan sonra yıllarca devam edebilir. Her ne kadar SANS'ın tüm spektrumu 2011 yılına kadar karakterize edilmemiş olsa da SANS, insan uzay uçuşunun erken dönemlerinde keşfedilen ve uzay tahmin gözlüklerinin kullanılmasını gerektiren yakın görme keskinliğindeki azalmaların olası etiyojisidir. Bugüne kadar tüm görme keskinliği azalmaları 20/20'ye kadar düzeltilebilir. Bununla birlikte, papilödem ve pamuksu lekeler, kalıcı ve düzeltilemez görme kaybı için varsayımsal bir risk teşkil etmektedir; bu durum, sağlık açısından önemli operasyonel ve uzun vadeli etkilere sahip olabilecek bir olaydır.

Ne yazık ki, SANS'ın kesin etiyojisi bilinmemektedir, bu da karşı önlemlerin ve tedavilerin geliştirilmesini zorlaştırmaktadır.

Diğer Oküler Bulgular arasında gib artışı ve katarakt oluşum riskinin artması sayılabilir.

### ***Kas-iskelet sistemi***

Kas-iskelet sistemi yerçekimsizlikten olumsuz etkilenir. Klinik olarak; hızlandırılmış kemik kaybı, kas atrofisi, uzay adaptasyonu sırt ağrısı (SABP) ve uzay uçuşunu takiben intervertebral disk fitiği riskinde artış bugüne kadar elde edilen bulgular arasında yer alıyor. Ek olarak, yerçekimsel yük azalmasından kaynaklanan spinal uzama gibi antropometrik değişiklikler, EVA kıyafetleri ve yeniden giriş araç koltuk kaplamaları dahil olmak üzere önemli ekipmanların yetersiz uyumu nedeniyle operasyonel etki potansiyeline sahiptir.

Uçuş sırasında egzersiz, mikro yerçekiminde hızlanan kemik ve kas kaybına karşı birincil önlemdir. Hem aerobik hem de dirençli egzersiz ayrı ayrı önemlidir, ancak yüksek yoğunluklu dirençli egzersiz özellikle kemik-kas sağlığı açısından tercih edilmelidir.

Yoğun dirençli egzersiz ve bifosfonatların yanı sıra, uygun kalori ve D vitamini alımının sürdürülmesi de uzay uçuşu sırasında artan kemik kaybına karşı bir "karşı önlem" olarak araştırılmıştır.

### ***Antropometrik Değişiklikler ve Sırt Ağrısı***

Sırt ağrısı uzay uçuşlarında yaygındır ve omurganın uzamasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir.

SABP, uzay uçuşunun ilk 5 günü içinde gelişen ve yaralanma veya fırlatma rampasında uzun süre oturarak geçirilen süreden kaynaklanmayan semptomlarla karakterizedir (180). SABP semptomları uyku sırasında en belirgindir. SABP en yaygın olarak uçuşun 2, 3 ve 4. günlerini etkiler ve nadiren uzay uçuşunun ilk 10 gününden sonra rapor edilir. Etkili tedaviler

arasında steroid olmayan antiinflamatuvar ilaçlar (NSAID'ler), fetal konumlandırma (dizler göğse doğru) ve egzersiz sırasında omurganın yüklenmesi yer alır (180).

### ***Böbrek ve Genitoüriner Sistem Etkileri***

Glomerüler filtrasyon hızı (GFR) ile ölçülen böbrek fonksiyonu, veriler sınırlı olmasına rağmen, mikro yerçekimine maruz kalmaktan nispeten etkilenmemiş gibi görünmektedir. Mikro yerçekimine akut maruz kalma, uçuşun ilk 2 günü boyunca GFR'yi geçici olarak artırır, ancak böbrek plazma akışı aynı kalır; bu, böbreklerin mikro yerçekimine adaptasyonu tamamlanana kadar böbrek filtrasyon fraksiyonunda hafif bir artışa yol açan bir kombinasyondur.

Akut sıvı değişimlerine renal yanıt karmaşıktır, ancak sonuçta sıvının vasküler boşluktan interstisyel ve hücre içi boşluklara ekstravazasyonuna yol açar. "Henry-Gauer" refleksi tarafından tahmin edilen merkezi sıvı değişimlerine bir yanıt olan diürez, uzay uçuşunda meydana gelmiyor gibi görünüyor ve toplam vücut suyu aynı kalıyor. Plazma hacmi ekstravazasyonunu yönlendiren mekanizmaların, yerçekimsel boşaltmanın doğrudan mekanik etkisini, böbrekten artan sodyum yeniden emilimini, yüksek plazma antidiüretik hormonunu, yüksek atriyal natriüretik peptidden artan vasküler geçirgenliği ve yüksek plazma renin aktivitesini içerdiği öne sürülmüştür. Böbrek açısından bakıldığında, vücudun mikro yerçekimindeki sıvıyı idare etmesi, "kalp yetmezliği olan hastaların... hasta olmayanların" kine benzetilmiştir.

Kalsiyum homeostazisi uzay uçuşundan etkilenir ve kemikten salınan fazla kalsiyumun böbrek taşı hastalığı için potansiyel bir risk olduğu tespit edilmiştir. Yeterli dirençli egzersizi ve beslenme önlemleri olmayan mürettebat üyelerinde bu aşırı kalsiyum salınımı, dolaşımdaki plazma paratiroid hormonu (PTH) ve D vitamininde azalmaya yol açar. Buna yanıt olarak böbrekler kalsiyumun yeniden emilimini azaltır, bu da nefrolitiazis için bir risk faktörü olan idrar kalsiyumunda net bir artışa yol açar. Artan idrar kalsiyumuna ek olarak, nefrolitiazis için uçuş sırasındaki ek riskler arasında toplam günlük idrar hacminde azalma, idrar sitratında azalma ve idrar pH'sında azalma yer alır.

Tarihsel olarak renal kolik, bir Rus kozmonotun neredeyse acil yörüngeden çıkmasına neden oluyordu. Bununla birlikte, uçuş sırasında nefrolitiazis riski iyi bir şekilde ölçülmemiştir. ABD astronotları üzerinde yapılan bir çalışmada, 332 astronotun kayıt incelemesinde 14 böbrek taşının olduğu belgelendi, ancak hiçbirine uçuş sırasında teşhis konmadı. Gerçekten de astronotlarda böbrek taşı vakalarının oranı, karşılaştırma popülasyonuna göre daha düşüktü (~0,0025'e karşı 0,0041 taş/kişi-yıl). Ancak yazarlar, uçuş sonrası idrar belirteçlerini uçuş öncesi olanlarla karşılaştırarak ölçüldüğü gibi, uzay uçuşunu takiben kalsiyum oksalat taşı riski taşıyan astronotların sayısında %80'lik bir artış bulmuşlardır. Genel risk iyi karakterize edilmemiş olsa da potasyum sitratın uçuş sırasında nefrolitiazise karşı bir önlem olarak araştırılmış ve taş oluşumuna ilişkin idrar belirteç riskini uçuş öncesi düşük seviyelerde tuttuğu bulunmuştur.

Nefrolitiazisin yanı sıra, uzay uçuşu sırasında genitoüriner sorunlar arasında akut idrar retansiyonu (AUR) yer almaktadır. AUR'un uçuş sırasında meydana geldiği belgelenmiştir; İlk vaka raporlarından biri, görevinin ilk 7 gününde kateterizasyona ihtiyaç duyan bir kişiyi

içeriyordu. Mercury programından ISS Expedition 38'e kadar olan tıbbi kayıtların incelenmesi, ISS'deki kişi görevi başına 0,021 olay vakası ile dokuz idrar retansiyonu vakasını (sekiz Uzay Mekiğinde ve bir ISS'de) ortaya çıkardı. Uzay uçuşunda AUR'nin etiyolojisi her zaman açık olmasa da riskler antikolinerjik ilaçların (prometazin gibi) kullanımını ve kadın cinsiyetini içerir.

Jinekolojik ve obstetrik açıdan bakıldığında, uzay uçuşunun normal menstruasyon hacmini, akışını veya tutarlılığını değiştirdiği görülmemektedir ve aktif hamilelik dışında uzay uçuşuna katılmada kadınlara özgü herhangi bir sınırlama yoktur. Kadın astronotlar rahim içi cihazları, levonorgestrel implantlarını ve oral kontraseptifleri mikro yerçekiminde sorunsuz bir şekilde kullanmışlardır. Ek olarak, daha önce uzay uçuşuna maruz kalmanın hamile kalma yeteneğini olumsuz yönde etkilediği görülmemektedir. 2005 yılında yapılan bir inceleme, NASA astronotları arasında 56 uçuş sonrası hamilelik meydana geldiğini ve bunların 11'inin uzaydan döndükten sonraki 1 yıl içinde gerçekleştiğini ortaya çıkardı. Bu popülasyonda dokuz düşük ve iki ölü doğum olmasına rağmen, geri dönen kadın astronotlarda (41-42 yaş) ortalama anne yaşı hesaba katıldığında oran yüksek görünmüyordu.

### ***Gastrointestinal Sistem Etkileri***

Gastrointestinal (GI) semptomlar astronotlar tarafından yaygın olarak rapor edilmektedir, ancak bu semptomlar genellikle UHH gibi diğer durumların bir sonucu olarak ortaya çıkar. Diğer vücut sistemlerinden bağımsız olarak GI kanalının fonksiyonel araştırmaları şu ana kadar sınırlıydı. Fonksiyonel GI araştırmalarının yanı sıra, diğer araştırma konuları arasında ilaç farmakokinetiği, mikrobiyom ve uzay uçuşunda akut GI durumlarını önlemek için profilaktik cerrahinin kullanımı yer almaktadır.

Oral ilaçlar, uzay uçuşu tıbbi kitlerinin önemli ve sıklıkla kullanılan bir özelliği olmasına rağmen, bu ilaçların uzay uçuşundaki oral emilimi ve hepatik metabolizması, karasal farmakokinetik çalışmalarda bildirilenlere eşdeğer olmayabilir ve kesin çalışmalar henüz yapılmamıştır. Küçük çalışmalar, astronotlarda oral uygulamayı takiben ilaç metabolitlerinin tükürük konsantrasyonlarını analiz etti. Kısa süreli astronotlarda yapılan iki çalışma, asetaminofen ve skopolamin/dekstroamfetamin uygulamasını takiben erken uçuşta emilimin ve zirve konsantrasyonuna ulaşma süresinin daha hızlı olduğunu ve uçuşun ilerleyen dönemlerinde emilimin ve zirve konsantrasyonuna ulaşma süresinin geciktiğini bildirdi. Kısa süreli astronotlarda yapılan bir başka çalışmada, oral prometazin uygulamasını takiben daha yüksek pik konsantrasyonları ve yarı ömrün azaldığı bulunmuştur. Bu çalışmaların dışında, sonuç çıkarılabilecek veriler oldukça sınırlıdır.

GI mikrobiyomu hem karada hem de uzayda aktif ve gelecek vaat eden bir araştırma alanıdır, ancak yerdeki hastanelerde ve kliniklerde bile bu araştırmanın terapötik etkisi şu ana kadar küçük olmuştur. Uzay uçuşu sırasında, ISS astronotlarının GI mikrobiyomunun alfa çeşitliliği ve zenginliği artar; uzay ortamının doğasında olan izolasyon ve sınırlı hacim göz önüne alındığında beklenmedik bir bulgudur. Astronotlar arasındaki mikrobiyomlar da ISS'ye vardikten yaklaşık 7 gün sonra birbirine daha benzer hale gelir ve Dünya'ya döndükten sonraki 2 ay içinde uçuş öncesi temel çizgiye normalleşir (194). Uzay uçuşunda görülen mikrobiyota türlerindeki spesifik değişikliklerin, uzay uçuşunda görülen bağışıklık değişiklikleriyle ilişkili olduğu varsayılmıştır, ancak bu ilişkilerin daha büyük çalışmalarla doğrulanması gerekecektir.

Uzun süreli uzay uçuşundan önce, kolesistit ve apandisit gibi akut yetersizliğe neden olan GI durumlarını önlemek için profilaktik cerrahi, bazen görev sırasında tıbbi riski azaltmak için bir yöntem olarak önerilmiştir. Ancak her iki durumun da uzayda meydana gelme riski iyi bir şekilde ölçülmemiştir. Ek olarak, uzay uçuşu sırasında ince bağırsak tıkanıklığına yol açan cerrahi sonrası yapışıklık riski, ameliyatların önleyeceği altta yatan durumların riski kadar büyük olabilir. Bu, profilaktik cerrahinin bir tıbbi riski diğeriyle değiştirebileceğini göstermektedir.

### ***Hematopoetik Sistem ve Mikrobiyoloji***

Astronotlarda hematopoietik sistemdeki değişiklikler belgelenmiştir. Sıvı değişimleri, yüksek düzeyde duygusal ve fiziksel stres, mikro yerçekiminin doğrudan etkileri, artan ortam radyasyonu ve beslenme yetersizlikleri bu değişikliklerin potansiyel nedenlerinden bazılarıdır. Klinik açıdan anlamlı hematopoietik bulgular arasında uçuş sonrası anemi ve hücre bazlı bağışıklıkta uçuş sırasında reaktivasyona ve herpesvirüslerin yayılmasına yol açan azalmalar yer alır. Hematopoietik sistemle ilgili diğer araştırma alanları arasında mikro yerçekiminde venöz tromboembolizm riski, çekirdek vücut sıcaklığındaki artışlar ve mikrobiyal direnç ve virülansta ilgili değişiklikler yer alır.

## **KAYNAKLAR**

Abdullah S, Hastings JL, Shibata S, et al. Effects of prolonged space flight on cardiac structure and function. *Circulation*. 2013;128(suppl 22):A18672.

Alfrey CP, Udden MM, Leach-Huntoon C, et al. Control of red blood cell mass in spaceflight. *J Appl Physiol* (1985). 1996;81(1):98-104.

Alperin N, Bagci AM, Lee SH. Spaceflight-induced changes in white matter hyperintensity burden in astronauts. *Neurology*. 2017;89(21):2187-2191.

Alperin N, Bagci AM. Spaceflight-induced visual impairment and globe deformations in astronauts are linked to orbital cerebrospinal fluid volume increase. *Acta Neurochir Suppl*. 2018;126:215-219.

Arbeille P, Provost R, Zuj K. Carotid and femoral artery intima-media thickness during 6 months of spaceflight. *Aerosp Med Hum Perform*. 2016;87(5):449-453.

Auñón-Chancellor SM, Pattarini JM, Moll S, et al. Venous Thrombosis during Spaceflight. *N Engl J Med*. 2020;382(1):89-90.

Azuma K, Kagi N, Yanagi U, et al. Effects of low-level inhalation exposure to carbon dioxide in indoor environments: a short review on human health and psychomotor performance. *Environ Int*. 2018;121:51-56.

Bacal K, Billica R, Bishop S. Neurovestibular symptoms following space flight. *J Vestib Res*. 2003;13(2-3):93-102.

Baker D. Soyuz Owner's Workshop Manual: 1967 Onwards (All Models): An Insight into Russia's Flagship Spacecraft from Moon Missions to the International Space Station. Haynes Publishing Group; Haynes North America, Inc; 2014:172p.

Ball CG, Kirkpatrick AW, Williams DR, et al. Prophylactic surgery prior to extended-duration space flight: is the benefit worth the risk? *Can J Surg.* 2012;55(2):125-131.

Ball J, Evans C. Safe Passage: Astronaut Care for " Missions. National Academies Press; 2001. Accessed March 27, 2017. <http://www.nap.edu/catalog/10218>

Barger LK, Flynn-Evans EE, Kubey A, et al. Prevalence of sleep deficiency and use of hypnotic drugs in astronauts before, during, and after spaceflight: an observational study. *Lancet Neurol.* 2014;13(9):904-912.

Bloomberg JJ, Reschke MF, Clement GR, et al. Risk of Impaired Control of Spacecraft/Associated Systems and Decreased Mobility Due to Vestibular/Sensorimotor Alterations Associated with Space flight. Published September 21, 2015. Accessed July 10, 2019. <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20150018603>

Blue RS, Bayuse TM, Daniels VR, et al. Supplying a pharmacy for NASA exploration spaceflight: challenges and current understanding. *NPJ Microgravity.* 2019;5(1):1-12.

Buckey JC, Gaffney FA, Lane LD, et al. Central venous pressure in space. *J Appl Physiol* (1985). 1996;81(1):19-25.

Buckey JC, Lane LD, Levine BD, et al. Orthostatic intolerance after spaceflight. *J Appl Physiol* (1985). 1996;81(1):7-18.

Buckey JC, Phillips SD, Anderson AP, et al. Microgravity-induced ocular changes are related to body weight. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2018;315(3):R496-R499.

Byrnes JR, Wolberg AS. Red blood cells in thrombosis. *Blood.* 2017;130(16):1795-1799.

Carroll D, Reyes D, Kerstman EL, et al. A quantitative risk-benefit analysis of prophylactic surgery prior to extended-duration spaceflight. 2017. Accessed July 15, 2020. <https://ntrs.nasa.gov/citations/20160013654>

Chang DG, Healey RM, Snyder AJ, et al. Lumbar spine paraspinal muscle and intervertebral disc height changes in astronauts after long-duration spaceflight on the International Space Station. *Spine.* 2016;41(24):1917-1924.

Chung C-P, Hu H-H. Jugular venous reflux. *J Med Ultrasound.* 2008;16(3):210-222.

Chylack LT, Feiveson AH, Peterson LE, et al. NASCA Report 2: Longitudinal study of relationship of exposure to space radiation and risk of lens opacity. *Radiat Res.* 2012;178(1):25-32.

Cintron NM, Putcha L, Vanderploeg JM. In-flight Pharmacokinetics of Acetaminophen in Saliva. Report No: NASA/TM-1987b-58280. NASA Johnson Space Center: National Aeronautics and Space Administration; 1987.



Cintron NM, Putcha L, Vanderploeg JM. In-flight Salivary Pharmacokinetics of Scopolamine and Dextroamphetamine. Report No: NASA/TM-1987-58280. NASA Johnson Space Center: National Aeronautics and Space Administration; 1987.

Cole R. NASA Astronaut urinary conditions associated with spaceflight. Published April 28, 2016. Accessed June 15, 2020. <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20160005247>

Conkin J, Wessel JH, Norcross JR, et al. Hemoglobin oxygen saturation with mild hypoxia and microgravity. *Aerosp Med Hum Perform*. 2017;88(6):527-534.

Connolly DM, Lee VM. Odds ratio meta-analysis and increased prevalence of white matter injury in healthy divers. *Aerosp Med Hum Perform*. 2015;86(11):928-935.

Convertino VA, Cooke WH. Evaluation of cardiovascular risks of spaceflight does not support the NASA bioastronautics critical path roadmap. *Aviat Space Environ Med*. 2005;76(9):869-876.

Crucian B, Kunz H, Sams CF. Risk of Crew Adverse Health Event Due to Altered Immune Response. Lyndon B. Johnson Space Center. 2015. Accessed July 15, 2020. [https://humanresearchroadmap.nasa.gov/evidence/reports/Immune\\_2015-05.pdf?rnd=0.0122247249876264](https://humanresearchroadmap.nasa.gov/evidence/reports/Immune_2015-05.pdf?rnd=0.0122247249876264)

Davis JR, Jennings RT, Beck BG, et al. Treatment efficacy of intramuscular promethazine for space motion sickness. *Aviat Space Environ Med*. 1993;64(3 Pt 1):230-233.

Davis JR, Vanderploeg JM, Santy PA, et al. Space motion sickness during 24 flights of the space shuttle. *Aviat Space Environ Med*. 1988;59(12):1185-1189.

Davis, J. R., Johnson, R., & Stepanek, J. (Eds.). (2022). *Fundamentals of aerospace medicine*. Lippincott Williams & Wilkins.

De Santo NG, Cirillo M, Kirsch KA, et al. Anemia and erythropoietin in space flights. *Semin Nephrol*. 2005;25(6):379-387.

Delp MD, Charvat JM, Limoli CL, et al. Apollo lunar astronauts show higher cardiovascular disease mortality: possible deep space radiation effects on the vascular endothelium. *Sci Rep*. 2016;6:29901.

Drummer C, Norsk P, Heer M. Water and sodium balance in space. *Am J Kidney Dis*. 2001;38(3):684-690.

Duchesne S, Sweterlitsch J, Son C, et al. Impacts of an Ammonia Leak on the Cabin Atmosphere of the International Space Station. Report No: NASA/TR-2012-7777. NASA Johnson Space Center. Published January 1, 2012. Accessed June 28, 2020. <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20120007777>

Elliott AR, Shea SA, Dijk DJ, et al. Microgravity reduces sleep-disordered breathing in humans. *Am J Respir Crit Care Med*. 2001;164(3):478-485.

Ezell EC, Ezell LN. *The Partnership: A NASA History of the Apollo-Soyuz Test Project*. Dover Publications; 2010:557p.

Fodroci M, Gafka G, Lutomski M, et al. Long-Term International Space Station (ISS) Risk Reduction Activities. Report No: NASA/TR-2011-16203. NASA Johnson Space Center. Published October 17, 2011. Accessed June 28, 2020. <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20110016203>

Fortney SM, Steinmann L, Young JA, et al. Fluid-loading solutions and plasma volume: Astroade and salt tablets with water. National Aeronautics and Space Administration. Published January 1, 1994. Accessed July 15, 2020. <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19940019071.pdf>

Fritsch-Yelle JM, Charles JB, Jones MM, et al. Microgravity decreases heart rate and arterial pressure in humans. *J Appl Physiol* (1985). 1996;80(3):910-914.

Garcia M. Space Station spacewalks. National Aeronautics and Space Administration; 2015. Accessed September 29, 2019. [http://www.nasa.gov/mission\\_pages/station/spacewalks](http://www.nasa.gov/mission_pages/station/spacewalks)

Gibson CR, Mader TH, Schallhorn SC, et al. Visual stability of laser vision correction in an astronaut on a Soyuz mission to the International Space Station. *J Cataract Refract Surg*. 2012;38(8):1486-1491.

Gopalakrishnan R, Genc KO, Rice AJ, et al. Muscle volume, strength, endurance, and exercise loads during 6-month missions in space. *Aviat Space Environ Med*. 2010;81(2):91-102.

Gotshall RW, Yumikura S, Aten LA. Effect of the prelaunch position on the cardiovascular response to standing. *Aviat Space Environ Med*. 1991;62(12):1132-1136.

Greenleaf JE, Geelen G, Jackson C, et al. Vascular Uptake of Rehydration Fluids in Hypohydrated Men at Rest and Exercise. National Aeronautics and Space Administration; 1992.

Hale W, Lane HW, Wings in Orbit: Scientific and Engineering Legacies of the Space Shuttle, 1971–2010. National Aeronautics and Space Administration; 2010:553p.

Hall R, Shayler D. Soyuz: A Universal Spacecraft. Springer, Praxis Pub; 2003:459p.

Hamilton DR, Sargsyan AE, Garcia K, et al. Cardiac and vascular responses to thigh cuffs and respiratory maneuvers on crewmembers of the International Space Station. *J Appl Physiol* (1985). 2012;112(3):454-462.

Heer M, Paloski WH. Space motion sickness: incidence, etiology, and countermeasures. *Auton Neurosci Basic Clin*. 2006;129(1-2):77-79.

Holder D, Hutchens C. Development Status of the International Space Station Urine Processor Assembly. Report No: NASA/TR-2003-01-2690. NASA Marshall Space Flight Center. Published January 1, 2003. Accessed June 28, 2020. <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20030066933>

Huang AS, Stenger MB, Macias BR. Gravitational influence on intraocular pressure: implications for spaceflight and disease. *J Glaucoma*. 2019;28(8):756-764.

Hwang S, Agada P, Kiemel T, et al. Dynamic reweighting of three modalities for sensor fusion. *PLoS One*. 2014;9(1):e88132.

International Space Station Assembly YouTube. Accessed August 12, 2019. <https://www.youtube.com/watch?v=0WK0uaXd0oE>

James J, Ryder V. Health effects of atmospheric contamination. In: Barratt M, Baker E, Pool S, eds. Principles of Clinical Medicine for Space Flight. 2nd ed. Springer-Verlag; 2019.

Jenkins DR. The History of Developing the National Space Transportation System: The Beginning Through STS-75. 2nd ed. D.R. Jenkins; 1996:324p.

Jennings RT, Baker ES. Gynecological and reproductive issues for women in space: a review. Obstet Gynecol Surv. 2000;55(2):109-116.

Jennings RT, Sawin CFT, Barratt MR. Space operations. In: Davis JR, Johnson R, Stepanek J, eds. Fundamentals of Aerospace Medicine. 4th ed. Lippincott Williams & Wilkins; 2008:516-551.

Johnston RS, Dietlein LF, Berry CA, et al. Biomedical results of Apollo. Published January 1, 1975. Accessed July 6, 2019. <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=19760005580>

Johnston SL, Campbell MR, Scheuring R, et al. Risk of herniated nucleus pulposus among U.S. astronauts. Aviat Space Environ Med. 2010;81(6):566-574.

Jones JA, Jennings R, Pietryzk R, et al. Genitourinary issues during spaceflight: a review. Int J Impot Res. 2005;17(suppl 1):S64-S67.

Kanas N, Manzey D. Space Psychology and Psychiatry. Microcosm Press and Springer; 2008.

Kennedy Space Center. Space Transportation System. Accessed September 29, 2019. [https://science.ksc.nasa.gov/shuttle/technology/sts-newsref/sts\\_overview.html](https://science.ksc.nasa.gov/shuttle/technology/sts-newsref/sts_overview.html)

Kerstman EL, Scheuring RA, Barnes MG, et al. Space adaptation back pain: a retrospective study. Aviat Space Environ Med. 2012;83(1):2-7.

Khera A, Budoff MJ, O'Donnell CJ, et al. Astronaut Cardiovascular Health and Risk Modification (Astro-CHARM) coronary calcium atherosclerotic cardiovascular disease risk calculator. Circulation. 2018;138(17):1819-1827.

Khine HW, Steding-Ehrenborg K, Hastings JL, et al. Effects of prolonged spaceflight on atrial size, atrial electrophysiology, and risk of atrial fibrillation. Circ Arrhythm Electrophysiol. 2018;11(5):e005959.

Kirsch KA, Röcker L, Gauer OH, et al. Venous pressure in man during weightlessness. Science. 1984;225(4658):218-219.

Kramer HJ, Heer M, Cirillo M, et al. Renal hemodynamics in space. Am J Kidney Dis. 2001;38(3):675-678.

Kramer LA, Hasan KM, Stenger MB, et al. Intracranial effects of microgravity: a prospective longitudinal MRI study. Radiology. 2020;295(3):640-648.

Kunz H, Quiariarte H, Simpson RJ, et al. Alterations in hematologic indices during long-duration spaceflight. BMC Hematol. 2017;17:12.

Lackner JR, Dizio P. Space motion sickness. Exp Brain Res. 2006;175(3):377-399.

- Lau RY, Guo X. A review on current osteoporosis research: with special focus on disuse bone loss. *J Osteoporos.* 2011. Accessed July 24, 2019. <https://www.hindawi.com/journals/jos/2011/293808/>
- Law J, Van Baalen M, Foy M, et al. Relationship between carbon dioxide levels and reported headaches on the international space station. *J Occup Environ Med.* 2014;56(5):477-483.
- Law J, Young M, Alexander D, et al. Carbon dioxide physiological training at NASA. *Aerosp Med Hum Perform.* 2017;88(10):897-902.
- Lawley JS, Petersen LG, Howden EJ, et al. Effect of gravity and microgravity on intracranial pressure. *J Physiol.* 2017;595(6):2115-2127.
- Leach CS, Alfrey CP, Suki WN, et al. Regulation of body fluid compartments during short-term spaceflight. *J Appl Physiol (1985).* 1996;81(1):105-116.
- LeBlanc A, Lin C, Shackelford L, et al. Muscle volume, MRI relaxation times (T2), and body composition after spaceflight. *J Appl Physiol (1985).* 2000;89(6):2158-2164.
- Leblanc A, Matsumoto T, Jones J, et al. Bisphosphonates as a supplement to exercise to protect bone during long-duration spaceflight. *Osteoporos Int.* 2013;24(7):2105-2114.
- LeBlanc A, Schneider V, Shackelford L, et al. Bone mineral and lean tissue loss after long duration space flight. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2000;1(2):157-160.
- Lee AG, Mader TH, Gibson CR, et al. Space flight-associated neuro-ocular syndrome (SANS). *Eye Lond Engl.* 2018;32(7):1164-1167.
- Lee AG, Mader TH, Gibson CR, et al. Space flight-associated neuro-ocular syndrome. *JAMA Ophthalmol.* 2017;135(9):992-994.
- Lee AG, Mader TH, Gibson CR, et al. Spaceflight associated neuro-ocular syndrome (SANS) and the neuro-ophthalmologic effects of microgravity: a review and an update. *NPJ Microgravity.* 2020;6(1):1-10.
- Lee SMC, Stenger MB, Laurie SS, et al. Risk of cardiac rhythm problems during spaceflight. Published June 12, 2017. Accessed July 10, 2019. <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20170005625>
- Liakopoulos V, Leivaditis K, Eleftheriadis T, et al. The kidney in space. *Int Urol Nephrol.* 2012;44(6):1893-1901.
- Mader TH, Gibson CR, Otto CA, et al. Persistent asymmetric optic disc swelling after long-duration space flight: implications for pathogenesis. *J Neuroophthalmol.* 2017;37(2):133-139.
- Mader TH, Gibson CR, Pass AF, et al. Optic disc edema, globe flattening, choroidal folds, and hyperopic shifts observed in astronauts after long-duration space flight. *Ophthalmology.* 2011;118(10):2058-2069.
- Marshall-Goebel K, Laurie SS, Alferova IV, et al. Assessment of jugular venous blood flow stasis and thrombosis during spaceflight. *JAMA Netw Open.* 2019;2(11):e1915011-e1915011.
- McCarthy JF, Dodds JI, Crowder RS. Development of the Apollo launch escape system. *J Spacecr Rockets.* 1968;5(8):927-932.

- Meck JV, Reyes CJ, Perez SA, et al. Marked exacerbation of orthostatic intolerance after long- vs. short-duration spaceflight in veteran astronauts. *Psychosom Med*. 2001;63(6):865-873.
- Moore AD, Lynn PA, Feiveson AH. The first 10 years of aerobic exercise responses to long-duration ISS flights. *Aerosp Med Hum Perform*. 2015;86(suppl 12):A78-A86.
- Moore TP, Thornton WE. Space shuttle inflight and postflight fluid shifts measured by leg volume changes. *Aviat Space Environ Med*. 1987;58(9 Pt 2):A91-A96.
- Morgan C. Shuttle-Mir: The United States and Russia Share History's Highest Stage. NASA Johnson Space Center; 2001. Accessed July 15, 2020. <https://history.nasa.gov/SP-4225.pdf>
- Murray CA, Cox CB. Apollo. South Mountain Books; 2004.
- National Aeronautics and Space Administration. Skylab Medical Experiments Altitude Test (SMEAT). Report No: NASA/TMX-58115. NASA Johnson Space Center; 1973.
- National Research Council. Spacecraft Maximum Allowable Concentrations for Selected Airborne Contaminants. Vol 2. The National Academies Press; 1996. Accessed June 27, 2020. <https://www.nap.edu/catalog/5170/spacecraft-maximum-allowable-concentrations-for-selected-airborne-contaminants-volume-2>
- National Technical Reports Library. Biomedical results of the Space Shuttle Program. Accessed July 8, 2019. <https://ntrl.ntis.gov/NTRL/dashboard/searchResults/titleDetail/PB2014103574.xhtml>
- Nelson ES, Mulugeta L, Myers JG. Microgravity-induced fluid shift and ophthalmic changes. *Life (Basel)*. 2014;4(4):621-665.
- Norsk P, Asmar A, Damgaard M, et al. Fluid shifts, vasodilatation and ambulatory blood pressure reduction during long duration spaceflight. *J Physiol*. 2015;593(3):573-584.
- Norsk P, Damgaard M, Petersen L, et al. Vasorelaxation in space. *Hypertension*. 2006;47(1):69-73.
- Norsk P. Blood pressure regulation IV: adaptive responses to weightlessness. *Eur J Appl Physiol*. 2014;114(3):481-497.
- Orwoll ES, Adler RA, Amin S, et al. Skeletal health in long-duration astronauts: nature, assessment, and management recommendations from the NASA Bone Summit. *J Bone Miner Res*. 2013;28(6):1243-1255.
- Otto CA, Norsk P, Shelhamer M, et al. The visual impairment intracranial pressure syndrome in long duration NASA Astronauts: an integrated approach. Published November 10, 2015. Accessed Jun 16, 2020. <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20150021772>
- Paloski WH, Reschke MF, Black FO, et al. Recovery of postural equilibrium control following space flight. Published January 1, 1999. Accessed October 4, 2019. <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20040201535>
- Payne MWC, Williams DR, Trudel G. Space flight rehabilitation. *Am J Phys Med Rehabil*. 2007;86(7):583-591.

- Perhonen MA, Franco F, Lane LD, et al. Cardiac atrophy after bed rest and spaceflight. *J Appl Physiol* (1985). 2001;91(2):645-653.
- Pietrzyk RA, Jones JA, Sams CF, et al. Renal stone formation among astronauts. *Aviat Space Environ Med*. 2007;78(suppl 4):A9-A13.
- Platts SH, Tuxhorn JA, Ribeiro LC, et al. Compression garments as countermeasures to orthostatic intolerance. *Aviat Space Environ Med*. 2009;80(5):437-442.
- Ploutz-Snyder L, Ryder J, English K, et al. Risk of Impaired Performance Due to Reduced Muscle Mass, Strength, and Endurance. National Aeronautics and Space Administration; 2015.
- Portree DSF. Integrated Program Plan "Maximum Rate" Traffic Model (1970). *Wired*. Published April 18, 2012. Accessed September 29, 2019. <https://www.wired.com/2012/04/integrated-program-plan-maximum-rate-traffic-model-1970/>
- Putcha L, Berens KL, Marshburn TH, et al. Pharmaceutical use by U.S. astronauts on space shuttle missions. *Aviat Space Environ Med*. 1999;70(7):705-708.
- Reschke MF, Bloomberg JJ, Harm DL, et al. Posture, locomotion, spatial orientation, and motion sickness as a function of space flight. *Brain Res Brain Res Rev*. 1998;28(1-2):102-117.
- Reschke MF, Clément G. Vestibular and sensorimotor dysfunction during space flight. *Curr Pathobiol Rep*. 2018;6(3):177-183.
- Reschke MF, Good EF, Clément GR. Neurovestibular symptoms in astronauts immediately after Space Shuttle and International Space Station Missions. *OTO Open*. 2017 Oct 1;1(4). doi:10.1177/2473974X17738767
- Reynolds RJ, Bukhtiyarov IV, Tikhonova GI, et al. Contrapositive logic suggests space radiation not having a strong impact on mortality of US astronauts and Soviet and Russian cosmonauts. *Sci Rep*. 2019;9(1):8583.
- Risso A, Ciana A, Achilli C, et al. Neocytolysis: none, one or many? A reappraisal and future perspectives. *Front Physiol*. 2014;5:54. Accessed June 28, 2020. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3924315/>
- Rodriquez B, Young G. Development of the International Space Station Fine Water Mist Portable Fire Extinguisher. Report No: NASA/TR-2013-11664. NASA Johnson Space Center. Published January 2013. Accessed June 28, 2020. <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20130011664>
- Satish U, Mendell MJ, Shekhar K, et al. Is CO<sub>2</sub> an indoor pollutant? Direct effects of low-to-moderate CO<sub>2</sub> concentrations on human decision-making performance. *Environ Health Perspect*. 2012;120(12):1671-1677.
- Scully RR, Basner M, Nasrini J, et al. Effects of acute exposures to carbon dioxide on decision making and cognition in astronaut-like subjects. *NPJ Microgravity*. 2019;5:17.
- Scully RR, Meyers VE. Risk of adverse health and performance effects of celestial dust exposure. Published August 4, 2015. Accessed July 10, 2019. <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20150016031>

- Shayler D. Disasters and Accidents in Manned Spaceflight. Springer; 2000:470.
- Sibonga J, Evans H, Smith S, et al. Evidence Report: Risk of Bone Fracture due to Spaceflight Induced Changes to Bone. National Aeronautics and Space Administration; 2017.
- Sibonga J, Evans H, Smith S, et al. Evidence Report: Risk of Early Onset Osteoporosis Due to Space Flight. National Aeronautics and Space Administration; 2017.
- Sibonga JD, Evans HJ, Sung HG, et al. Recovery of spaceflight-induced bone loss: bone mineral density after long-duration missions as fitted with an exponential function. Bone. 2007;41(6):973-978.
- Sibonga JD, Spector ER, Johnston SL, et al. Evaluating bone loss in ISS astronauts. Aerosp Med Hum Perform. 2015;86(suppl 12):A38-A44.
- Sides MB, Vernikos J, Convertino VA, et al. The Bellagio Report: Cardiovascular risks of spaceflight: implications for the future of space travel. Aviat Space Environ Med. 2005;76(9):877-895.
- Slack KJ, Williams TJ, Schneiderman JS, et al. Risk of Adverse Cognitive or Behavioral Conditions and Psychiatric Disorders. National Aeronautics and Space Administration; 2016.
- Smith SM, Heer MA, Shackelford LC, et al. Benefits for bone from resistance exercise and nutrition in long-duration spaceflight: evidence from biochemistry and densitometry. J Bone Miner Res. 2012;27(9):1896-1906.
- Smith SM, Zwart SR, Heer M, et al. Men and women in space: bone loss and kidney stone risk after long-duration spaceflight. J Bone Miner Res. 2014;29(7):1639-1645.
- Stenger MB, Platts SH, Lee SMC, et al. Evidence report: risk of orthostatic intolerance during re-exposure to gravity. Published May 1, 2015. Accessed July 15, 2020. <https://humanresearchroadmap.nasa.gov/evidence/reports/ORTHO.pdf?rnd=0.0831528390213628>
- Stepaniak PC, Ramchandani SR, Jones JA. Acute urinary retention among astronauts. Aviat Space Environ Med. 2007;78(suppl 4):A5-A8.
- Stuster J. Behavioral Issues Associated with Long Duration Space Expeditions: Review and Analysis of Astronaut Journals Experiment 01-E104 (Journals): Final Report. National Aeronautics and Space Administration; 2010. Accessed July 15, 2020. [https://lsda.jsc.nasa.gov/lsda\\_data/dataset\\_inv\\_data/ILSRA\\_2001\\_104\\_\\_1740256372\\_.pdf\\_Expedition\\_8\\_ILSRA-2001-104\\_2011\\_31\\_010100.pdf](https://lsda.jsc.nasa.gov/lsda_data/dataset_inv_data/ILSRA_2001_104__1740256372_.pdf_Expedition_8_ILSRA-2001-104_2011_31_010100.pdf)
- Sullivan TA. Catalog of Apollo experiment operations. Published January 1, 1994. <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=19940018819>
- Swenson LS, Grimwood JM, Alexander CC. This New Ocean: A History of Project Mercury. Red and Black Publishers; 2010:471.
- Swider JE, Galluccio R. Space Shuttle Environmental and Life Support System (ECLSS). Published February 1, 1982. Accessed June 29, 2020. <https://www.sae.org/content/821420/>

- Tate K. Skylab: how NASA's first space station worked (infographic). Published May 12, 2013. Accessed December 14, 2020. <https://www.space.com/21055-skylab-space-station-nasa-infographic.html>
- Thornton WE, Bonato F. Space motion sickness and motion sickness: symptoms and etiology. *Aviat Space Environ Med.* 2013;84(7):716-721.
- Thornton WE, Moore TP, Pool SL, et al. Clinical characterization and etiology of space motion sickness. *Aviat Space Environ Med.* 1987;58(9 Pt 2):A1-A8.
- Tobias B, Garr J, Erne M. International Space Station water balance operations. In: 41st International Conference on Environmental Systems; American Institute of Aeronautics and Astronautics; Portland, OR. Published January 2011. Accessed August 24, 2019. <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20110012703>
- Trappe S, Costill D, Gallagher P, et al. Exercise in space: human skeletal muscle after 6 months aboard the International Space Station. *J Appl Physiol.* 2009;106(4):1159-1168.
- Trudel G, Shafer J, Laneville O, et al. Characterizing the effect of exposure to microgravity on anemia: more space is worse. *Am J Hematol.* 2020;95(3):267-273.
- Van Ombergen A, Jillings S, Jeurissen B, et al. Brain tissue-volume changes in cosmonauts. *N Engl J Med.* 2018;379(17):1678-1680.
- Vein AA, Koppen H, Haan J, et al. Space headache: a new secondary headache. *Cephalalgia.* 2009;29(6):683-686.
- Voorhies AA, Mark Ott C, Mehta S, et al. Study of the impact of long-duration space missions at the International Space Station on the astronaut microbiome. *Sci Rep.* 2019;9(1):9911.
- Waligora JM. The physiological basis for spacecraft environmental limits. Published November 1, 1979. Accessed July 10, 2019. <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=19800007528>
- Wallace W, Towbridge J. Combustion Products Monitor: Trade Study Testing. Report No: NASA/TR-2017-2222. NASA Johnson Space Center. Published December 1, 2011. Accessed June 28, 2020. <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20170002222>
- Washington G. Ballistic entry. Snap Judgement. Published January 16, 2015. <https://www.npr.org/2015/01/16/377715526/ballistic-entry>
- West JB, Elliott AR, Guy HJ, et al. Pulmonary function in space. *JAMA.* 1997;277(24):1957-1961.
- Whitson PA, Pietrzyk RA, Jones JA, et al. Effect of potassium citrate therapy on the risk of renal stone formation during spaceflight. *J Urol.* 2009;182(5):2490-2496.
- Wilhelm M, Roten L, Tanner H, et al. Atrial remodeling, autonomic tone, and lifetime training hours in nonelite athletes. *Am J Cardiol.* 2011;108(4):580-585.
- Williamson J, Carter L, Hill J, et al. Upgrades to the International Space Station Urine Processor Assembly. Report No: NASA/TR-2019-30381. NASA Marshall Space Flight Center. Published July 7, 2019. Accessed June 28, 2020. <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20190030381>



Wood SJ, Loehr JA, Guilliams ME. Sensorimotor reconditioning during and after spaceflight. *NeuroRehabilitation*. 2011;29(2):185-195.

Young KS, Rajulu S. Changes in seated height in microgravity. *Appl Ergon*. 2020;83:102995.

Zhang L-F, Hargens AR. Spaceflight-induced intracranial hypertension and visual impairment: pathophysiology and countermeasures. *Physiol Rev*. 2018;98(1):59-87.

Zhang X, Wargoeki P, Lian Z, et al. Effects of exposure to carbon dioxide and bioeffluents on perceived air quality, self-assessed acute health symptoms, and cognitive performance. *Indoor Air*. 2017;27(1):47-64.

Zwart SR, Gibson CR, Gregory JF, et al. Astronaut ophthalmic syndrome. *FASEB J*. 2017;31(9):3746-3756.

## OPERASYONEL BAKIŞ AÇISIYLA UZAYDA NÖROBİLİM

**Arş. Gör. Dr. Büşra GÜLEÇER**

Sağlık Bilimleri Üniversitesi Gülhane Tıp Fakültesi  
Hava ve Uzay Hekimliği Anabilim Dalı

### ÖZET

Uzay uçuşlarında sıkça görülen nörolojik sorunlar uzay hareket hastalığı, uyku bozuklukları, baş-göz koordinasyonunda ve hareket hassasiyetinde azalma, reaksiyon süresinin artması, hafıza sorunları ve yorgunluktur.<sup>1</sup>

Uzay hareket hastalığı, uçuşun ilk birkaç gününde ve uçuşun hemen ardından ortaya çıkan, en önemli rahatsızlıklardandır. Uzay hareket hastalığında gelişen semptomlar, standart karasal hareket hastalığının klinik biçimini anımsatır. Rus uzay programındaki kozmonotların %48'i, Amerikan Apollo astronotlarının %35'i semptom bildirmiştir.<sup>5,7</sup> Hastalık genelde üç gün içinde kendi kendini sınırlamıştır.<sup>4</sup> Bu uçuşlarda tecrübe, yaş ve cinsiyet bakımından farklı gruplarda semptom oluşumunda istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilememiştir. Bununla birlikte ilk uçuşlarında duyarlı olanlar genellikle sonraki uçuşlarda da uzay hareket hastalığı geçirmiştir. Uzay hareket hastalığının patofizyolojisi tam olarak belirlenememiş olmakla beraber bu konuda çeşitli hipotez ve teoriler mevcuttur.

Uzay yolculuklarında ortaya çıkan diğer bir problem uyku bozukluklarıdır. Bu bozuklukların nedeni Zeitgeber'lerin (ses ve sıcaklık gibi zaman hakkında bilgi veren çevreden gelen ipuçları) yokluğu veya uzay uçuşuna özgü olmayan çeşitli sebepler olabilir.<sup>16</sup>

Uzay yolculuğunda bazen nesnelerin görülememesi, astronotun mekik içinde kaybolması, zamanın yörüngede alışılmadık derecede hızlı geçmesi gibi durumlar bildirilmiştir. Uzay uçuşunun bilişsel ve psikomotor işlevler üzerindeki etkileri konusundaki çalışmaların çoğu kısa süreli (<30 gün) uzay uçuşları sırasında yapılmıştır. Birkaç çok uzun süreli uzay uçuşu sırasında çalışma yapılmakla beraber bunların sonuçları da tutarlı bir etki modeli oluşturamamıştır.<sup>1</sup>

## OPERASYONEL BAKIŞ AÇISIYLA UZAYDA NÖROBİLİM

Uzay hareket hastalığı (Space motion sickness), uçuşun ilk birkaç gününde ve uçuşun hemen ardından ortaya çıkan, klinik olarak en önemli rahatsızlıklardandır. Uzay uçuşlarında sıkça görülen diğer durumlar ise uyku bozuklukları, baş-göz koordinasyonunda ve hareket hassasiyetinde azalma, reaksiyon süresinin artması, hafıza sorunları ve yorgunluktur.<sup>1</sup>

Yaşanabilecek problemler uzay yolculuğuyla sınırlı değildir. 1 G ortamına yeniden adaptasyon sırasında da bazı sorunlar ortaya çıkar. Ayakta durmada zorlanma, inişten sonraki 5 güne kadar yürüme ve koşmada güçlük olabilir. Uzun süreli uzay yolculuğundan sonra, duruş

platformuyla ölçülen dengenin tam olarak geri kazanılması dört hafta kadar sürer. Bununla birlikte, bazı astronotlar on hafta ile beş ay sonrasına kadar normale dönemediklerini belirtmişlerdir. Görev ne kadar uzun olursa, bahsedilen durumların gerilemesi de o kadar uzun sürer.

Mikrograviteye adaptasyonun ilk döneminde gelişen semptomlar, standart karasal hareket hastalığının (Motion Sickness) klinik biçimini anımsatır. Bu benzerlikten dolayı bu fenomen uzay hareket hastalığı (Space Motion Sickness, SMS) olarak adlandırılmıştır. Tipik hareket hastalığında semptomlar solgunluk, artan vücut ısısı, soğuk terleme, baş dönmesi, uyuşukluk, mide bulantısı ve kusmadır. Uzay hareket hastalığında ise terleme neredeyse hiç görülmez. Kızarma, solgunluktan daha yaygındır.<sup>2</sup> Halsizlik, iştah kaybı ve sinirlilik görülür. Mikrogravitede bulantı, kusma, baş ağrısı (başta doğru sıvı kaymalarından dolayı olabilir), bozulmuş konsantrasyon, motivasyon eksikliği ve uyuşukluğun tipik hareket hastalığından daha fazla görüldüğü bildirilmiş.<sup>3,4,5</sup> Kusma da genellikle ani olur ve genellikle prodromal bulantı olmadan olur.<sup>6</sup>

Rus Kozmonot Titov, uzayda bu semptomları ilk deneyimleyen (ve bildiren) kişiydi. Rus uzay programındaki kozmonotların %48'i semptom bildirdi.<sup>7</sup> Amerikan Apollo astronotlarının %35'i semptom geliştirirken, Skylab görevlerindeki insidans yaklaşık %60 idi.<sup>5</sup>

Tüm bu uçuşlarda, tecrübeli-tecrübesiz astronotlar, erkek-kadın, farklı yaş grupları veya ilk kez ile birden fazla uçuş gerçekleştirenler arasında semptom oluşumunda istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilememiştir. Aerobik kapasitenin de semptomlar veya semptomların ciddiyeti ile ilişkisinin olmadığı belirlenmiştir. İlk uçuşlarında duyarlı olanlar genellikle sonraki uçuşlarda da uzay hareket hastalığı geçirmiştir.<sup>1</sup>

Hastalık kendi kendini sınırlar. Genelde uzayda üçüncü günün sonunda iyileşir.<sup>4</sup> Bu nedenle araç dışı etkinlik (Extravehicular Activity, EVA) sırasında hareket hastalığını önlemek için NASA, astronotların uçuşun üçüncü gününden önce görev yapmasını kısıtlamaktadır.

Kötü kokular, bazı yiyecekler, yüksek sıcaklık, baş hareketleri<sup>8</sup>, kötü tatlar ve rahatsız edici görüntüler bu hastalığı provoke edebilir. Mikro yerçekimi hastalığı tek başına tetiklemez. Mercury ve Gemini uzay uçuşları sırasında hareket hastalığına dair herhangi bir rapor bulunmamaktadır. Ancak uzay araçlarının hacmi arttıkça hastalık insidansı da artmıştır.<sup>1</sup>

Uzay hareket hastalığının patofizyolojisi tam olarak açıklanamamakla birlikte çeşitli teori ve hipotezler mevcuttur. Bunlar sıvı kayması teorisi (fluid shift theory), duyuşal çatışma teorisi (sensory conflict theory), treisman teorisi, otolit kütle asimetrisi hipotezi (otolith mass asymmetry hypothesis), duyuşal dengeleme hipotezidir (sensory compensation hypothesis).

#### ***Sıvı Kayması Teorisi (Fluid Shift Theory):***

Bu teoriye göre, mikrogravite sonucu başa doğru olan sıvı kayması, kafa içi basınçta, beyin omurilik sıvısı kolonunda veya iç kulakta eşzamanlı değişiklikler üretecek ve böylece vestibüler reseptörlerin tepki özelliklerini değiştirecektir.

#### ***Duyuşal Çatışma Teorisi (Sensory Conflict Theory):***

Nöral uyumsuzluk, duyuşal uyumsuzluk veya duyuşal yeniden düzenleme olarak da bilinir. Uzay hareket hastalığını en iyi açıklayan teoridir. Normal yerçekimi koşulları altında üç

boyutlu uzayda oryantasyonun merkezi sinir sistemine giden en az dört duyusal girdiye dayandığını varsayar. Bunlar: otolit organları, yarım daire kanalları, görme sistemi ve somatosensoryel sistemlerdir. Normal ortamlarda, bu sistemlerden gelen bilgiler uyumlu ve tamamlayıcıdır ve önceki deneyimlere dayalı olarak beklenen bilgilerle eşleşir. Çevre, duyu sistemlerinden gelen bilgilerin uyumlu olmadığı ve önceden depolanmış sinirsel kalıplarla eşleşmediği bir şekilde değiştirildiğinde, hareket hastalığı meydana gelebilir.<sup>9</sup>

### ***Treisman Teorisi:***

Treisman (1977), evrimsel bir bakış açısından hareket hastalığının altında yatan mekanizmaların amacının harekete tepki olarak kusma üretmek değil, mideden zehirleri çıkarmak olduğunu öne sürdü. Treisman'a göre, uzuv ve göz hareketlerini kontrol etmek için tüm duyu sistemlerinden gelen girdileri koordine eden nöral aktivite, nörotoksinlerin etkileriyle bozulacaktır. Bu nedenle, bu aktivitenin doğal olmayan hareketlerle bozulması, toksinlerin emiliminin erken bir göstergesi olarak yorumlanır ve bu da daha sonra kusmaya neden olan bir mekanizmayı harekete geçirir.<sup>10</sup>

### ***Otolit Kütle Asimetrisi Hipotezi:***

Von Baumgarten ve ark. (1982), bazı bireylerin merkezi sinir sistemi tarafından 1 G'de telafi edilen sağ ve sol otolit reseptörleri arasındaki kütle farklılıklarının fonksiyonel dengesizliklere sebep olduğunu öne sürüyorlar. Mikrogravitede bu kütle farkı geçersiz olmuştur. Sonuçta dengesizlik telafi edilene veya yeni duruma uyum sağlayana kadar vertigo, uygunsuz göz hareketleri ve postür değişiklikleri üreten geçici bir asimetri olacaktır. Benzer bir dengesizlik, 1 G'ye dönüşte tekrar olacak ve vestibüler rahatsızlıklara neden olacaktır.<sup>11</sup>

### ***Duyusal Dengeleme Hipotezi (Sensory Compensation Hypothesis):***

Duyusal dengeleme, bir duyusal sistemden gelen girdi azalıp diğerlerinden gelen sinyaller arttığında gerçekleşir. Mikrogravitede uygun bir graviseptör sinyalinin yokluğunda (veya atipik sinyallerin varlığında) gözler, yarım daire kanalları ve boyun pozisyon reseptörleri gibi diğer reseptörlerden gelen bilgiler, uzaysal oryantasyonu ve hareket kontrolünü sürdürmek için kullanılacaktır.<sup>12</sup> Astronotlar sıklıkla uzaysal oryantasyon ve hareket kontrolü için görsel ipuçlarına olan güvenlerinin arttığını bildirirler.<sup>13,14</sup> Bu durum bu hipotez ile açıklanabilir.

Uçuş sonrası hareket hastalığı (Post-flight motion sickness, PFMS) da uzay hareket hastalığına benzer bir fenomendir. Uzay hareket hastalığında olduğu gibi semptomların şiddeti yörüngede geçen süre ile doğru orantılıdır ve cinsiyet, yaş, önceki uçuşların sayısı ile ilişkili görünmemektedir.

Uzay yolculuklarında az önce bahsedildiği gibi ortaya çıkan diğer bir problem uyku bozukluklarıdır.<sup>15</sup> Bu bozuklukların nedeni Zeitgeber'lerin (ses ve sıcaklık gibi zaman hakkında bilgi veren çevreden gelen ipuçları) yokluğu veya uzay uçuşuna özgü olmayan izolasyon, hapsedilme hissi, endişe, heyecan, stres gibi psikolojik nedenler; rahatsız bir uyku ortamı, mahremiyet azlığı, gürültü, soğuk veya sıcak uyku ortamları olabilir.<sup>16</sup>

Bunların yanında uzay yolculuğunun davranış ve performans üzerine başka etkileri de olabilir. Bazen nesnelerin görülememesi, astronotun mekik içinde kaybolması, zamanın yörüngede alışılmadık derecede hızlı geçmesi gibi durumlar bildirilmiştir.<sup>1</sup>

Uzay uçuşunun bilişsel ve psikomotor işlevler üzerindeki etkileri konusundaki çalışmaların çoğu kısa süreli (<30 gün) uzay uçuşları sırasında yapılmıştır. Birkaç çok uzun süreli uzay uçuşu sırasında çalışma mevcuttur, bu çalışmaların sonuçları da tutarlı bir etki modeli oluşturamamıştır.

## KAYNAKLAR

1. Clement G, Reschke MF (2008) *Neuroscience in Space*. Springer Science+Business Media, LLC
2. Graybiel A, Miller EF, Homick JL (1975) Individual differences in susceptibility to motion sickness among six Skylab astronauts. *Acta Astronautica* 2: 155-174
3. Homick JL, Vanderploeg JM (1989) The neurovestibular system. In: *Space Physiology and Medicine*. 2nd Edition. Nicogossian AE, Huntoon CL, Pool SL (eds) Lea and Febiger, Philadelphia, pp 154-166
4. Thornton WE, Linder BJ, Moore TP, *et al.* (1987) Gastrointestinal motility in space motion sickness. *Aviat Space Environ Med* 58: A16-A21
5. Davis JR, Vanderploeg JM, Santy PA, *et al.* (1988) Space motion sickness during 24 flights of the Space Shuttle. *Aviat Space Environ Med* 59: 1185-119
6. Mullane M (2006) *Riding Rockets. The Outrageous Tales of a Space Shuttle Astronaut*. Scribner, New York
7. Gorgiladze GI, Bryanov II (1989) Space motion sickness. *Kosm Biol Aviakosm Med* 23:4-14
8. Jennings RT (1998) Managing space motion sickness. *J Vestib Res* 8: 67-70
9. Crampton GH (1990) *Motion and Space Sickness*. CRC Press, Boca Raton
10. Treisman M (1977) Motion sickness: An evolutionary hypothesis. *Science* 197: 493-495
11. Baumgarten von RJ, Wetzig J, Vogel H, *et al.* (1982) Static and dynamic mechanisms of space vestibular malaise. *Physiologist* 25: S33-S36
12. Parker DE, Parker KL (1990) Adaptation to the simulated stimulus rearrangement of weightlessness. In: *Motion and Space Sickness*. Crampton GH (ed) CRC Press, Boca Raton, pp 247-262
13. Young LR (1984) Perception of the body in space: Mechanisms. In: *Handbook of Physiology*. Section 1, *The Nervous System*, Volume III, *Sensory Processes*, Part 2. Darian-Smith I (ed) American Physiological Society, Bethesda, pp 1023-1066
14. Clément G, Gurfinkel VS, Lestienne F, *et al.* (1984) Adaptation of posture control to weightlessness. *Exp Brain Res* 57: 61-72
15. Stampi C (1994) Sleep and circadian rhythms in space. *J Clin Pharmacol* 34: 518-534
16. Lebedev V (1988) *Diary of a Cosmonaut: 211 Days in Space*. GLOSS Company, College Station

## ASTRONOT SEÇİMİ VE EĞİTİMLERİ NASIL YAPILIYOR?

**Arş. Gör. Dr. Berrin CEYLAN**  
SBÜ- Gülhane Tıp Fakültesi  
Hava ve Uzay Hekimliği AD

### ***ASTRONOT SEÇİMİ VE EĞİTİMLERİ***

- Astronot Seçimi İçin Fiziksel Gereksinimler
- Astronot Seçim Süreci
  - NASA Astronotları
  - Rus Kozmonotlar
  - Avrupalı Astronotlar
- Astronot Eğitimi
  - NASA Astronotları
  - Rus Kozmonotlar
  - Avrupalı Astronotlar

### ***ASTRONOT SEÇİMİ İÇİN FİZİKSEL GEREKSİNİMLER***

#### ***Pilot Astronotlar***

Jet uçağında en az 1.000 saat pilot komuta süresi olması, uçuş testi deneyimi oldukça arzu edilir. Mekik eğitim uçağında en az 750 saat simüle edilmiş iniş deneyimi olmalıdır.

Askeri veya sivil bir Sınıf-I uçucu muayenesine benzer bir NASA Sınıf-I uzay muayenesini geçmesi gerekmektedir.

Uzay mekiğinin ve soyuz kokpitlerinin boyutundan kaynaklanan boy uzunluğu sınırlaması (162-191 cm) vardır.

Gözün refraktif cerrahi prosedürlerine (PRK ve LASIK), prosedür tarihinden itibaren en az 1 yıl geçmesi ve kalıcı yan etki olmaması kaydıyla izin verilir.

#### ***Misyon Uzmanları***

Pilot astronotlarla benzer gereklilikleri vardır.

Uygun askeri veya sivil Sınıf-II uçucu muayenesine benzer bir NASA Sınıf-II uzay muayenesi gereklidir.

Boy uzunluğu için gereksinimler uzay giysilerinin (EVA için) karşılayabileceği sınırlara karşılık gelir. (152-191 cm)

#### ***Ticari Astronotlar/ Uzay Uçuşu Katılımcıları***

Seçimine yönelik tıbbi yönergeler şu anda uzman heyetler tarafından geliştirilmektedir.

Bununla birlikte güvenlik açısından kritik uçuş ekibinin, fırlatma ve yeniden giriş tarihinden en fazla 12 ay önce bir FAA Sınıf-II havacı sağlık sertifikası almış olması gerektiğini belirtir.

Yörünge altı uzay uçuşu için önemli tıbbi testler ve önleyici tedaviler uygulanır ve riskleri konusunda bilgilendirilmiş onaylarının alınmasını gerekir.

## ***ASTRONOT SEÇİM SÜRECİ***

Nasa Astronotları: Finalist olarak seçilenler, bir hafta süren kişisel görüşmeler, ayrıntılı tıbbi değerlendirmeler ve oryantasyon sürecinde taranır. Havacılık ve Uzay Tıbbi Kurulu'nun (havacılık tıbbında kalifiye en fazla 15 doktordan oluşur) ve nihai adayların bir listesini içeren Astronot Seçim Kurulu'nun (çoğunlukla astronotlardan oluşur) önerileri NASA Yöneticisine gönderilir. Yönetici daha sonra programa fiilen kimin katılacağına karar verir. Seçilen başvuru sahipleri Astronot Adayları (AsCans) olarak 2 yıllık bir eğitim ve değerlendirme programı için NASA Johnson Uzay Merkezi'ndeki (JSC) Astronot Ofisine atanır. Eğitim ve değerlendirmeyi başarıyla tamamlayan sivil astronot adaylarının en az 5 yıl NASA'da kalmaları beklenmektedir. Başarılı askeri astronot adayları ise görev için NASA'ya görevlendirilir.

Rus Kozmonotlar: Rusya'da kozmonot seçimi halka açık bir süreç değildir. Seçim ve eğitim süreci pilotlar, mühendisler ve bilim insanı/tıbbi kozmonotlar için farklıdır. Rus Hava Kuvvetleri her 3-4 yılda bir 4-5 test pilotu seçer. Rus uzay araçları üreten Energia of Korolev şirketi geleneksel olarak mühendis kozmonotların seçiminden, Biyomedikal Sorunlar Enstitüsü geleneksel olarak bilim adamı ve tıbbi kozmonotları seçmekten sorumlu olmuştur. Rus kozmonotları için tıbbi değerlendirme süreci üç aşamada gerçekleştirilir:

- (a) Çeşitli uzmanlar tarafından bir anketten yararlanılarak ayrıntılı tıbbi geçmişin değerlendirilmesi,
- (b) Psikolojik değerlendirme de dahil olmak üzere klinik ve laboratuvar araştırmaları yoluyla herhangi bir gizli patolojiyi, erken hastalığı ve çeşitli sistemlerin fonksiyonel dayanıklılık kapasitelerini saptamak amacıyla bir hastane değerlendirmesi,
- (c) Yuri Gagarin Kozmonot Eğitim Merkezinde gerçekleştirilen son bir seçim.

Avrupalı Astronotlar: Bir JAR-FCL 3, Sınıf-2 uçuşu muayene sertifikası veya eşdeğeri bir sertifika almak gerekir. Ardından tıbbi geçmişiniz, mevcut sağlık durumunuz, ailenizin tıbbi geçmişi, sosyal alışkanlıklarınız ve yaşam tarzınız vb. konularla ilgili sorulara yanıt vermeniz istenir. Tüm çevrimiçi başvurular incelendikten sonra, sürece devam etmek için başvuru sahipleri arasından seçim yapılır. Bundan sonra psikolojik taramanın ilk turuna davet edilir ve 'aday' olarak anılırsınız. Adaylar, Psikolojik Aşama 1 adlı bir psikolojik merkezde bir tur test için davet edilir. Adayların Psikolojik Aşama 2 sürecinde grup araştırmalarına katılması istenir. Bu aşamada olumlu olarak değerlendirilen adaylar, invaziv olmayan tıbbi muayenelere başlar. Buradaki amaç, hastalığı olmayan, sağlığı mükemmel ve gelecekte hastalık geliştirme olasılığı en düşük olan adayları taramaktır. Avrupa Uzay Ajansı (ESA) Tıp Kurulu, tıbbi tarama sürecinde çeşitli tıbbi disiplinleri temsil eden çok sayıda Avrupalı tıp uzmanından oluşur. Bu uzmanlar, her adayın tıbbi test sonuçlarını gözden geçirmek için bir araya gelecektir.

2022 yılında ESA'da 14 Avrupalı astronot adayından oluşan yeni bir seçim yapıldı. Bu seçimde başvuru sahiplerinin;

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Herhangi bir hastalığı olmamalıdır.</li><li>• <u>Uyuşturucu, alkol veya tütün bağımlılığı</u> olmamalıdır.</li></ul> |
|--|

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tüm eklemlerde normal hareket açıklığına ve işlevselliğe sahip olmalıdır. Bedensel engelli astronot kontenjanına başvuran adaylar için bu şart aranmaz.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doğal olarak veya gözlük veya kontakt lenslerle düzeltildikten sonra her iki gözünde de %100 (20/20 görüş) görme keskinliğine sahip olmalıdır.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Psikiyatrik rahatsızlığı olmamalıdır.</u></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• İşitme engeli olamamalıdır. Dünya sağlık örgütü'nün (WHO) tanımına göre 25db veya daha iyi işitme kapasitesine sahip olmaları gerekir. Astronotlar bazen yüksek düzeyde gürültüye maruz kalırken, aynı zamanda güvenlik nedeniyle yer ile telsiz üzerinden iletişim sağlamaları gerektiğinden bu şart gereklidir.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 150 cm'den kısa ve 190 cm'den uzun olan kişiler, fırlatma araçlarının boyut gereksinimleri nedeniyle şu anda bir uzay görevine atanmamaktadır. Dolayısıyla bu sınırlar ESA astronotlarının seçimine uygulanacaktır.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• İyi muhakeme yeteneği, stres altında çalışabilme yeteneği, hafıza ve konsantrasyon becerileri, mekansal yönelim yeteneği, psikomotor koordinasyon ve el becerisi, bir adayın kişiliği yüksek motivasyon, esneklik, girişkenlik, empati, saldırmazlık ve duygusal istikrar göstermelidir.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Psikolojik sağlık standartlarına odaklanılır ve seçim aşamalarının çoğu boyunca psikometrik testler uygulanır.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uzayda mikro yerçekimini simüle etmek için astronot adayları ve astronotlar, SCUBA teçhizatı veya EMU kullanarak su altında uzun süre (günde 8 saate kadar) gerektiren eğitimlere katılırlar. Bu nedenle, astronotların su altında uzun süre eğitim almaya istekli olmaları gerekir.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Her uzay görevi, ilgili tüm paydaşlar için son derece yüksek bir yatırımını temsil eder. Bu nedenle ve işe alınan her astronotun emekli olmadan önce ESA'da çalıştıkları süre boyunca en az iki görevi yerine getirebilmesi için ESA'nın en fazla 50 yaş sınırı koyması zorunludur.</li> </ul>

### ***ASTRONOT EĞİTİMİ***

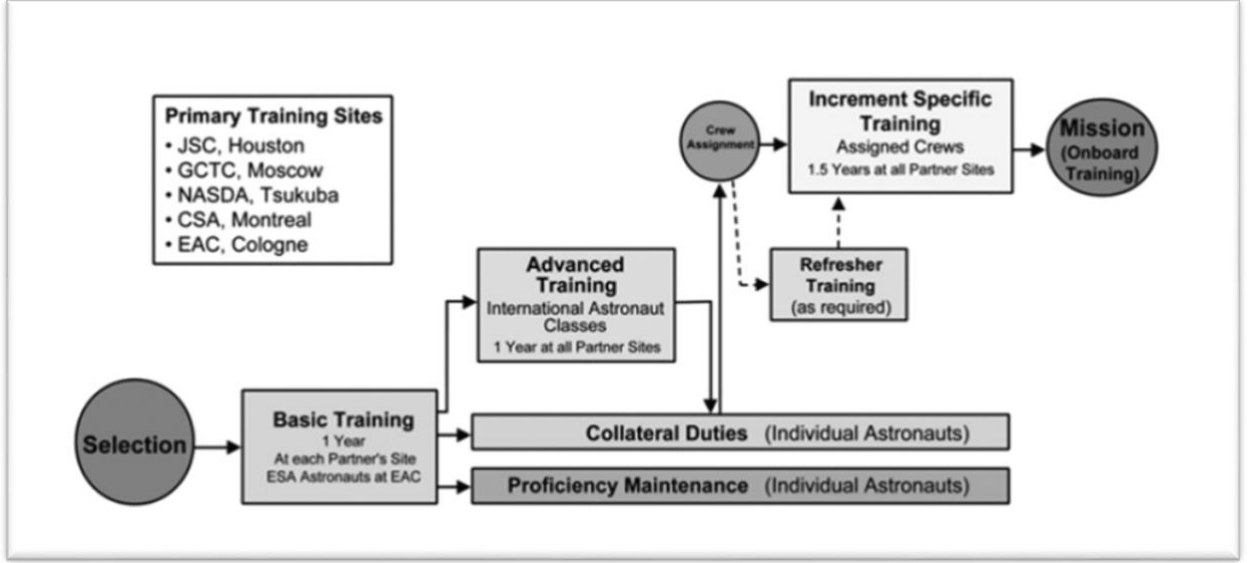
Eğitim genellikle üç aşamaya ayrılır:

Temel eğitim, başarılı adayların astronot birliğinin düzenli üyeleri haline geldiği bir dizi kurstur.

İleri düzey eğitim, astronot adayına uzayda çalışmanın ve yaşamının nasıl bir şey olduğunu hissettirmek için tasarlanmıştır.

Göreve özgü eğitim, normal olarak planlanan fırlatma tarihinden yaklaşık 1 yıl önce başlar.





### **NASA ASTRONOTLARI**

**DERSLER:** Uzay Sistemleri, Temel Bilim Ve Teknoloji, Matematik. Jeoloji, Meteoroloji, Rehberlik Ve Navigasyon, Oşinografi, Yörünge Dinamiği, Astronomi, Fizik Ve Fizyoloji, Çevre Kontrolü, Çeşitli Uzay Aracı Sistemleri Hakkında Bilgisayar Tabanlı Eğitim Dersleri, Rus Araç Tasarımı Ve Sistemleri Üzerine Teorik Eğitim, Yaklaşık 12 Ay Boyunca Alman Rusça Dil Kurslarını vs. içerecek şekilde pek çok konuyu içerir.

### **EĞİTİMLER:**

Yüzme testi, karada ve denizde hayatta kalma eğitimi, tüplü dalış, uzay giysileri kullanma eğitimleri, hiperbarik ve hipobarik atmosferik basınçlarda ilgili acil durumlarla başa çıkma, genel eğitim yazılımı kullanarak hem sabit tabanlı hem de hareketli tabanlı simülatörlerde eğitim, EVA eğitimi, bilimsel araştırma ve deneyler, biyomedikal eğitim vb. kapsayacak şekilde düzenlenir.

Modifiye edilmiş jet uçağında 20 saniyelik ağırlıksızlık periyotları tecrübe edilir. Uçak daha sonra orijinal irtifaya geri döner ve bu döngü günde 40 defaya kadar tekrarlanır.

Pilot astronotlar, NASA'nın iki koltuklu T-38 jet filosunda ayda 15 saat uçarak uçuş becerilerini korur.

Misyon Uzmanı astronotlar ayda en az 4 saat uçarlar.

### **Nötr Yüzdürme Havuzu (NBL)**

Astronotların araç dışı aktivite (EVA) ve prosedürlerin geliştirilmesi için eğitim aldığı nötr yüzdürmenin kullanıldığı bir su havuzudur. Basınçlı giysiler içinde nötr yüzdürme havuzuna daldırılan astronotlarla yapılan nötr kaldırma kuvveti simülasyonu, astronotları bir uzay aracının dışında ağırlıksız bir ortamda çalışırken zor bir göreve hazırlamaya yardımcı olur. Bir EVA görevini nötr kaldırma kuvvetinde öğrenmek ve prova etmek, bir astronota planlanan görevin gerçekleştirilebileceğine dair güven verir. Görev performansı için geliştirilen zaman çizelgesi, EVA'da gereken süreye benzer. Genel olarak nötr kaldırma kuvveti simülasyonunda yapılan ve uygulanan bir görevin EVA'da da yapılabileceği düşünülmektedir. Düzgün bir şekilde planlanıp yürütülen nötr yüzdürme, EVA'da bir görevi yerine getirmenin fiziksel

gereksinimlerinin gerçekçi bir simülasyonu olduğu için işe yarar. Toplam NBL eğitim süresi, planlanan EVA'ların sayısına ve gerekli geliştirme ve eğitimin karmaşıklığına bağlıdır.

### ***Uzay Giysileri (EMU) Kullanma Eğitimleri***

Astronot EMU eğitimi, astronot adayı eğitimi sırasında sınıfta ekipman alıştırmaya, çalışma kitabı, bilgisayar tabanlı eğitim ve ekipman gösterileri kullanılarak sağlanır. Buna giydirme, basınçlandırma ve ekran ve kontrol modülü gösterileri dahildir. NBL'deki su içi EMU değerlendirme ve eğitim aşamaları, dört eğitim türünden oluşur. ASCAN kıyafeti kalifikasyonu/görev alıştırmaya ve değerlendirmesi, EVA becerileri eğitimi, beklenmedik durum EVA eğitimini içerir.

### ***CAVES (Cooperative Adventure for Valuing and Exercising human behaviour and performance Skills)***

İnsan davranışına, performansına değer vermek ve egzersiz yapmak için kooperatif maceranın kısaltmasıdır. ESA'nın uluslararası astronotları uzay-analog bir mağara ortamında eğitime aldığı bir astronot eğitim kursudur. ESA'da tasarlanan kurs, astronotları çok kültürlü, ISS temsilcisi bir ekip içinde gerçekçi bir bilimsel ve keşif görevi yoluyla güvenli ve verimli uzun süreli uzay uçuşu operasyonları için hazırlamayı amaçlamaktadır. Misyonun temel amacı, uzay benzeri bir ortamda gerçekleştirilen gerçek bir ekip görevi aracılığıyla iletişim, karar verme, problem çözme, liderlik ve ekip dinamiği yeteneklerini geliştirmektir. Her eğitim kursu yaklaşık üç hafta sürer. İlk iki hafta, astronotlara yer altı ortamında etkin ve güvenli bir şekilde çalışmalarını için gerekli davranış kalıplarını, bilimsel bilgileri ve teknik becerileri sağlamaya odaklanır. Bu süre zarfında, karmaşık bir mağara sistemini keşfeden altı günlük kesintisiz keşif gezileri sırasında kendilerini içinde bulacakları koşullar hakkında bilgi sahibi olmak için basit mağaraları ziyaret ederler. Uzay keşfiyle bir başka paralellik, astronotların mağara içindeki ilerleyişiyle, yani çevrede nasıl hareket ettikleriyle ilgilidir. Mağaracılık teknikleri, güvenli bir yüzeye bağlanma ihtiyacı gibi bir EVA'ninkine benzer güvenlik ilkelerini içerir. (mağara duvarına bağlanmak ISS veya EVA görevleri benzerliği) Takım eğitiminden sonra, bilimsel ve teknolojik araştırma yapmak CAVES kursunun ikincil hedefleridir. Üçüncü amaç, mağaranın daha önce bilinmeyen alanlarını daha fazla keşfetmek ve belgelemektir.

CAVES eğitimi, aşağıdaki eğitim hedeflerine sahiptir:

• Zorlu bir ortamda etkin bir şekilde birlikte çalışmak;
• Konfor ve mahremiyet eksikliğine uyum sağlamak;
• Mağarayı keşfetmek;
• Bilimsel ve teknolojik araştırma yapmak;
• Lojistik sorunları yönetme ve sınırlı kaynaklarla başa çıkma;
• Görevin psikolojik etkileriyle yüzleşmek;
• Kritik durumların ele alınması;
• Her zaman güvenlik gereksinimlerinin farkında olmak;

• Katılımcıları liderlik becerileri konusunda eğitmek.
• <u>Kalıcı karanlık / yapay aydınlatma ihtiyacı</u>
• <u>Bilinmeyen / tanıdık olmayan ortam</u> – Mürettebatın mağara hakkındaki bilgisi, önceki seferlerin buldukları ve belgeledikleri ile sınırlıdır.
• <u>Zaman referanslarının olmaması</u> - Mağaranın kalıcı karanlığının doğrudan bir sonucu
• <u>Sirkadiyen ritim ve uyku bozukluğunda değişiklik</u> – Zaman referanslarının olmaması ve sınırlı olanaklar uyku kalitesini ve döngü uzunluğunu etkiler.
• <u>Duyusal değişiklik / yoksunluk</u> – Mağaralar sadece ışısız olmakla kalmaz, aynı zamanda neredeyse hiç işitsel veya koku alma uyarısı da sağlamazlar.
• <u>Sınırlı mahremiyet</u> – Küçük, kapalı alanlar, ekip üyeleri için mahremiyet veya kişisel alan için fazla yer sunmaz.
• <u>Sosyal ve kültürel yönler / ekip boyutu</u> Ekip, ESA , NASA , ROSCOSMOS , CSA , JAXA ve CNSA'dan astronotları içerir , bu nedenle görev sırasında ortaya çıkan ekip dinamikleri, uluslararası bir ortak uzay görevinden beklenenlere benzer.
• <u>Sınırlı kaynaklar / hijyen</u> – Mağaranın içindeki lojistik son derece karmaşıktır, içeride yalnızca sınırlı malzemeler taşınabilir.
• <u>Tecrit / Dış dünya ile sınırlı iletişim</u> – Dış dünya ile iletişim, izolasyon hissini artırmak için görev destek ekibiyle gecikmeli etkileşimlerle sınırlıdır.
• <u>Yüksek düzeyde özerklik</u> – Mürettebat, keşif yaparken dışarıdan birkaç girdi ile çalışmalıdır.
• <u>Gerçek fiziksel tehlike</u> – Tüm makul güvenlik önlemleri uygulansa bile, mağaralar insan kaşifler için düşme, kayma, kaya düşmeleri veya heyelan veya sel nedeniyle kapana kısılma dahil olmak üzere hala riskler taşımaktadır. Katılımcılar sürekli olarak bu risklerin farkında olmalıdır.
• <u>Sınırlı görev iptali / kurtarma yetenekleri</u> – Ortamın karmaşıklığı göz önüne alındığında, hem tahliye hem de kurtarma operasyonlarının planlanması ve yürütülmesi birkaç saat hatta günler gerektirir.

### ***NEEMO (NASA Extreme Environment Mission Operations)***

NEEMO astronot, mühendis ve bilim adamlarından oluşan grupları, her seferinde üç haftaya kadar dünyanın tek denizaltı araştırma istasyonu olan Aquarius'ta yaşamaları için gönderen bir NASA görevidir. Aquarius habitatı ve çevresi, uzay araştırmaları için ikna edici bir benzetme sağlar. Aquarius, Florida Keys Ulusal Deniz Koruma Alanı'ndaki Key Largo, Florida'nın 3,5 mil (5,6 km) dışında bir su altı yaşam alanıdır. Yüzeyin 62 fit (19 m) altındaki derin mercan resiflerinin yanında okyanus tabanında konuşlandırılmıştır. Uzay gibi, denizaltı dünyası da insanların yaşaması için yabancı bir yerdir. NEEMO ekibi üyeleri, uzaktaki bir asteroit, gezegen (yani Mars) veya Ay'da yaşayacakları zorlukların bazılarını burada yaşarlar.

NEEMO görevleri sırasında, akuanotlar bir uzay gemisinde yaşamı simüle edebilir ve gelecekteki uzay görevleri için uzay yürüyüşü tekniklerini test edebilir.

### ***İrtifa Odaları***

İrtifa odaları, öncelikle uzay ortamındaki insanlar için yaşam destek sistemlerinin geliştirilmesi, sertifikasyonu ve parametrik testi için kullanılır. Her bir irtifa odası, belirli bir test türü için yapılandırılmıştır; ancak odanın yetenekleri dahilinde, oda kompleksi diğer test türlerini gerçekleştirmek için kullanılabilir.

### ***Simülatörler***

Astronotlar genellikle uzayda uçtukları her dakika için simülatörlerde saatlerce eğitim alırlar. Böylece planlanan faaliyetlere aşina olurlar ve olağandışı olaylara hızlı tepki verebilirler. Kendi kararlarının provasını yapmanın yanı sıra bir engelin başarıyla üstesinden gelmek için hayati önem taşıyan ekip çalışmasını öğrenirler. Yalnızca yazılımı değiştirerek birden çok simülasyon çalıştırabilir ve ardından aynı yazılımı, tüm ekibi bir uzay uçuşu için daha büyük bir ekip simülatörüne koyulabilir. Simülatörler fırlatma ve görev kontrolörleri ile etkileşime girerek mürettebatı bir görevi başarıyla uçurmaya ve öngörülemeyen olaylardan kurtulmaya hazırlamak için kritik öneme sahip provaları yürütür. Simülatörlerde yaklaşık 300 saat çalışırlar. Görevde önce yaklaşık 100 saatlik mekik yaklaşımları, iniş eğitimi alırlar. Mezun olduktan sonra, adaylar Astronot unvanına terfi eder ve Astronot Rozetlerini alırlar. NASA astronotları uzaya gitmeden önce, bir uzay mekiği görevi için ortalama 6 yıl ve bir ISS görevi için ortalama 8 yıl Houston, Teksas'taki Johnson Uzay Merkezi'nde eğitim alırlar.

### ***RUS KOSMONOTLAR***

Genellikle 24 aylık bir süre boyunca eğitilirler. Bu eğitim, öncelikle Soyuz ve ISS simülatörleri ile araç üstü yaşam destek sistemleri üzerinde teorik ve aktif uygulamalı oturumları içerir. Ayrıca hayatta kalma eğitimini, dalış eğitim seanslarını, paraşütle atlama ve parabolik uçuşu içeren eğitim uçuşlarını içerir. Ayrıca uzay fizyolojisi ve tıp üzerine 300 saatlik dersler ve pratik oturumlar içerir. Bir final sınavı, adayın test kozmonotu mu yoksa araştırma kozmonotu olarak mı atanacağını belirler. Mürettebat belirli bir görev için seçildiğinde, atanan kozmonotlar bir takım olarak çalışmayı öğrenmek için 18 ay harcarlar. Ortak eğitim oturumları, araç operasyonlarının ayrıntılı prosedürlerini, uzay görevi sırasındaki görevlerini, uçaktaki uçuş dosyalarını ve ayrıca İngilizce dil sınıflarını içerir. Tüm kozmonotlar, Moskova'da yıllık bir tıbbi değerlendirmeden ve Baykonur'daki fırlatma sahasında fırlatma öncesi son bir tıbbi değerlendirmeden geçerler. Bir test kozmonotu, bir araştırma kozmonotundan daha zorlu bir hazırlığa sahiptir ve bir uzay aracının komutanı veya uçuş mühendisi olabilirken, bir araştırma kozmonotu olamaz.

### ***AVRUPALI ASTRONOTLAR***

Avrupalı astronotların eğitimi de üç aşamaya ayrılmıştır.

Temel Eğitim (16 Ay): İlk aşama ana uzay programları, ESA uzay yasaları ve hükümetler arası anlaşmalar hakkında bir yönlendirme içerir. Bunu, uzay uçuşu mühendisliği, itme, yörünge mekaniği, bilim disiplinleri, Dünya gözlemi ve astronomi gibi temel konularda sınıf temelli öğrenme izler.

İleri Eğitim (12 Ay): İkinci aşama, Soyuz ve ISS'nin sistemleri ve operasyonları hakkında eğitimin yanı sıra jenerik robotik operasyonlar, buluşma ve yanaşma, Rusça dil eğitimi, tüplü dalış ve nötr yüzdürme, EVA eğitimi için özel becerilerin edinilmesini içerir.

Göreve Özel Eğitim (18 Ay): Üçüncü aşama, modellerde ve simülatörlerde uygulamalı eğitimi ve ISS'nin tüm yönleriyle ilgili ayrıntılı bir çalışmayı içerir. Göreve özel eğitimleri için tüm ekip ve yedek ekip, diğer eğitim merkezlerine gönderilir.

## KAYNAKÇA

<https://humanresearchroadmap.nasa.gov/Risks/>

[https://www.faa.gov/about/office\\_org/headquarters\\_offices/avs/offices/aam/ame/guide/media/synopsis.pdf](https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/avs/offices/aam/ame/guide/media/synopsis.pdf)

<https://www.nasa.gov/astronauts/biographies/active>

[https://www.esa.int/Science\\_Exploration/Human\\_and\\_Robotic\\_Exploration/European\\_Astronaut\\_Selection\\_2008/Psychological\\_and\\_medical\\_selection\\_process](https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/European_Astronaut_Selection_2008/Psychological_and_medical_selection_process)

Chouker A, Morukov B, Sams C (2008) Clinical immunology in new frontiers. *Looking Up – Europe's Quiet Revolution in Microgravity Research*. Scientific American Magazine, October 2008, pp 25–31. Available at: [www.scientificamerican.com/media/pdf/ESAReader\\_LowRes.pdf](http://www.scientificamerican.com/media/pdf/ESAReader_LowRes.pdf) [Accessed 10 October 2010]

Jones JJ (2010) *Analogues for Spaceflight and Exploration*. Lecture at the Space Studies Program of the International Space University, Strasbourg

Hamilton D (2010) *Operational Space Medicine*. Lecture notes. Space Studies Program of the International Space University, Strasbourg

<https://www.nasa.gov/feature/ames/nasa-research-reveals-biological-clock-misalignment-effects-on-sleep-for-astronauts>

Leveton LB, Dinges DFD. (2006) The NASA behavioral health and performance evidence review. *Presented at the NASA Human Research Program Behavioral Health and Performance Element Programmatic Review*. Houston, TX: NASA Johnson Space Center

[https://www.nasa.gov/mission\\_pages/station/research/let-there-be-better-light](https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/let-there-be-better-light)

[https://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Images/2021/06/Thomas\\_on\\_Space\\_Station\\_exercise\\_bike](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2021/06/Thomas_on_Space_Station_exercise_bike)

<https://www.nasa.gov/press-release/nasa-awards-contract-to-support-agency-s-human-spaceflight-programs>

<https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20100042371/downloads/20100042371.pdf>

[https://nlspace.nasa.gov/view/lsdapub/lsda\\_experiment/c697883e-61b0-5af6-b0c1-d63b445ec485](https://nlspace.nasa.gov/view/lsdapub/lsda_experiment/c697883e-61b0-5af6-b0c1-d63b445ec485)

# UZAY UÇUŞLARI İLE AY VE MARS YERLEŞKELERİNDE TIBBİ MÜDAHALELER

**Prof. Dr. Muzaffer ÇETİNGÜÇ**

Havacılık Tıbbı Derneği Bşk.

Bugüne kadar yapılan uzay yolculukları ve uzay istasyonu kalışları sürecinde astronot ve kozmonotlarda yaşamsal tıbbi sorunları olmamıştır. Bunun olası 3 nedeni:

1. İnsanlı uzay seferlerinden önceki yıllarda uzaya gönderilmiş olan çeşitli hayvanlardan elde edilen tecrübeler ve geliştirilen önlemler,
2. Astronot ve kozmonot adaylarının çok ciddi sağlık kontrollerinden geçirildikten sonra gönderilmiş olmaları,
3. Uzay koşullarında rahatsızlanma durumlarına karşı bazı tıbbi araç-gereç ve ilaçların istasyonda bulundurulması ve ilk yardım gibi bazı eğitimler veriliyor olmasıdır.



Yakın gelecek için plânlanan Ay yörünge İstasyonu Gateway'in ve 2028 yılında Çin'in Ay'da kuracağı nükleer santrali Üs'ün insanlı mı olacağı açıklanmamıştır. NASA'nın 2033 yılında yapacağı Mars seferinin insanlı olacağı bellidir. Bu proje gerçekleşirse 8 ay gidiş, 1-2 yıl kalış ve 8 ay dönüş yolculuğu, birçok teknik sorun ve sağlık sorunları açısından bilinmezliklerle doludur. Uzun gelecekte ise tek yönlü yolculuklar, oradaki yerleşkeler ve koloniler kurulması tasarlanmaktadır. Sağlık sorunlarına önlem ve çareler, Uzay Doktorları'ndan ya da 17-34 saatlik tıbbi eğitim almış astronotlardan (*Crew Medical Officer-CMO*) gelecektir.

## ***Uzay Analogu Ortamlarda Yapılan Çalışmalar***

**Polaris Denizaltısı:** Çok uzun süreli dalışlar yapan nükleer denizaltı tıbbi kayıtlarına bakıldığında; 1963-1973 periyodunda 269 cerrahi vaka olmuştur. Bunların 21'i apandisit; 17'si antibiyotikle düzelmiş 4'ü ölmüştür.

**Antarktika:** Yılda 2 bin personelden 70'inin tahliye edilmesini gerektirecek tıbbi durumlar ortaya çıkmıştır.

Her ne kadar uzaya gönderilecek bilim adamları ile astronotlar sıkı sağlık kontrollerinden geçirilmekte ve acil durum yaratabilecek tıbbi durumlar (diş, taş, apandisit, vs) önceden tedavi

edilmekte ise de uzayın zor koşullarında ve psikolojik zorlanmaları altında problem çıkma olasılığı vardır.

### ***Uzayda Olası Tıbbi Sorunlar***

- Uzay tutması (*Space motion sickness*)
- Ortostatik hipotansiyon, bayılma (senkop, epilepsi)
- Fiziksel yaralanmalar, radyasyon sendromu
- Ağrılar (böbrek, safra, apandis, fitik, diş, migren)
- Kalp krizi, inme, mide kanaması, böbrek taşı,
- Zehirlenmeler (besin, toksik gaz)
- Görsel bozukluklar; miyopi, *Neuro-ocular syndrome*
- Bağışıklık sistemi zayıflaması, enfeksiyon hastalıkları,
- Yerçekimsizliğe bağlı kas ve kemik erimesi...

Bugüne kadar uzayda ölen insan sayısı 23'tür. Ama hiçbirinin ölüm nedeni bir tıbbi sorun değil; yangın, infilâk ve hipoksidir.

### ***Uzayda Yaşanan Örnek Tıbbi Durumlar***

- Astronot James Irwin 1971 yılında yapılan Apollo 15 Ay seferinde kalp ritim bozukluğu göstermişti. Yerden takibe alındı ve bir süre istirahat ile düzeldi (2 yıl sonra MI geçirdi).
- 1968 yılında Apollo-8 komutanı olan Frank Borman, 1985 yılında da Shuttle uçuşunda Jake Garn aşırı kusmaları yüzünden inkapasite olmuşlardı.
- Astronot Serena Chancellor, (Rusların iddiasına göre) 2018 yılında ISS'a kenetli Soyuz modülünün duvarında 2 mm boyutlu delikler açtı. Juguler ven trombozu nedeniyle bir an önce Dünyaya dönmek amacıyla bunu yaptığı; ayrıca '*mental breakdown*' içinde olduğu iddia edildi.



### ***Tanı ve Tedavi Usulleri***

1. Giyilebilir Sağlık Teknolojileri (*Wearable Medical Devices*): Kalp atım hızı, kan basıncı, kan şekeri, vücut ısısı, solunum sayısı, oksijen satürasyonu, EKG, EEG, uyanıklık hali, yakılan kalori, vs. sağlık bilgilerini toplayıp yorumlanmaktadır.
2. Medical Tricorder: 54 hastalık biyobelirtecini analiz etme, cep telefonuna bağlanan problemlerle retina taraması ve nefes incelemesi yapabilir.
3. Cilt veya cilt altı mikroçipler: Biyometrik-tıbbi bilgileri hızlıca değerlendirir.

4. Vücut mikro sıvıları analizi: Ter, idrar, tükürük, kan vs. biyokimyasal ve spektrometrik analiz data'ları bluetooth ile aktarılarak tanı ve tedavi süreci tamamlanır.
5. Telesağlık: Giyilebilir cihazlardan gelen verilerle birlikte; ultrason, radyolojik görüntü, nefes analizi, kalp sesleri kayıtları, hasta kişinin genel fizik görünümünün ve kendi ağzından yakınmalarının video ile iletilmesi... yer merkezlerindeki on-line uzman hekimlerce değerlendirilip tedavi önerilerinin alınması...
6. Holo-portation: 'Star Trek' filmlerinde örneklenen 'ışınlanma' (*teleportation*) tekniği; hasta insanların saniyeler içinde başka gezegenlere ya da Dünyaya gönderilmesine olanak sağlar. Bu ileri derecede fantastik ve hayâlidir. 2021 yılında Dr. Joseph Schmid'in 3 boyutlu imajı, holo- ışınlama ile ISS'a gönderildi. 3D görüntülerin ve seslerin istasyona online iletilmesi; oradaki hasta uzay insanlarıyla yüz yüze gibi görüşme ve muayene yapılması, psikolojik yönden yararlı olacaktır. NASA bu teknolojinin, aile toplantılarında ve psikoterapi seanslarında daha da işlevsel olabileceğini açıklamıştır.
7. Tele-cerrahi: Bugünkü imkânlarla bir uzay istasyonu içine donanımlı bir ameliyathane yerleştirmek ve ameliyatlara yapmak mümkün değildir. Gene de küçük cerrahi girişimlerin lokal ve bölgesel anestezi ile yapılabileceği düşünülmektedir. Uzaktan kumandalı robotik cerrahinin, elektronik iletişimin (Örn. Mars ile 15 dakika) gecikmeli olması yüzünden yapılması zordur. Yapay zekâlı tele-robotların acil cerrahi müdahale yapması ise bugün için fantastik görünmektedir.
8. İlaç Tedavileri: Uzay koşullarında ortaya çıkan rahatsızlık veya hastalıkların tedavisinde kullanılan ilaçlar yerdekilerle aynıdır. Antibiyotik, analjezik, antiemetik, antistaminik, hipnotik, antidepresif, vs. ilaçlar tıbbi kitlerde bulunur. Uzayda 1 yıl kalacak olan astronotların yanlarında 'bir torba ilaç götürmeleri gerektiği' nüktesinde gerçeklik vardır. Uzayda yerçekimsizliğe bağlı olarak ilaçların emilimi, metabolizasyonu, kan proteinlerine bağlanması, böbreklerden itrahi... yavaşlar ve biyoyararlanımı farklı olabilir.
9. Uzay Ambulansı: Bugünkü uzay uçuşlarında olası 450 hastalanma/yaralanma hali belirlenmiştir. Ama rapor edilen olgu sayısı azdır. Uzayda tedavisi mümkün olmayan ya da operasyon gerektiren durumlarda, ISS'ye kenetlenmiş durumdaki Soyuz kapsülü veya SpaceX'in Crew Dragon aracı 'uzay ambulansı' olarak hastayı Dünya'ya götürecektir. Bunun pek de kolay olmadığı tahmin edilebilir. Bugüne kadar böyle bir olay yaşanmamıştır.



### *Uzay Filmlerinden İlham Verici Örnekler*

STAR TREK: 1966 – 2009 arası 726 bölümü yayınlanan ve 30 sinema filmi çekilen kült 'Uzay Yolu' dizisinde, USS Enterprise gemisinin doktoru Mc Coy ve hemşiresi Christine Chapel ile hemen bütün tıbbi sorunları çözmekte idi. Hastalıkların tanısı için 'Medical



Tricorder' cihazı kullanmakta, cerrahi müdahaleleri de non-invasive yöntemlerle yapmaktaydılar.

PASSENGERS: 2016 yapımı 'Uzay Yolcuları' filminde, tıbbi müdahaleleri yapay zekâlı AutoDoc cihazı yapmaktaydı. Hasta, özel cam kapsül içine yerleştiriliyor; birkaç saniye içinde yapılan otomatik tarama ile bütün tıbbi bulgular, tanı ve tedavi önerileri ekrana geliyordu...

VYZOV (Challenge, Meydan Okuma): İlk kez bazı bölümleri stüdyoda değil uzayda çekilen film için 2021 yılında yönetmen ve iki oyuncu 12 günlüğüne ISS'a gitti. Uzayda hastalanan ve Dünya'ya getirilmesi riskli olan bir kozmonota İstasyonda operasyon yapmak üzere bir kadın cerrahın gönderilmesini konu eden film 2023 yılında vizyona girdi. Filmde kozmonot İvanov, uzay istasyonunun dışında tamir yaptığı sırada metal bir uzay çöpünün çarpmasıyla göğsünden yaralanır. Yer merkeziyle yapılan konsültasyonda, Ivanov'un ameliyatının şart olduğu, ama Dünyaya gönderilmesinin pnömotoraks riski yüzünden mümkün olmadığına karar verilir. Göğüs cerrahı Zhenya Belyaeva, kozmonotu opere etmesi için acilen ISS'a gönderilir. Sıfır yerçekiminde yapılan göğüs operasyonu başarılı olur.

## HAVACILIK TIP MERKEZLERİNİN SORUNLARINA BİR BAKIŞ

**Op. Dr. Ali Saib ENGİN**

*Uçuş Tabibi*

Medipol Mega Üniversite Hastanesi

Havacılık Tıp Merkezi

### ÖZET

Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü ve Sağlık bölümü, Havacılık Tıp Merkezleri ve ilgili hastane yönetimleri, uçuş tabipleri ve havacılık asistanları, havayolu şirketleri ve havayolu şirket doktorları vb. havacılık sektöründe görev yapan uçucu ve uçuş ile ilgili diğer personellerin havacılık mevzuatı gereği sağlık işlemleri için oluşturulan uzun ve değerli zincirin halkalarını oluşturmaktadır.

Lübnan asıllı Amerikalı ressam, şair ve filozof Halil Cibran'ın (1893-1931) dediği gibi "Bir zincir en zayıf halkası kadar güçlüdür". Güç sorunların zamanında tespit edilmesi ve gerçekçi çözümleri ile elde edildiğine göre, Havacılık Tıp Merkezleri olarak zincirde en azından bize ait halkanın gücünü arttırabilmek için gerçekçi çözümlerine yönelmemiz, gerçekçi çözümlere yönelebilmemiz için ise ivedi olarak sorunlarımızı objektif olarak tespit edip masaya yatırmamız gerekmektedir.

Sorunları havacılık tıp merkezlerinin tümünün katkıları ile basamak basamak tespit etmemiz gerekmektedir. Doğru tedavi doğru teşhis ile, doğru teşhis ise doğru tetkik ile mümkün olduğuna göre haydi diyelim ve başlayalım...

Sunumun başında Hatay depreminde kaybettiğimiz değerli arkadaşımız Op. Dr. Levent TOSYALI' yı saygı ve hasret ile anıyoruz.

### **GİRİŞ**

1988 yılında İzmir / Çiğli 2. Ana Jet Üs Komutanlığı'nda başlayan askeri uçuş tabipliği serüvenim, 2008 yılında İzmir Hava Eğitim Komutanlığı 200 Yataklı Hava Hastanesi'nde sona ermiştir.

Yaklaşık bir yıl sonra değerli arkadaşım Dr. Tayfun ÜŞENMEZ ile İzmir Buca HTM'nin açılması ile başlayan sivil uçuş tabiplik serüvenim ise Dr. Ayşe ÖZPINAR ve ekibimiz ile İstanbul Medipol Mega Üniversite Hastanesi HTM'de devam etmektedir.

Muzaffer hocamız (Prof. Dr. Muzaffer ÇETİNGÜÇ) kongre için bir sunu hazırlamamı istediklerinde, havacılık sağlık ortamında karşılaştığımız sorunları hep beraber analiz eder ve çözümler üretebiliriz diye düşünerek "HAVACILIK TIP MERKEZLERİNİN SORUNLARINA BİR BAKIŞ" başlığını seçtim.

Toplamda yaklaşık 35 yıllık bu uçuş tabipliği serüvenimde edindiğim tecrübelerden de faydalanacak, elbette ki diğer HTM'lerin de görüşlerini almaya çalışacaktım.

Konu gereği bir anket formu oluşturarak diğer havacılık tıp merkezlerinin de görüşünü almak istedim. Ortak WU grubumuza hazırladığım anket formunu ekledim ve doldurularak tarafıma iletilmesini rica ettim. Ancak bildiğim ve bilemediğim birçok nedenlerle umut ettiğim kadar anket desteği gerçekleşmemiştir. Bu da bir sorundur belki. Ancak konumuzun başlığı zaten “HTM sorunları” değil mi?...

Katkıda bulunan merkezlerin de ışığında değerlendirmelerimi sizlerle paylaşacağım. Eksikliklerim ve yanlış değerlendirmelerim mutlaka vardır. Katkılar ile boşluklar doldurulabilecektir.

Sunu planım:

## HAVACILIK TIP MERKEZLERİNİN SORUNLARINA BİR BAKIŞ

### HTM SORUNLAR

- UÇUŞ TABİP
- HAVACILIK ASİSTAN
- UÇUCU PERSONEL
- DİĞER

### HASTANE – HTM SORUNLAR

- YÖNETİM
- UZMANLAR
- DİĞER

### HTM – HTM SORUNLAR

### HTM - HAVA YOLU ŞİRKETLERİ SORUNLAR

### HTM – AMS SORUNLAR

### SONUÇ

---

#### **HTM SORUNLARI**

#### ***UÇUŞ TABİPLERİ***

HTM kapsamında uçuş tabipleri ile ilgili ciddi bir sorun bildiriminde bulunulmamıştır. Ancak en az iki uçuş tabibinin görev yaptığı bir ortamda uyum sorunu olabilir ve bu önemlidir. Bu durum en çok yeni bir HTM açıldığında iki uçuş tabibinin ilk kez beraber çalışmaya başlaması, herhangi bir nedenle HTM bünyesinde ekip değişikliği olması gibi durumlarda beklenmelidir. Sorun zaman içinde ortak aklın oluşturulması ile çözülecektir.

#### ***HAVACILIK ASİSTANI***

Havacılık asistanlarının önemli ücretlendirme sorunları vardır.

Genellikle hastane yönetimleri HTM asistan faaliyetlerini normal poliklinik sekreterlik işlemleri olarak değerlendirmektedirler.

Daha önce gündeme gelmesine ve hemen hemen tüm HTM'lerin ve SHGM'nin olumlu değerlendirmesine rağmen, havacılık tıp merkezi asistanlarına yönelik bir sertifikasyon henüz gerçekleştirilememiştir.

HTM asistanlarının yetiştirilme zorluğu vardır. Bu süreç en az altı aydır ve öğrenme süreci devamlılık göstermektedir. Çözülemeyen sorunlar nedeni ile bu arkadaşlarımızın ani işten ayrılma olasılığı yüksektir. Bu durum HTM'lerin kaliteli faaliyetleri için ciddi riskler taşımaktadır.

### ***UÇUCU PERSONEL***

Uçucu personel tarafından havacılık asistanlarına kötü davranış, muayeneye eksik evrak ile müracaat, randevuya geç gelme olayları az değildir.

Özel bir merkezde gerçekleştirilen ancak havacılık sağlık işlemleri dışında olan muayene ve tetkiklerinin, muhtemelen ekonomik kaygılardan kaynaklanan nedenlerle, yapılan özel durum sevkleri ile havacılık değerlendirme kapsamına alınması istenebilmektedir.

SHGM tarafından havacılık muayenelerinin başlatılabilmesi için şart koşulan, uçuş tabibi tarafından gerektiğinde ilgili uçucu personelin tüm özlük bilgilerinin incelenmesini mümkün kılan onam formunu imzalamak istemeyenler olmaktadır.

### **HASTANE – HTM SORUNLAR**

#### ***YÖNETİM***

Havacılık asistanlarına henüz yetki için sertifikasyon yapılmamış olması, bu hizmetin hastane yönetimleri tarafından sıradan sekreterlik görevi olarak değerlendirilmesine yol açmaktadır.

Ek oda, ikinci asistan, kongre destek gibi HTM taleplerinin genellikle ciroya göre değerlendirilmesi ve sıklıkla onaylanmaması söz konusudur.

Havacılık tıp merkezinin görev sınırlarının hastane yönetimleri tarafından tam olarak bilinmemesi nedeni ile yüksek ciro beklentisi vardır. HTM işlemlerinden hastane yönetimlerinin memnun olacağı bir yüksek ciro mümkün değildir. HTM aracılığı ile uçucu personele hastane sağlık hizmetleri iyi tanıtılır ve memnuniyet sağlanır ise hastane yönetiminin beklentileri zaman içinde kendiliğinden gerçekleşebilecektir.

#### ***UZMANLAR***

Düşük havacılık muayene ücretleri nedeniyle bazı uzmanlar havacılık sağlık işlemleri için istekli değildirler veya kısıtlı randevu verilmesini istemektedirler.

Hasta yoğunluğundan dolayı havacılık muayeneleri kapsamındaki SFT, görme alanı ve odyometri gibi tetkiklere ilgili bölümler tarafından sayı sınırı verilebilmektedir. Bu da havacılık uzman işlemlerinin gecikmesine neden olabilmektedir.

Havacılık muayene işlemleri ile normal poliklinik işlemleri arasındaki sınırın kesin olmaması nedeniyle uzmanlar tarafından genetik testler, ileri radyolojik tetkikler de istenebilmektedir. Bu gibi tetkikler teşhis için gerekli olsalar da HTM işlem kapsamı dışındadırlar.

Uzmanlar tarafından havacılık mevzuatı tam olarak bilinemediğinden özellikle ameliyat veya tedavi sonrası göreve başlama süreleri havacılık temayüllerinden oldukça farklı olabilmektedir.

### ***DİĞER***

Faaliyet gösterdiğimiz Medipol Mega Üniversite Hastanesi polikliniklerinin geniş alana yayılmış olması nedeniyle havacılık muayene işlem takibinde birtakım zorluklar yaşamaktayız.

Bu nedenle Havacılık Tıp Merkezimiz tarafından günde beş periyodik muayene randevusu verilse de bunların çoğu birkaç kısıtlaması olan, karmaşık havacılık sağlık değerlendirme işlemlerini kapsamaktadır. Çok sayıda özel durum muayeneleri ve ülke çapında havacılık sağlık işlemlerinde yalnızca hastanemiz göz hastalıkları bölümünde gerçekleştirilen kontrast ve renkli görme / CAD testleri de gerçekleştirilmektedir. İleri tetkikler ile ilgili ve birçok uzman değerlendirmelerini de kapsayan diğer HTM konsültasyonlarına da merkezimiz tarafından işlem yapılmaktadır.

Hastane ve HTM arasındaki sorunlar gereken önlemler alınmadığı takdirde zaman içinde bazı HTM'lerinin kapatılması ile sonuçlanabilecektir. Birçok HTM'de görev yapan uçuş tabiplerinden birinin aynı zamanda başhekim veya başhekim yardımcısı olması, bazı merkezlerin ciroyu ikinci planda değerlendirmeleri şimdilik mevcut HTM sisteminin devamlılığına ciddi katkılar sağlamaktadır. Ya zamanla bu durum tersine dönerse?

Bu sorunlara ve yorumlara her bir HTM tarafından eklenebilecek çok nokta mutlaka vardır. Değerli katılımcılar eminim bu eksikliklerimi tamamlayacaklardır.

### **HTM – HTM SORUNLARI**

HTM'leri arası konsültasyonların zamanında yapılmaması veya geç yapılması sorundur.

BYS sistemi üzerinden gerçekleştirilen konsültasyonlarda mevzuattaki hangi madde veya maddeler gereği bu isteğin yapıldığının açıkça belirtilmesi gerekmektedir. Konsültasyona yönlendirilirken mevzuatın gerektirdiği ek tetkiklerin sevk öncesi ilk merkez tarafından tamamlanması veya ileri tetkikler gerektiriyorsa uçucu personele tercih edeceği bir diğer merkezde tamamlanması önemlidir ve sonuç almayı hızlandıracaktır. Konsültasyon at-kurtul işlemi olmamalıdır.

Tanı-tedavi henüz belli değil ise, ameliyat sonrası şikayetler hala devam ediyor ise havacılık konsültasyonu yapılmamalıdır.

Bazı HTM'ler genellikle hızlı sonuçlandırılabilir havacılık muayeneleri ile ilgilenmeyi tercih edebilmektedirler.

Bazı HTM'ler ise AMS gibi karar verilebilmektedirler. Bir örnek: "...bundan sonraki takiplerinin Medipol Mega HTM'de yapılması uygundur" gibi...

Hipotiroidi değerlendirmesi sonrası kararı dzenleyen bir HTM’de endokrinoloji uzmanı olmamasına rağmen: TML üç ay endokrinoloji uzman takibi verilmesini anlamak güçtür. Neden bu kadar sık takip, neden dahiliye uzmanı ile aynı işlem yapılabilirken çoğu merkezde olmayan endokrinoloji uzman takibinin kodlanması?

### **HTM – HAVAYOLU ŞİRKETLERİ SORUNLAR**

Hava yolu uçuş tabipliklerinden uygun olmayan poliklinik sevkleri ne yazık ki oldukça sıktır. Hemoroid ameliyatı sonrası kalp damar sevki, fizik tedavi sonrası iyileşmeyi takiben beyin cerrahi sevki gibi. Bu gibi uygun olmayan sevkler, HTM uçuş tabibini hastanesi uzmanlarına, işlem bekleyen uçucu personele ve zaman zaman da hastane yönetimine karşı zor durumda bırakabilmektedir.

Havayolu şirketleri uçuş tabipleri ile iletişimde de ciddi sıkıntılar olabilmektedir.

TML işlemi yerine periyodik muayene sevki, özel durum muayenelerinin ağrlıklı olarak belirli hastanelere yönlendirilmesi sorundur.

Hastaneler ile yapılan havacılık sağlık muayene işlemlerini kapsayan sözleşmenin dengeli olmaması, birçok alt başlıkta tek taraflı olması sorundur.

Havacılık sağlık işlemi yapan merkezler boş sertifika için SHGM’ ye ödeme yapmaktadırlar ancak henüz bu kalem şirketlere henüz faturalandırılmamaktadır. Bu durumu sertifikalara toplu ödeme yapan hastane yönetimine izah etmek kolay olmamaktadır.

Son dönemde yapılan değişiklikler sonucu uçucu personel periyodik muayenelerinde dilediği HTM’yi seçebilmektedir. Ancak bu uygulama uçucu personele zorluklar, HTM’lere ek yükler de getirmektedir. HTM’lerin günlük periyodik muayene sayısı bellidir. Şirketler tarafından oluşturulabilecek bir yazılımsal uygulama ile randevu işlemleri cep telefonundan veya bilgisayardan yapılabilen uçak ve koltuk seçimi gibi basitleştirilerek tüm taraflar için kolaylaştırılmaz mı?

Hava yolu şirketleri, pilotları için beklenen AMS kararlarında bir gecikme olduğunda, nedenini işlemi yapan HTM üzerinden sorgulamaktadırlar ki bu da uygun değildir. Artık top AMS’dedir ve gerektiğinde oradan sorgulanmalıdır. Bazı işlem gecikmeleri ise şaşırtıcıdır ki uçucu personelin bizzat kendisinden de kaynaklanabilmektedir. Örneğin önceden bilgilendirilmelerine rağmen karar işlemlerinin SHGM tarafından değerlendirilmesinin başlatılması için gereken zorunlu işlem ücretini ödememelerinden veya zamanında ödememelerinden kaynaklandığı da bilinmektedir.

### **HTM – AMS SORUNLAR**

BYS sisteminin düzenli çalışmaması, sık sık devre dışı kalması, elektronik imza işleminde sorunlar az değildir.

AMS karar yazılarının gecikmesi nedeni ile yaşanan sorunlar vardır.

Küçük hatalardan dolayı AMS tarafından dosya iadeleri yapılmaktadır ve çoğu zaman nedeni HTM’ler tarafından anlaşılamamaktadır.

SHGM sağlık yönetimindeki sık değişiklikler sistemi olumsuz etkileyebilmektedir.

Havacılık sağlık işlemlerinde referans ve algoritmaların eksik ve yetersiz olması sorundur.

İki HTM tarafından verilen kalıcı elverişsizlik kararı, SHGM son uygulaması ile, iki EASA HTM tarafından elverişlilik kararı verilmesi halinde bozulmaktadır. Bu EASA kararlarının nasıl verildiğine dair bilgi ve dokümanlara Sivil Havacılık Sağlık Komisyon üyeleri de dahil olmak üzere tüm uçuş hekimleri bilinmeyen nedenlerle erişememektedir. Bu ciddi bir sorundur. Biz elverişsizlik kararı verirken nerede yanlış değerlendirdik, EASA HTM'lerin bizden farklı değerlendirmeleri hangi maddeye dayanmaktadır bilinmelidir ki benzer durumları tekrar yaşamayalım.

Eğer ilgili EASA muayene dokümanlarına ulaşamamasının nedeni kişisel verilerin korunması, paylaşılması ile ilgili hukuki zorluklar ise, bizlerin gerçekleştirdiği havacılık sağlık işlemlerinde uçucu personel sağlık bilgilerini mail ve /veya kopya dosya şeklinde şirket uçuş hekimleri ile paylaşmamızda kanuni bir sakınca var mıdır?

### **SONUC**

Sorunlarımızın büyük bir bölümü havacılık sağlık işlemleri ile normal poliklinik hizmetleri arasındaki hassas sınırın belirlenememesi ile ilgilidir.

Sınır nerededir?

Sınır belki de şu soruda saklıdır:

- Değerlendirmeye aldığımız uçucu personelin tanı ve tedavisi belli midir?
- 1- Tanı ve tedavi belli ise, bu durumun havacılık mevzuatına göre değerlendirmesi yapılır ve sonuçlandırılır.
- 2- Tanı ve tedavi belli değil ancak rutin periyodik muayene kapsamındaki tetkikler, ultrason gibi basit radyolojik veya laboratuvar tetkikler ile belirlenebilecek ise, havacılık değerlendirme işlemine devam edilir ve sonuçlandırılır.
- 3- Tanı ve tedavi belli değil ve ileri tetkik gerekliliği varsa, işlemlerin beş günden fazla süreceği de değerlendiriliyorsa, geçici elverişsizlik işlemi yapılır. Uçucu personel tercih edeceği bir sağlık merkezinde tanı ve tedavisinin kesinleştirilmesini takiben tekrar HTM değerlendirmesine alınır.

Evet ciddi sorunlarımız vardır.

Bazıları hayati öneme de sahip olabilir.

Ancak sivil havacılık sağlık zincirini oluşturan her bir halkanın hakkettiği değer bilinerek ve verilerek kolayca sağlanabilecek takım ruhu ile tüm zorluklar aşılabilecektir.

Büyük önder Mustafa Kemal Atatürk'ün dediği gibi:

- “Umutsuz durumlar yoktur. Umutsuz insanlar vardır. Ben hiçbir zaman umudumu kaybetmedim.”

Teşekkür ediyorum.

## İLK MUAYENEDE MEVCUT PSİKİYATRİK DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

**Doç. Dr. Oya BOZKURT**

Yeniüzyıl Üniversitesi GOP Hast. Psikiyatri Uzm.

Psikiyatrik öykü ve ruhsal durum muayenesi psikiyatrik tanı ve tedavilerin esasını oluşturur. Ruhsal durum muayenesi hasta odaya girer girmez başlar. Fizik muayenenin eşdeğeridir. Psikiyatrik durum muayenesi genel değerlendirmenin özünü oluşturur. Tanı klinik görüşme ile konur. Klinik görüşmenin yeterli olmadığı durumlarda psikolojik test materyallerinden ve kişinin yakınları ve çalışma ekibinden bilgi alınma yoluna gidilebilir.

### ***PSİKİYATRİK ÖYKÜ ALMA VE MUAYENE***

1. Görüşmeyi başlatmak
2. Genel bilgiler (yaşı, eğitim durumu, medeni durumu, çalışma durumu)
3. Yakınması
4. Hastalık Öyküsü
5. Gelişimi ve sosyal Öyküsü
6. Özgeçmiş (Bebeklik ve ilk çocukluk dönemleri; Büyük çocukluk dönemleri; Cinsel gelişimi (sünnet, adet dönemleri); Askerlik yaşamı; Evlilik öyküsü; İş yaşamı; Geçirdiği hastalıklar; Ailede ruhsal hastalık; Alışkanlıkları; Sosyal durumu
7. Hastalık öncesi kişilik ve uyum
8. Fizik muayene ve Laboratuvar bulguları
9. Ruhsal durum muayenesi
10. Psikolojik test değerlendirme
11. Başkalarının gözlemleri
12. Tanı ve Tedavi planı

### ***AKIL SAĞLIĞI DEĞERLENDİRME FORMU (FR52)***

Kendisinin ya da diğer uçucu personelde zihinsel sağlığın düşüşüne dair olası göstergelerinin anlaşılması dahil zihinsel sağlığa yönelik genel tutum

Geçmişte yaşanan psikolojik stres ya da baskılara karşı, başkalarından tavsiye almak da dahil baş etme stratejilerinin kullanımı

Çocukluk çağı davranış problemleri

Kişilerarası ve ilişki sorunları



Mevcut iş ve yaşam stresleri

Açık kişilik bozuklukları

Operasyonel ekip kaynak yönetimi ile ilgili zorluk

Çalışanlar ve/veya diğer mesai arkadaşları ve yöneticilerle zorluk

Akrabalar, arkadaşlar ve iş arkadaşları ile ilgili zorluklar dahil kişilerarası ve ilişki sorunları

Alkol veya psikoaktif maddelerin kullanımı

İlgi/Enerji kaybı

Yeme ve kilo değişiklikleri

Uyku problemleri

Moral bozukluğu ve eğer varsa intihar düşünceleri

Ailede psikiyatrik hastalık öyküsü, özellikle intihar

Öfke, ajitasyon veya yüksek ruh hali

Depersonalizasyon ve kontrol kaybı

### **Karşılaşılabilecek problemler ve yaklaşımlar**

Uçuş personelleri arasında psikiyatrik problemlerin kısıtlanmalı uçuş görevi yada meslekten men gibi kararlarla sonuçlanabileceğinden büyük bir endişe yaratabildiği bilinmektedir. Bu sebeple ruhsal problemlerini saklama eğiliminde olabilirler.

Bir çalışmada 1990-2012 yılları arasında ağır şekilde pilot yaralanmasıyla sonuçlanan 7037 kazanın 2644'ünde ilaç pozitif bulunmuştur. Trisiklik antidepressan kullanımı bunların %31'ini oluşturmuştur. Ve bu pilotların hiçbirinin sağlık muayeneleri sırasında TCA kullandıklarını bildirmemişlerdir. Havacıların tıbbi muayeneleri sırasında ilaç kullanımını tam olarak açıklamalarına ihtiyaç vardır.

Kişilik özellikleri pilot eğitimindeki başarı ile ilişkili olduğuna dair açık deneysel kanıtlar olmasına rağmen; birçok araştırmacı eğitim süresince kötü kişilik faktörlerini maskeleyen balayı etkisinin (honeymoon effect) aşıldığı zaman, kişilik faktörlerinin mesleki şablon için daha çok uygun olduğu düşüncesini savunur. Genelde kişiliğin değerlendirilmesi, yeteneğin saptanmasından daha fazla zordur. Çünkü kişilik değerlendirmesinin birçok metodunun, kendi kişilik karakteristiklerini göstermeyen, belli bir cevap seti uygulanan denekler tarafından numara yapılabildiğidir.

Pilot eğitiminin maliyetinin yüksek olmasından dolayı, okulu bırakma ve başarısızlıklar organizasyon ve kişi için büyük bir kayıptır. Bu yüzden uygun maliyetli ve zayıfatı az olan bir seçim sistemi gerekir.

İngiliz Sivil Havacılık Otoritesi tarafından yapılan bir araştırmanın sonuçlarına göre, dünyada 1980 ve 1996 yılları arasında meydana gelen 621 adet ölümlü kazanın analizi neticesinde; kazaların %75'inde saptanan ana nedensel faktörler analiz edilmiş, sonuç olarak kazaların %67'sinde ana nedensel faktörün uçuş ekibi ile ilişkili ve performans dayalı nedenler (havada pozisyonel farkındalık kaybı, unutulmuş, yerine getirilmeyen ve uygun olmayan eylem,

manuel uçuş, yanlış karar verme, havacılık açısından hatalı veya eksik meslekî değerlendirme, prosedürlere kasıtlı uyumsuzluk) olarak tespit edilmiştir.

**ÖNERİLER:**

Psikiyatrik muayene sürelerinin uzatılması

Uçuş hekimi olmayan psikiyatri uzmanlarına bilgilendirme

Meslekten men gibi kararlarda heyet oluşturulması

Uçuş psikologlarının özellikle referans hastanelerde çalıştırılması

Uçuş ekibine psikiyatrik problemlerin meslekten men anlamına gelmediğine dair eğitim

Okullarda kayıt öncesi başvuru sahiplerine detaylı bilgilendirme ve bireysel ön değerlendirme görüşmeleri düzenlenebilir.

E nabız sisteminin aktif kullanılması

Peer support aktif hale getirilmesi

**UÇUŞ TABİPLİĞİ SERTİFİKA PROGRAMI DEĞİŞİKLİKLERİ ve**  
**SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ HAVA VE UZAY FİZYOLOJİSİ**  
**EĞİTİM MERKEZİ**

**Dr. Öğr. Üyesi Abdurrahman Engin DEMİR**  
Sağlık Bilimleri Üniversitesi  
Savunma Sağlık Bilimleri Enstitüsü  
Hava ve Uzay Hekimliği AD

***UÇUŞ TABİPLİĞİ SERTİFİKA PROGRAMI DEĞİŞİKLİKLERİ***

Havacılık tıbbı uçuş fizyolojisi, uçucu personelin sağlığı ve uçuşa uygunluğu, havadan hasta ve yaralı tahliyesi, uçak kazalarının insan faktörleri yönünden analizi, uçuş performansı gibi konuları içeren bir tıp alanıdır. Havacılık ve uzay ortamına özgü yerçekimsizlik, G (akselerasyon) kuvvetleri, kozmik radyasyon, hipoksi, hareket hastalığı, dekompresyon rahatsızlıkları, termal stresler gibi problemler nedeniyle havacılık tıbbi alanında çalışacak hekimlerin bu konularda teorik ve uygulamalı eğitimler alması gerekmektedir. İhtiyaç duyulan bu özel eğitimleri karşılamanın en temel yolu “Uçuş Tabipliği Eğitimi”dir. Askeri uçuş tabipleri uçuş ekibinin bir parçası olup genelde arama kurtarma faaliyetleri, pilotların günlük uçuş muayeneleri, kaza/kırımlarda acil müdahale gibi görevlere katılmakta; sahada (üstlerde) aktif olarak çalışmaktadır. Sivil uçuş tabipleri ise genelde Havacılık Tıp Merkezleri’nde çalışmakta ve havacılık personelinin periyodik muayenelerini yapmaktadır.

Sivil ve askeri havacılıkta kullanılan uçak tiplerinin ve operasyon/çalışma koşullarının farklı olması akselerasyon kuvvetleri maruziyeti, uçakta kullanılan yakıt ve kimyasallar, gürültü ve titreşim, termal stresler, pilot performansı ve yeteneği gibi konularda da farklılıkların oluşmasına neden olmaktadır. Bu nedenle askeri havacılık personelinin periyodik sağlık muayenelerinde daha sıkı standartlar aranmakta ve sivilden farklı mevzuatlar kullanılmaktadır. Hava ve Uzay Hekimliği Merkez ve Anabilim Dalı Başkanlığı 12 Kasım 1986 tarihinde Gülhane Askeri Tıp Akademisi (GATA) bünyesinde kurulmuş ve Uçuş Fizyolojisi Eğitim Merkezi, 1991 yılında GATA Hava ve Uzay Hekimliği Merkez ve AD Başkanlığı’na bağlanmıştır. Ülkemizde 1986 yılı sonrası hava ve uzay tıbbi alanındaki yapılan uçuş tabipliği kursu dâhil ulusal ve uluslararası kurs ve eğitimler Hava ve Uzay Hekimliği AD Başkanlığı sorumluluğunda icra edilmiştir. Günümüzde ise havacılık tıbbi alanındaki bütün faaliyetler “09.11.2016 tarihli 6756 sayılı “Olağanüstü Hal Kapsamında Bazı Tedbirlerin Alınması ve Milli Savunma Üniversitesi Kurulması ile Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun Hükmünde Kararnamenin Değiştirilerek Kabul Edilmesi Hakkındaki Kanun” gereği Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Savunma Sağlık Bilimleri Enstitüsü Hava ve Uzay Hekimliği Anabilim Dalı Başkanlığı tarafından yürütülmektedir.

11/4/1928 tarihli ve 1219 sayılı “Tababet ve Şuabatı San'atlarının Tarzı İcrasına Dair Kanun” "Ek Madde 14" ve "10/7/2018 tarihli 30474 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmış olan Cumhurbaşkanlığı Teşkilatı Hakkında 1 Nolu Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi MADDE 355 -

(1 j) ve n)” hükümleri gereği Sağlık meslek mensuplarının eğitimleri ve tıpta uzmanlık eğitimi ile ilgili sertifikasyon dahil iş ve işlemleri yürütmek görevi T.C. Sağlık Bakanlığı Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü’ne tevdi edilmiştir. 1 sayılı Cumhurbaşkanlığı Teşkilatı Hakkında Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi Madde 352–384 hükümlerine göre ülkemizde icra edilen her türlü sağlık hizmetlerinin, koruyucu sağlık hizmetlerinin ve sağlık eğitim ve araştırmalarının usul ve esaslarının düzenlenme, denetlenmesi, yetkilendirmesi vb. tüm yetki ve sorumluluğu Sağlık Bakanlığı'na tevdi edilmiştir. Aynı kararname Madde 508 - "(1) Bakanlık görev, yetki ve sorumluluk alanına giren konularda idari düzenlemeler yapabilir" hükmüne amirdir. Uçuş tabipliği eğitimi de sağlık personelinin sağlık personeline verdiği sertifikalı bir eğitim olup, bu eğitimi tamamlayan sağlık personelinden, başta uçucu heyet muayenelerinin gerçekleştirilmesi olmak üzere özellikli sağlık hizmetlerini ve konuyla ilgili koruyucu hekimlik faaliyetlerini yerine getirmeleri beklenmektedir. Bahse konu eğitimlerin, eğitim verecek kurum/ kuruluşların yetkilendirilmesinin ve ilgili iş ve işleyişin yürürlükte olan mevzuat hükümleri gereğince Sağlık Bakanlığı tarafından yürütülmesi önemlidir. Bu bağlamda, T.C. Sağlık Bakanlığı Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü Eğitim ve Sertifikasyon Daire Başkanlığı tarafından Uçuş Tabipliği Sertifikalı Eğitim Programı Standardı 15.08.2023 tarihinde yayınlanmıştır (Şekil 1). Bu standart ile, uçuş tabipliği ilk ve yenileme eğitim programları yeniden düzenlenmiş ve EASA uyumlu hale getirilmiştir. Standartta ayrıca eğitici ve yetkilendirilecek eğitim merkezi kriterleri, sertifika yenileme ve denklik şartları yeniden belirlenmiştir.

SAĞLIK ALANI SERTİFİKALI EĞİTİM STANDARTLARI	
Standart No	SASES-
Tarih	15.08.2023
Revizyon No	1

UÇUŞ TABİPLİĞİ SERTİFİKALI EĞİTİM PROGRAMI  
STANDARTI

T.C. SAĞLIK BAKANLIĞI  
SAĞLIK HİZMETLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ  
Eğitim ve Sertifikasyon Dairesi Başkanlığı  
Bilkent Yerleşkesi, Üniversiteler Mah. Dumlupınar Bulvarı  
6001. Cad. No:9 Çankaya/ANKARA

Bu standart Sağlık Bakanlığı Sertifikalı Eğitim Yönetmeliği gereğince ilgili sertifikalı eğitim bilim komisyonu tarafından hazırlanmış olup 34 sayfadandır.

**Şekil 1:** Uçuş Tabipliği Sertifikalı Eğitim Programı Standardı

## ***SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ HAVA VE UZAY FİZYOLOJİSİ EĞİTİM MERKEZİ***

Son yıllarda ülkemiz sivil havacılık sektörü, dünya ticari havacılığının genişlemesine paralel olarak hızla gelişmektedir. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM) istatistiklerine göre, Türkiye'de 2022 yılı sonunda toplam pilot sayısı 14055 olarak bildirilmiştir ve bu sayı her yıl artmaya devam etmektedir. Bu nedenle, uçuş emniyetini sağlamak için hava mürettebatının fizyolojik eğitimlerine daha fazla odaklanmak çok önemli hale gelmektedir.

Fizyolojik eğitim sivil pilotlar için zorunlu olmamasına rağmen, çok sayıda araştırma ve bilimsel raporda bu eğitimlerin etkili ve faydalı olduğu gösterilmiştir. Havacılık ve uzay fizyolojisi eğitimleri, FAR 61.31 fizyoloji gereklilikleri ve AC 61-107A'da bulunan kılavuzlarda belirtildiği üzere FAA (Federal Aviation Administration- Federal Havacılık İdaresi), NTSB (National Transportation Safety Board- Ulusal Ulaşım Güvenlik Kurulu), CAA (Civil Aviation Authority- Sivil Havacılık Otoritesi) ve IBAC (International Business Aviation Council- Uluslararası İş Havacılığı Konseyi) tarafından sivil havacılık pilotları ve kabin ekibi personeli için şiddetle tavsiye edilmektedir. Ayrıca, Spasyal Dezoryantasyon, Hipoksi ve Gece Görüşü eğitimlerinin sivil pilot ve uçuş ekibi eğitim programlarına dahil edilmesinin havacılık kaza oranlarını azaltmada etkili olacağı tavsiye edilmiştir.

Son yıllarda sivil havacılık sektöründeki hızlı büyüme ve teknolojik gelişmeler, beraberinde havacılık personeli sayısının artışı, Milli Uzay Programı kapsamında hayata geçirilen “Türk Astronot ve Bilim Misyonu” gibi insanlı uzay görevleri içeren projeler nedeniyle hava ve uzay fizyolojisi eğitimlerine yönelik kapsamlı bir merkezin sivil havacılığa hizmet amacıyla kurulmasına karar verilmiştir. Sağlık Bilimleri Üniversitesi Savunma Sağlık Bilimleri Enstitüsü bünyesinde kurulması planlanan Hava ve Uzay Fizyolojisi Eğitim Merkezi ile, ülkemizde sivil havacılık sektöründe çalışan pilot, kabin ekibi ve diğer havacılık personeline havacılık ve uzay tıbbi alanında uluslararası standartlara uygun nitelikte teorik ve uygulamalı eğitimler vermek, havacılık ve uzay tıbbi alanında görev yapacak sağlık personeline yönelik kurslar düzenlemek, bu alanda bilimsel araştırmalar yapmak, bu sayede personelin yeteneklerini ve bilgisini artırarak uçak kazalarını önlemek ve uçuş güvenliğine katkı sağlamak amaçlanmaktadır (Şekil 2).



**Şekil 2:** Hava ve Uzay Fizyolojisi Eğitim Merkezi

Hava ve Uzay Fizyolojisi Eğitim Merkezi'nde Millî Savunma Bakanlığı, İçişleri Bakanlığı, Sağlık Bakanlığı ve diğer kamu kurum/kuruluşları personeline 'Uçuş Tabipliği Eğitimi', 'Hava Ambulanlarında Görevli Sağlık Personeli Eğitimi' ve 'Uçuş Psikolojisi Eğitimi' verilmektedir. Ayrıca dost ve müttefik ülkelerin askeri/sivil havacılık personeline de 'Basic Aviation Medicine Course (Temel Havacılık Tıbbı Kursu) ve Advanced Aviation Medicine Course (İleri Düzey Havacılık Tıbbı Kursu)' eğitimlerinin verilmesi planlanmaktadır.

Hava ve Uzay Fizyolojisi Eğitim Merkezi'nde "Normobarik Hipoksi Eğitim Sistemi", "Gece Görüş Eğitim Sistemi" ve "Spasyal Dezoryantasyon Eğitim Sistemi" olmak üzere havacılık ve uzay fizyolojisi eğitimlerinde ihtiyaç duyulan temel laboratuvarlar mevcuttur:

**Normobarik Hipoksi Eğitim Sistemi:** Son yıllarda Alçak Basınç Odası eğitimlerine alternatif olarak kullanılmaya başlanan Normobarik Hipoksi Eğitimi, yeryüzündeki atmosferik basınçta personele, oksijen oranı azaltılmış havanın maske ile veya kapalı bir ortamda solutulması şeklinde uygulanan bir eğitimidir. Eğitimde özel havalandırma ve yüksek kapasiteli kompresör sistemine sistemine ihtiyaç duymayan, uçucular için dekompresyon riski taşımayan, fazla yer kaplamayan portatif bir cihaz kullanılmaktadır (Şekil 3). Eğitim süresi kısadır. %100 oksijen gereksinimi azdır. Kurulumu ve idamesi ucuzdur. Dünya genelinde birçok merkezde hipoksik koşulların demonstrasyonunda kullanılmaktadır.



Şekil 3: Normobarik Hipoksi Eğitim Sistemi

Bu eğitimde çıkılması planlanan irtifa seviyesine eşdeğer oksijen oranı uygun cihazlar ve bilgisayar sistemi aracılığıyla ayarlanarak maske yardımıyla uçucuya solutulmaktadır. Eğitimin amacı sisteme entegre edilmiş gerçekçi uçuş simülasyonları eşliğinde, emniyetli koşullarda, yer seviyesinde hipoksi (dokularda oksijen azlığı) semptomlarının deneyimlenmesidir. Hipoksi semptomlarını öğrenen pilotlar gerçek uçuşta benzer problemler yaşadıklarında gerekli tedbirleri alarak kendilerini kurtarmaktadır.

**Spasyal Dezoryantasyon (SD) Eğitim Sistemi:** Uçuş sırasında denge sisteminden ve görsel sistemden kaynaklanan his yanılgılarının ve illüzyonların (Spasyal dezoryantasyon-SD) gerçekçi uçuş şartları oluşturularak yer seviyesinde simüle edilebildiği bu sistemde, SD hakkında farkındalık oluşturularak SD kaynaklı uçak kazalarının önlenmesi amaçlanmaktadır.



**Şekil 4:** Spasyal Desoryantasyon Eğitim Sistemi

Eğitim sistemi içinde bulunan SD cihazının kokpit tasarımı Cessna 172 p uçağı kokpit tasarımının aynısı olup içinde yüksekliği, kokpite olan uzaklığı ve her iki kumanda kolu ile aynı hizaya gelebilecek şekilde ayarlanabilir tekli koltuk bulunan; yüksek çözünürlüklü dış dünya (Out-The-Window (OTW) görüntüleri içeren görsel ekran sistemine sahip kapalı bir kabinden oluşmaktadır. 3 eksenli hareket sistemine (pitch, roll ve yaw) sahip olan bu cihaz değişken meteorolojik koşullar (rüzgâr, bulutlar, görünürlük, türbülans) altında leans, coriolis, graveyard illüzyonu vb. his yanılgılarını hareketli olarak deneyimleme imkânı sunmaktadır. Ayrıca bu cihazda bazı uçuş profilleri kullanılarak, pilot yetiştirilmesi sırasında ortaya çıkabilen hareket hastalığının (motion sickness) duyarsızlaştırma yoluyla tedavisi yapılabilecektir.



**Şekil 5:** Cessna 172P uçağı kokpit tasarımı ve pnömotik sistem bazlı çalışan dört adet elektrik motoru

**Gece Görüş Eğitim Sistemi:** Sistem otokinezis, black hole illüzyonu, false horizon, iniş sırasında yaşanan his yanılgıları, vection illüzyonu, flaş körlüğü, parlama efekti gibi çeşitli görsel his yanılgılarını içeren yaklaşık 70 adet uçuş profilini yüksek çözünürlüklü geniş bir ekranla sunabilmektedir. Bu profiller ekrana yansıtılırken 4K'ya (3840 x 2400) kadar yüksek çözünürlük oranlarında ayrıntılı görüntüler sunabilen bir FS40-4K MKII projektör kullanılmaktadır (Şekil 6).



**Şekil 6:** Gece Görüş Eğitimi Sistemi

Sistem dünyada mevcut olan en gelişmiş ve gerçekçi gece görüş eğitim sistemleri arasında yer alma potansiyeline sahiptir. Bu sistemle uçuş personeline gece uçuşlarında karşılaşılan görüş problemleri, görsel yanılgılar ve gece görüş gözlüğü kullanılarak yapılan uçuşlarda ortaya çıkan görsel etkilenimler öğretilmektedir. Gün ışığından izole edilmiş karanlık bir ortamda, sanal gerçeklik teknolojileri kullanılarak uçuş koşulları simüle edilmektedir (Şekil 7).



**Şekil 7:** Gece görüş eğitimi profilleri



## **KAYNAKLAR**

AC 61-107A (2003)- Operations of Aircraft at Altitudes Above 25,000 feet MSL and/or Mach Numbers (MMO) Greater Than .75. Department of Transportation Federal Aviation Administration. 1/2/03 Initiated by: AFS-820.

Directorate General of Civil Aviation, Annual Report for 2022.

Ercan E, Avci A (2022). Analysis of Turkish Civil Aviation Accidents Between 2003 And 2017. Journal of aviation (Online), 6(2), 148 - 154. 10.30518/jav.1082280.

[https://dosyamerkez.saglik.gov.tr/Eklenti/46241/0/ucus-tabipligi-sertifikali-egitim-programi-standardipdf.pdf?\\_tag1=18E763305EB2F9553ECED2E5A22615726851A860](https://dosyamerkez.saglik.gov.tr/Eklenti/46241/0/ucus-tabipligi-sertifikali-egitim-programi-standardipdf.pdf?_tag1=18E763305EB2F9553ECED2E5A22615726851A860)

Johnston BJ, Iremonger GS, Hunt S, Beattie E. Hypoxia training: symptom replication in experienced military aircrew. Aviat Space Environ Med. 2012 Oct;83(10):962-7. doi: 10.3357/ase.3172.2012.

Self DA, Mandella JG, Prinzo OV, Forster EM, Shaffstall RM. Physiological equivalence of normobaric and hypobaric exposures of humans to 25,000 feet (7620 m). Aviat Space Environ Med 2011; 82:97 – 103.

## DENGE FİZYOLOJİSİ VE UÇUCULARDA DENGE PROBLEMLERİ

**Dr. Öğr. Üyesi Abdurrahman Engin DEMİR**

Sağlık Bilimleri Üniversitesi  
Savunma Sağlık Bilimleri Enstitüsü  
Hava ve Uzay Hekimliği AD

Bir insanın yerküre üzerindeki pozisyonu ve konumu, çeşitli duysal veri girdilerinin özelleşmiş organ ve sistemlerce kesintisiz bir şekilde toplanıp merkezi sinir sistemi tarafından bütünleştirilmesi ve yorumlanması ile sağlanmaktadır. Bu duysal verilerin vücut tarafından algılandığı yerler görsel sistem, vestibüler sistem ve proprioseptif sistem olup bu üç sistem, konumsal oryantasyonun yerküre üzerinde belli bir uyum içinde sağlanmasında birbirlerinden farklı oranlarda- % 80 görsel, %15 vestibüler ve %5 proprioseptif sistem- görev yapmaktadır. Uçuş ortamında ise, harici görsel referansların tam olduğu, yetersiz kaldığı ya da hiç olmadığı bir ortamda kullanılan hava aracının hareketi, hızı ve konumundaki değişikliklerin ve yetersiz ya da yanlış algılanan görsel referansların bu uyumu bozduğu, dolayısıyla normal fizyolojik oryantasyonun sağlanamadığı ya da sağlanmasında güçlük yaşandığı bir ortam söz konusudur. Bu yüzden uçucuların şiddeti, süresi ve yönü değişkenlik gösteren hareketlere ve bir takım görsel illüzyonlara maruz kaldıkları hava ortamında konumsal oryantasyonlarını sağlamada sorun yaşamaları kaçınılmazdır.

Vestibüler sistemin konumsal oryantasyondaki payı görsel sistem kadar büyük olmasa da önemi en az onun kadar büyüktür. Vestibüler sistem, baş ve vücut hareketi sırasında hareket ve pozisyonun doğru algılanmasını sağlamaya çalışmakta, retinal stabilizasyonun sağlanmasında rol oynayan birtakım refleks yollarının ana yapısını oluşturmaktadır.

Vestibüler sistem, temporal kemiğin petröz parçası içinde yerleşmiş kemik labirentin içindeki Yarım Daire Kanalları ve Otolit Organlar (Utrikül ve Sakkül) olarak adlandırılan 2 bölümden oluşur.

Yarım Daire Kanalları anterior, posterior ve lateral yarım daire kanallarından oluşan ve bu kanalların 3 boyutlu uzayı temsilen birbirlerine 90 derecelik açı oluşturacak şekilde vestibulumun arka-üst kısmında yerleştiği anatomik bir yapıdır. Her bir kanal, bir tam dairenin 2/3'ü kadardır. Başın 25° öne doğru eğik durduğu pozisyonda her iki lateral yarım daire kanalı da horizontal düzleme paralel konuma gelmektedir. Her 3 yarım daire kanalının bir ucunda ampulla denen genişlemeler bulunur. Her bir ampullanın içinde, başın rotasyon hareketlerini algılayan reseptörlerin yer aldığı crista ampullaris adı verilen çıkıntı şeklinde bir duyu alanı ve bu çıkıntının tepesinde kupula adı verilen jelatinimsi bir kütle mevcuttur.

Otolit Organlar (Utrikül ve Sakkül) ise yarım daire kanalları ile cochlea arasında yerleşmiştir ve asıl vestibül olarak da adlandırılır. Utrikül ve sakkülün iç yüzeylerinde, başın boşluktaki statik pozisyonunu algılayan ve macula adı verilen küçük birer duysal alan bulunur. Macula utriculi, utrikülün alt kısmında, ön kısmı yaklaşık 25 derece yukarı eğimli olacak şekilde konumlanmıştır ve başın horizontal düzlemdeki hareketlerini algılamaktadır. Macula

sacculi ise dikey düzlemde yerleşmiştir ve başın vertikal düzlemdeki hareketlerini algılamaktadır.

Bir pilot uçuş ortamında, normalde yerküre üzerinde tecrübe etmesinin pek mümkün olmadığı; yönü, şiddeti ve hızı değişkenlik gösteren birtakım akselerasyon kuvvetlerine maruz kalmaktadır. Hava aracının hareketleri (hızlanma, yavaşlama, kalkış, iniş, yön değiştirme, dönme, viril, yatış vb.) sırasında çeşitli yön ve şiddetlerde ortaya çıkan bu akselerasyon kuvvetleri, yarım daire kanalları ve otolit organlar üzerinde farklı etkilenimler yaratmaktadır. Otolit organların etkilendiği akselerasyon tipi lineer akselerasyon iken yarım daire kanallarının etkilendiği akselerasyon tipi ise angular akselerasyondur. Kupula, özgül ağırlığı endolenf ile aynı özgül ağırlığa sahip olduğu için angular akselerasyon sırasında endolenf akımıyla eşzamanlı hareket etmektedir. Lineer akselerasyon sırasında ise endolenf akımı gerçekleşmemektedir; bu yüzden kupula lineer akselerasyonlardan etkilenmemekte, dolayısıyla da uyarı oluşturacak bir hareket olmamaktadır.

Havacılık ve uzay endüstrisi yıllar içinde hızla geliştikçe, uçucular ve astronotlar havacılık ve uzay ortamının dinamiklerinden kaynaklanan bazı anormal fizyolojik değişikliklere maruz kalmaya başlamışlardır. Başın doğrusal ve açısal hareketlerini kodlayan ve algılayan vestibüler sistem, uçuş sırasında ortaya çıkan manevralardan ve uzay ortamının beraberinde getirdiği mikrograviteden en çok etkilenen sistemlerden biridir. Karmaşık ve sağlam organizasyonuna rağmen, vestibüler birimler o kadar hassas yapılardır ki, uçuş dinamiklerinden ve yerçekimsizlikten kolayca etkilenabilmektedir. Bu nedenle, vestibüler sistem ve refleks yollarına ilişkin olumsuz değişikliklerin ve bozulmaların farkında olmak uçuş emniyetinin sürekliliği açısından hayati önem taşımaktadır.

### ***UÇUŞ VE UZAY ORTAMININ TETİKLEYEBİLDİĞİ VESTİBÜLER PROBLEMLER***

Uçucunun gündelik hayatında klinik belirti ve bulgu vermeyen, rutin sağlık muayenelerinde de saptanamayan bazı patolojiler ve klinik yatkınlıklar, uçuş ve uzay ortamına maruziyet sırasında ve sonrasında ortaya çıkabilmekte ve uçuş güvenliğini tehlikeye sokabilmektedir.

#### ***G Kaynaklı Vestibüler Disfonksiyon (G- Induced Vestibular Dysfunction)***

Genelde -4 Gz ve üzeri maruziyetlerde ya da negatif G'yi takip eden ani ve yüksek pozitif G maruziyetlerinde (akrobasi uçuşları, dog-fight vb.) kanalit/ otolit/ otokoniaların yer değiştirmesi sonucu ortaya çıkabilen, uçuş sonrası pilotun dengesini sağlamada güçlük (yürürken sendelemek vb.) yaşadığı bir durum olarak tanımlanır. Dönüş hissi, kusmanın eşlik etmediği bulantı, denge bozukluğu ve yürüyüşte anstabilite sıklıktır. Semptomlar günler-aylar sürebilmektedir.

Literatür incelendiğinde, G Kaynaklı Vestibüler Disfonksiyon vakalarından biri 1998 Dünya Akrobasi Şampiyonası'na hazırlık uçuşlarından birinde yaşanmıştır. 41 yaşında erkek akrobasi pilotu, uçuş sırasında -7 Gz ortaya çıkaran bir manevra sırasında, bulantının eşlik ettiği keskin bir spin atma hissi deneyimlemiş, manevrayı sonlandırıp kısa bir zaman sonra iniş yaparak uçuşu sonlandırmıştır. İniş sonrası belirgin yürüyüş bozukluğu (sola doğru sendeleme)

gözlenen pilotta horizontal nistagmus (sol lateral pozisyonda daha belirgin) ve sola pozitif head thrust tespit edilmiştir. Olası etkilenme sol horizontal yarım daire kanalı kaynaklı benign pozisyonel vertigo olarak belirlenmiş ve pilota Barbekü (Lempert) manevrası uygulanmıştır. Steroid tedavisi başlanan ve 48 saat boyunca boyunluk takması önerilen pilotun şikayetleri daha sonra kaybolmuş ve pilot herhangi bir sekel vb kalmadan uçuş hayatına geri dönmüştür.

### ***Mal de Débarquement Sendromu (MdDS)***

Uzun gemi yolculukları, uçak ve uzay yolculukları, hatta karayolu yolculukları sonrası dönme, sallanma, yalpalama vb denge sorunları ile karakterize, bunlara bağlı azalmış algı, yorgunluk, uykusuzluk, anksiyete ve baş ağrısı şikayetlerinin görüldüğü durumdur. 'Sea Legs' ya da 'Land Legs' diye de adlandırılmaktadır. Uzay uçuşları sonrası oluşan postural instabilite de MdDS semptomlarına benzemektedir.

MdDS'de altta yatan patofizyoloji henüz net olarak açıklanamamıştır. 20 MdDS'li hastada yapılan bir çalışmada, pozitron emisyon tomografisi (PET) incelemesi sonucunda entorinal kortekste ve amigdala bölgesinde metabolik artış, entorhinal korteksle vestibüler alanların etkileşiminde artış olduğu gözlenmiştir. 29 MdDS'li hastanın incelendiği bir başka çalışmada görsel-vestibüler alanlarda gri madde değişiklikleri gözlenmiştir.

MdDS semptomlarının % 72- 80'i geçici olarak tanımlanmakta ve 48 saatten az sürmekte iken bir kısmı yıllar boyu devam edebilmektedir. Olguların büyük bölümünde salınım hareketine tekrar maruziyet esnasında semptomlarda -ilginç bir şekilde-azalma görülmektedir. Tedavide benzodiazepinler, SSRI, skopolamin, meklizin ve antikonvülzanlar kullanılabilir.

### ***Uzay Hareket Hastalığı (Space Motion Sickness-SMS)***

Sıklıkla uzaydaki ilk 2-3 gün ile yeryüzüne dönüş sonrası birkaç gün görülen, soğuk terleme, halsizlik, iştahsızlık, bulantı, yorgunluk, kusma vb.hareket hastalığı benzeri semptomların ön planda olduğu bir durumdur. Görülme sıklığı %60 ila 80'dir.

SMS ile ilgili birçok teori öne sürülmekle birlikte en çok kabul gören teorilerden birisi sıvı şifti teorisidir. Sıvı şifti teorisine göre, yerçekimsizlik nedeniyle kanın kranial bölgeye doğru göllenmesi ve bu sebeple artan hidrostatik basıncın iç kulak sıvı basıncına yansması, bu yansımının da vestibüler reseptör seviyesindeki cevabı değiştirmesi olarak açıklanmaktadır.

### ***Süperior Semisirküler Kanal Dehisansı (SSKD)***

Superior semisirküler kanalın üzerinde yer alan kemikte incelleme defektinin yol açtığı bir patoloji olan SSKD'de, oval pencere ve yuvarlak pencere haricinde "üçüncü bir deliğin varlığı" söz konusudur. Bu durum iç kulakta anormal bir sıvı hareketi yaratmakta, böylece stapes iç kulağa daha fazla titreşime neden olduğu için özellikle yüksek sesle vertigo hissine neden olmaktadır. Ayrıca, ıkınma veya valsalva manevrası gibi beyinden iç kulağa iletilen basınçla da vertigoya neden olabilmektedir.

Vestibüler ve işitsel bulguların ön planda olduğu SSKD'de en sık görülen semptomlar baş dönmesi, hiperakuzi, otofoni, iletim tipi işitme kaybı, kulak çınlaması veya kulak dolgunluğudur.

Havacılıkta dış ortamdaki basınç değişikliklerine karşı yapılan valsalva manevrası veya yüksek performanslı uçaklarda G kuvvetlerine direnmek amacıyla yapılan manevralar sırasında SSKD ortaya çıkabilmektedir. Bu durumlarda uçuş güvenliği tehlikeye girebilmekte, kişilerin uçuş kariyerleri de olumsuz yönde etkilenebilmektedir. İlk uçuşlarından itibaren uçuş sonrası tekrarlayan baş dönmesi ataklarından muzdarip 30 yaşında bir erkek stajyer pilotta BT'de sol superior semisirküler kanalda (SSC) bir kemik defekti saptanmıştır. Pilot ameliyat olmayı kabul etmemiş ve uçuş eğitimini sonlandırmak zorunda kalmıştır.

SSKD sadece uçucularda değil, havayolu yolcularında da görülebilmektedir. Uçak yolculuğu sırasında baş dönmesi ve iniş sırasında ani işitme kaybı yaşayan 71 yaşındaki kadın bir yolcuda sağ kulakta sensorinöral işitme kaybı ve Weber testinde sol lateralizasyon saptanmıştır. Çekilen kraniyal BT'de ayrıca sağ frontal lob üzerinde epidural hava (SSCD'ye bağlı pnömolabirent) ve SCC'de kemik defekti gözlenmiştir. 14 gün süreyle steroid tedavisi alan hastanın işitmesi normale dönmüş, kontrol amaçlı çekilen kraniyal BT'sinde pnömolabirent görünümü kaybolmuştur. Bu durumda gaz oluşumu tamamen rezorbe olmadan kişinin hava yolculuğu yapmaması tavsiye edilmelidir.

### ***VESTİBÜLER SİSTEM VE İLİŞKİDE OLDUĞU FARKLI REFLEKS YOLAKLARI***

Vestibüler sistem yerçekimi ve akselerasyon kuvvetlerini algılamakta, çeşitli ileti yolaklarıyla SSS'ye iletmekte ve bu iletim birtakım refleks yolakların aktive olmasına yol açmaktadır:

- Vestibülooküler refleks (VOR): Baş hareketi esnasında görme alanının sabit tutulmasını sağlayan refleksif göz hareketlerini içerir.
- Vestibülokolik refleks (VCR): Başın hareketi esnasında, otolit organlardan ve semisirküler kanallardan gelen girdilerin boyun kaslarına iletilmesi ile oluşan, boyun kaslarında meydana gelen yanıttır. Başın stabilizasyonunu sağlar, dik duruş sabitlenir.
- Vestibülospinal refleks (VSR): Postural değişimdeki dengeyi sürdürmemizi sağlar.
- Vestibülosempatik refleks: Baş hareketleri sonucu ortaya çıkan vestibüler uyarımın sempatik sinir aktivitesi üzerine olan etkilerini sağlayan bir refleks yolağıdır.
- Vestibülokardiyovasküler Refleks: Baş hareketleriyle kan basıncında meydana gelen değişiklikleri düzenler.

Uzay ortamında maruz kalınan mikrogravitenin en fazla etkilediği sistemlerden biri hiç kuşkusuz vestibüler sistemdir. Yukarıda bahsi geçen refleks yolakları ile olan etkileşimi nedeniyle, mikrogravitenin hem akut hem de uzun dönemde vestibüler fonksiyonlar üzerinde yarattığı etkilenimler denge bozukluğuna, ortostatik hipotansiyona, kas atrofisine ve kemik kütlelerinde kayba sebep olabilmektedir. Yapılan birçok çalışmada bu etkilerin altında yatan nedenler arasında dolaşımdaki kan volümünde azalma, baroreflaks disfonksiyonu, myokardial atrofi ve son çalışmalarda da vestibüler disfonksiyonun da rol oynadığı bulunmuştur. Vestibüler sistem ayrıca denge, stabilite, beslenme alışkanlığı, kemik ve kas metabolizması, vücut sıcaklığı, kan basıncı ve sempatik sistem aktivitesini kontrol etmektedir.

## KAYNAKLAR

- Brown J, Baloh R (1987) Persistent mal de débarquement syndrome: a motion-induced subjective disorder of balance. *Am J Otolaryngol* 8(4):219–222
- Cha Y, Brodsky J, Ishiyama G, Sabatti C, Baloh R (2008) Clinical features and associated syndromes of mal de débarquement. *J Neurol* 255(7):1038–1044
- Cha Y, Chakrapani S, Craig A, Baloh R (2012) Metabolic and functional connectivity changes in Mal de débarquement syndrome. *PLoS One* 7:e49560.
- Cha Y, Chakrapani S (2015) Voxel based morphometry alterations in Mal de débarquement syndrome. *PLoS One* 10(8).
- Convertino VA (2002) Mechanisms of microgravity induced orthostatic intolerance: implications for effective countermeasures. *J Gravit Physiol* 9:1–13
- David JR, Johnson R, Stepanek J, Fogarty JA, eds. *Fundamentals of Aerospace Medicine*, 4th Ed., Philadelphia: Lippincott Williams&Wilkins, 2008
- Dreibelbis JA, Organ BE. Semicircular canal dehiscence syndrome and vestibular dysfunction disqualify a military student pilot. *Aerosp Med Hum Perform* 2018; 89: 923-6.
- Fritsch-2. Yelle JM, Charles JB, Jones MM, Beightol LA (1985) Eckberg DL (1994) Spaceflight alters autonomic regulation of arterial pressure in humans. *J Appl Physiol* 77:1776–1783.
- Gordon C, Spitzer O, Doweck I, Melamed Y, Shupak A (1995) Clinical features of mal de débarquement: adaptation and habituation to sea conditions. *J Vestib Res* 5(5):363–369.
- Gradwell DP, Rainford DJ. *Ernsting's Aviation Medicine*, 5th Edition, Taylor & Francis Group, LLC, 2016.
- Hallgren E, Migeotte PF, Kornilova L, Deliere Q, Fransen E, Glukhikh D, Moore ST, Clement G, Diedrich A, MacDougall H, Wuyts FL (2015) Dysfunctional vestibular system causes a blood pressure drop in astronauts returning from space. *Sci Rep* 5:17627.
- Meck JV, Reyes CJ, Perez SA, Goldberger AL, Ziegler MG (2001) Marked exacerbation of orthostatic intolerance after long- vs. short-duration spaceflight in veteran astronauts. *Psychosom Med* 63:865–873
- Morita H, Abe C, Tanaka K (2016) Long-term exposure to microgravity impairs vestibulo-cardiovascular reflex. *Sci Rep* 6:33405
- Morita H, Kaji H, Ueta Y, Abe C. Understanding vestibular-related physiological functions could provide clues on adapting to a new gravitational environment. *J Physiol Sci*. 2020 Mar 14;70(1):17. doi: 10.1186/s12576-020-00744-3. PMID: 32169037; PMCID: PMC7069930
- Muller TU. G-induced vestibular dysfunction ('the wobbles') among aerobatic pilots: a case report and review. *Ear Nose Throat J*. 2002 Apr;81(4):269-72.

Perhonen MA, Franco F, Lane LD, Buckey JC, Blomqvist CG, Zerwekh JE, Peshock RM, Weatherall PT, Levine BD (2001) Cardiac atrophy after bed rest and spaceflight. J Appl Physiol 91(645):653.

Remenschneider A, Santos F. Pneumocephalus, hearing loss, and vertigo after airline flight in a patient with superior canal dehiscence. Otol Neurotol 2014; 35: e60-1.

Reschke MF, Kornilova LN, Harm DL, Bloomberg JJ, Paloski WH. Neurosensory and sensory-motor function. In: Space Biology and Medicine, Chapter 7: Vol. III, Book 1: Humans in Spaceflight. Reston, VA: AIAA Press; 1998

# ASKERİ VE SİVİL HAVACILIKTA HİPOKSİ VE KARDİYAK ETKİLENİMLERİ

**Dr. Öğr. Üyesi Şükrü Hakan GÜNDÜZ**

Sağlık Bilimleri Üniversitesi

Hava ve Uzay Hekimliği Anabilim Dalı

Hipoksi; Kanda, dokularda ve hücrelerde zihinsel ve fiziksel işlevlerde bozulmaya neden olacak kadar yaygın oksijen azlığı/ yetersizliği olarak tanımlanmaktadır. Hipoksinin oluş mekanizmalarına göre sınıflandırılması yapıldığında;

## **Hipoksik Hipoksi**

- Ortam Havaında O<sub>2</sub> Yetersizliği;
  - Düşük atmosfer basıncı şartları (*Hipobarik Hipoksi*),
  - Solunum havaında düşük oksijen oranı,
- Solunum Yolları Problemleri;
  - Solunum azalması ya da apne,
  - Hava yollarında tıkanıklık, Astım Hastalığı,
  - Boğulma, asfiksi.
- Akciğer Hastalıkları;
  - Amfizem, Atelektazi, Pnömotoraks, Pnömoni,
  - Hyalin Membran Hastalığı,
  - Pulmoner Emboli

## **Hipemik hipoksi:**

- Eritrositlerde azalma;
  - Kan Kaybı,
  - Artmış Eritrosit Yıkımı,
  - Azalmış Eritrosit Üretimi.
- Anormal ya da Yetersiz Hemoglobin Sentezi;
  - Orak Hücreli Anemi,
  - Hipokrom Anemi.
- Azalmış Oksijen Bağlama Kapasitesi;
  - CO Zehirlenmesi,
  - Methemoglobinemi.
  -



### Stagnant Hipoksi:

- Lokal Arteriyel Vazokonstruksiyon;
  - Donma,
- Travma ya da hastalık sonucu arteriyel yetmezlik,
- Genel Dolaşım Yetersizliği;
  - Kalp Yetmezliği,
  - Vazovagal Senkop,
  - Yüksek G Kuvvetlerine Bağlı Kan Basıncı ve Kardiak Output Azalması,
  - Devamlı Basınçlı Solunum.

### Histotoksik Hipoksi:

Siyanür Zehirlenmesi;

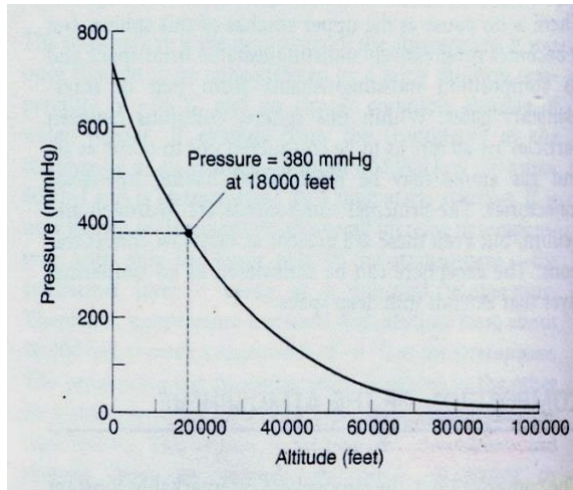
Mitokondrilerde Sitokrom Oksidaz enzim blokajı.

Alkol, sigara ve bazı ilaçlar.

CO Zehirlenmesi.

Bizim ele alacağımız ve havacılıkta daha sık karşılaştığımız hipoksi tipi Hipobarik hipoksidir.

**Hipobarik Hipoksi;** Ortam basıncının, dolayısı ile parsiyel oksijen basıncı (PO<sub>2</sub>)'nin düşmesi (Ör: İrtifaya çıkmak) sonucu ortaya çıkan oksijen yetersizliği durumudur.



Mutlak İrtifa (ft.)	Basınçlar (mmHg)
Deniz seviyesi	760
10.000	563
18.000	380
25.000	282
34.000	190
40.000	141

### ***Havacılıkta karşılaşılan hipoksi türleri;***

#### ***Akut Hipoksi***

Dakikalar- saniyeler (hipoksinin derinliği ve hipoksiye maruziyet süresi)

Düşük PO<sub>2</sub>'ye **akomodasyon**

Sempatik sistem aktivasyonu

-Solunum sistemi etkileri

-Kardiyovasküler sistem etkileri

-SSS etkileri

#### ***Aralıklı Hipoksi***

Normoksi fazları ile bölünen, tekrarlayıcı hipoksi bölümleri

Uçak seyahatleri

Yüksek irtifa maruziyetleri

Obstruktif uyku apne sendromu, Astım, KOAH, Obezite

#### ***Kronik Hipoksi***

Günler-haftalar-yıllar

Düşük PO<sub>2</sub>'ye **aklimatizasyon**

-Pulmoner ventilasyon büyük ölçüde artar

-Eritrosit sayısı ve hemoglobin artar

-Akciğerlerin difüzyon kapasitesi yükselir

-Dokuların vaskülaritesi artar

-Düşük PO<sub>2</sub>'ye karşın hücrelerin oksijen kullanma yetenekleri gelişir.

Havacılık hipoksisi temel nedenleri arasında en sık karşılaşılan durumlar; Oksijen desteği olmadan **10.000 feet ve üzeri** irtifaya maruz kalmak, Kişisel oksijen sistemleri tarafından yeterli basınç ya da konsantrasyonda oksijen verilememesi ve yüksek irtifada kabin basıncının kaybedilmesi örnek olarak verilebilmektedir.

## HİPOKSİNİN OBJEKTİF BULGULARI

Hiperventilasyon  
Titreme, terleme  
Muhakeme zayıflığı  
Kas koordinasyon bozukluğu  
Siyanoz  
Şuur kaybı

## HİPOKSİNİN SUBJEKTİF BULGULARI

Baş ağrısı, uyuşma  
Bulantı  
Karıncalanma  
Sıcak-soğuk basması  
Baş dönmesi  
Terleme  
Yorgunluk huzursuzluk  
Öfori  
Hava açlığı  
Görme bozukluğu  
Titreme  
Yargı zayıflaması

58 havacıda yapılan hipoksi eğitimi ve anket çalışmasında katılımcıların %65'inin önceki hipoksi deneyimlerinden hatırladıkları 5 belirgin semptomu aynen yaşadıkları, %57'sinin ise önceki hipoksi deneyimlerinde öne çıkan belirtileri hatırladıkları ve herkesin kendisine ait bir "**hipoksi imzası**" (belirtiler grubu) olabileceği ileri sürülmüştür.

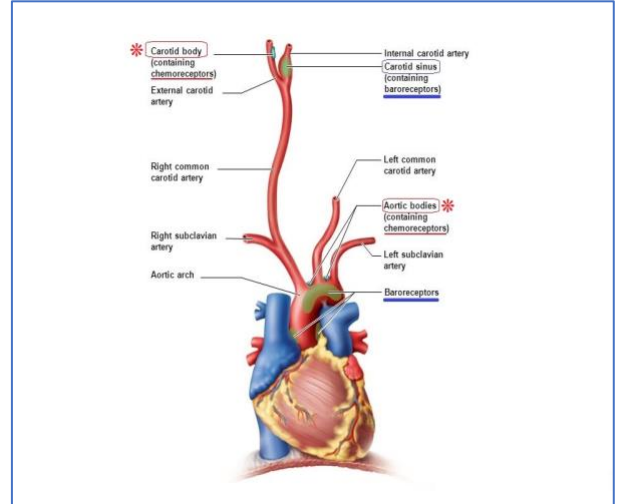
## AKUT HİPOKSİ

PAO<sub>2</sub> azalır → PaO<sub>2</sub> azalır

- İlk kompensatuar cevap hiperventilasyondur.

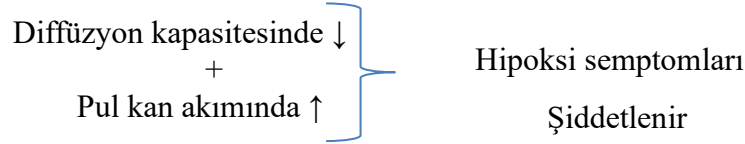
18bin ft → %20-50 artar

22bin ft → %40-60 artar



- PaO<sub>2</sub> azalması kalp atım hızını artırır ve kalp hızı irtifa ile artar;  
15bin ft → %15 artar  
25 bin ft → 2 katına çıkar
- Kardiyak output, kalp hızıyla orantılı olarak artar. Sistolik basınç yükselir atım hacmi değişmez
- Ortalama arteryel basınç ise sabit bir seyir izler.

Kalp debisi normal iken, pulmonel kapillerlerin ilk 1/3'ünü geçen kan O<sub>2</sub>'ye tamamen doyar. Kalp debisi yükselip kanın kapillerlerde kalma süresi kısalsa bile oksijenizasyon gerçekleşir (0,8sn → 0.3sn). PAO<sub>2</sub>'nin irtifayla azalması, A-a PO<sub>2</sub> gradientini azaltarak diffüzyon kapasitesini azaltır.



Kemoreseptör stimülasyonuna karşı gelişen refleks cevapların yanında hipoksinin lokal olarak da birtakım etkileri mevcuttur. Doku düzeyinde hipoksi başladığında, lokal bir takım vazodilatör maddeler (adenozin, CO<sub>2</sub>, laktik asit, histamin, K<sup>+</sup> ve H<sup>+</sup> iyonları) salınır. Çoğu dokuda periferik vazodilatasyon meydana gelir, periferik direnç düşer, dolayısıyla da nabız basıncı artar. Bu etkiler devam ettikçe kardiyak aktivite daha fazla oksijene gereksinim duyar. İhtiyacın karşılanamaması halinde bradikardi, kontraktilitede bozulma, atım hacminde azalma ve aritmi cevapları ortaya çıkmaya başlar. Bradikardi, periferik vazodilatasyon, periferik dirençte düşüş, Arteriyel Kan Basıncı'nda azalma ve müteakiben serebral kan basıncında azalma sonucu senkop gelişir.

### ***OKSİJEN DESTEĞİ:***

Amaç PAO<sub>2</sub>'yi deniz seviyesiyle eşdeğer seviyede (103mmHg) tutmaktır. Teorikte 10bin ft irtifaya kadar O<sub>2</sub> desteğine gerek yoktur. Gündüz uçuşlarında hafif yorgunluk, baş ağrısı, performans düşüklüğü, gece uçuşlarında ise karanlık adaptasyon süresi uzaması, gece görüş performansında azalma olduğu için pratikte 5bin ft irtifadan itibaren ilave O<sub>2</sub> solunur. Ortalama 33.000 feet' in altındaki irtifalarda çoğu zaman %100 oksijen gerekli değildir. Tırmanış esnasında oksijen regülatörü vasıtasıyla oksijen yüzdesini irtifayla birlikte belli oranlarda arttırarak 33.000 feet' de %100 oranına çıkarmak, PAO<sub>2</sub>'yi deniz seviyesindeki PAO değerine eşdeğer duruma getirir.

### ***İRTİFAYA GÖRE O<sub>2</sub> ORANLARI***

İRTİFA	BASINÇ (mmHg)	O <sub>2</sub> ORANI
Deniz seviyesi	760	%21
5 bin ft	632	%25
10 bin ft	532	%31
15 bin ft	429	%40
20 bin ft	329	%49
25 bin ft	282	%63
30 bin ft	225	%81
34 bin ft	187	%100

%100 oksijen ile 33.000 feet' den 40.000 feet' e kadar yapılan tırmanışta, deniz seviyesinden 10.000 feet' e kadar olan solunum havasına eşdeğer durum muhafaza edilir. 40-43 bin ft irtifa aralığında, PAO<sub>2</sub>'yi deniz seviyesine eşdeğer düzeyde tutmak için **Pozitif Basıncılı Solunum (PBS)** sistemine gereksinim vardır. Pozitif basınçlı solunum, özellikle askeri havacılık için geliştirilen, 40bin ft üzeri irtifalarda kısa süreli uçuş yapmaya ve Gz toleransını arttırmaya (*artmış intratorasik basıncın arteryel kan basıncını attırması suretiyle*) imkân tanıyan bir sistemdir.

### **SONUÇ:**

Yapılan bir çalışmada, yatar pozisyondaki sağlıklı erkeklerde izokapnik hipoksinin doz-yanıt eğrisi ve kalp debisi ölçülmüş ve nispeten hafif hipoksemi seviyeleriyle ilişkili olarak kalp debisinde bir artış bulunmuştur. Artış tamamen kalp atış hızının artmasıyla açıklanmış ve 5 dakikalık bir zirvenin ardından 20 dakika sonra temel seviyeye dönme eğilimi göstermiştir. Kan basıncında veya ventilasyon hızında artış olmamıştır, %80'e kadar düşük oksijen saturasyonlarında bile izokapnik hipoksi ile istirahat halinde dolaşım parametrelerinde aşırı bir değişiklik olmadığı sonucuna varmak mantıklıdır. Dolaşım değişiklikleri, kalp hızında hafif (muhtemelen geçici) artışlar, sistemik dirençte küçük düşüşler, kalp debisinde artış ve bir dereceye kadar koroner kan akışında artışla sonuçlanabilir. Ticari uçaklarda 2500 m'lik basınç irtifalarında %80'lik oksijen saturasyonlarının oluşması pek olası değildir. Ticari havayolu uçuşlarının neden olduğu hafif hipobarik hipokseminin, deniz seviyesinde kritik iskemisi olmayan kişilerde miyokardiyal iskemiye hızlandırmada çok az etkisi olması veya hiç etkisi olmaması beklenebilir.

Ticari havayolu yolcuları, düşük oksijen içeriğine sahip havayı solur ve bu da kandaki oksijen saturasyonunun düşük olmasına neden olur. Ulaşılan kan oksijen doygunluğu seviyelerinin, yolcu miyokardiyal iskemi, miyokard enfarktüsü, sol ventriküler yetmezlik veya aritmiye karşı daha duyarlı hale getirecek olumsuz dolaşım etkilerinin çok az olduğu veya hiç olmadığı görülmektedir.

Halihazırda yüksek risk altında olan yolcular, uçuş sırasında hipoksi nedeniyle ilave riske maruz kalabilir. Bu sonuç mevcut kanıtlarla desteklenmektedir ve kısa veya orta uzunluktaki uçuşlar için geçerlidir. Uzun süreli uçuşun (>12 saat) olumsuz etkileri olup olmayacağını gösteren yeterli bilgi yoktur.

### **KAYNAKLAR**

1. Smith AM. Hypoxia symptoms in military aircrew: long-term recall vs. acute experience in training. Aviat Space Environ Med 2008; 79:54-7
2. Guyton AC, Hall JE. Textbook of Medical Physiology. 11th edition. Elsevier Saunders, Philadelphia, 2006.
3. Jeffrey R.Davis,Robert Johnson,jan Stepanek,Jennifer A. Fogarty. Spatial orientation in Flight, Fundamentals of Aerospace Medicine ,4th Edition, Lippincott Williams&Wilkins, Philadelphia,2008, 83-109.
4. Benson AJ., Stott JR. Effects of long duration acceleration ,Ernsting's Aviation Medicine ,5th Edition, Edward Arnold Ltd,New York,2016,131-156.

## İNSANSIZ HAVA ARACI PİLOTLARININ SAĞLIK GEREKSİNİMLERİ VE ULUSLARARASI MEVZUAT

**Dr. Öğr. Üyesi Şükrü Hakan GÜNDÜZ**  
Sağlık Bilimleri Üniversitesi  
Hava ve Uzay Hekimliği Anabilim Dalı

Modern savaş alanındaki önemli taktik ve stratejik sistemlerin temel bir parçası olarak kabul edilen insansız hava araçları (İHA) aktif muharebede kuvvet çarpanı olarak artan popüleritesi, İHA personelinin önemini ve kazalarının sıklığını da artırmıştır.

İHA' lar doğası gereği insanlı hava araçlarına benzer, ancak İHA' ların karıştığı aksilikler insanlı havacılık kazalarından önemli ölçüde farklıdır. “Son araştırmalar hem havacılık hem de yer kazalarının üç ana bileşene sahip olduğunu gösteriyor; İnsan, Malzeme, Çevresel faktörler. Bunlar arasında insan kaynaklı faktörler İHA kazalarının sıklığının artmasında önemli bir nedendir. İlk aşamada İHA pilotlarının fiziksel ve psikolojik stresler yapmadan görevlerini yapabileceği düşünülmüştür ancak zamanla İHA pilotlarının beklenmedik biçimde psikolojik bozukluklar gösterdiği çeşitli çalışmalarda rapor edilmiştir. Çalışmalarda İHA pilotlarının savaşın karşılıklı sıcak insanlı dövüş atmosferi uzağında insan öldürmenin duygusal ve bilişsel psikolojilerini yaşadıkları; bu konuda yapılmış anket çalışmalarında bazı İHA pilotlarının kendilerini telesavaşçı (Virtual Telewarrior) olarak gördükleri uyku bozukluğu ilaç kullanımı artışı ve çeşitli sağlık sorunları yaşadıkları belirtilmiştir. Görevli kişi için bir uçuş riski olmamasına rağmen görevin risksiz bir şekilde yerine getirilmesi, havada çarpışmayı önlemek, hava aracına ya da çevreye zararı engellemek amacıyla görevli personel uzaysal oryantasyon, ilaçların etkileri vb. tıbbi inkapasitasyon nedenleri açısından değerlendirilmeli ve eğitim almalıdır. Tüm bahsedilen Sınıf II (150-600 kg) ve Sınıf III (600kg'den ağır) İHA'lar için geçerlidir. Bu gerekçeler ile Son 20 yıl içerisinde yüzlerce farklı İHA geliştirilmesi, oldukça sofistike görevler yerine getirilmesi bu hava araçlarının işletmesinde görev alacak kişilerin sağlık kriterlerinin belirlenmesi zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır. ABD' de yapılan araştırmalarda İHA kazalarının diğer hava aracı kazalarından daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Havacılık kazalarının %70-80'i insan faktörü nedenlidir. İHA kazalarını değerlendiren 4 ayrı makalenin sonuçları aşağıda sunulmuştur.

## ABD Deniz Kuvvetleri (203 Kaza)

**Kazadaki İnsan Faktörü Oranı: %43**

- **Emniyetsiz Durumlar: %46**
  - Emniyetsiz Davranışlar %59
  - Hatalar%39
  - Havacılık Tıbbı:%28
  - CRM:%27
- **Emniyetsiz Süpervisyon:%61**
  - Öngörülen: %47
  - Öngörülmeyen: %34

## ABD Deniz Kuvvetleri (93 Kaza)

- **Kazadaki İnsan Faktörü Oranı: %59**
  - Emniyetsiz Davranışlar %38
  - Hatalar% 12
- **Emniyetsiz Durumlar: %40**
  - Havacılık Tıbbı:%10
  - CRM:% 28
- **Emniyetsiz Süpervisyon:%43**
  - Öngörülen: % 12
  - Öngörülmeyen :% 15

## ABD Kara Kuvvetleri (56 Kaza)

**Kazadaki İnsan Faktörü Oranı: %32**

- Emniyetsiz Davranışlar %61
- Yetenek Problemleri %22
- Karar Hataları %33
- Emniyetsiz Durumlar: %6**
  - CRM:%6
- Emniyetsiz Süpervisyon:%50**
  - Öngörülen: %17
  - Öngörülmeyen :%33
- Organizasyonel Problemler : %44**

## ABD Hava Kuvvetleri (48 Kaza)

Kazalardaki İnsan Faktörü Oranı : %69

- Eğitim: %27

- CRM :%25

- SA: %18

- İnsan Sistem Arayüzü: %16

- Kognisyon ve Karar verme: %24

ABD 'de 864 İHA personeli ve 600 havacı personelin iş stresi ve tükenmişlik ile ilgili ankette; İHA ekibinin (%19) diğer personelden (%12) daha yüksek stres seviyesine sahip olduğu tespit edilmiştir. İHA ekibinin (%33) diğer personelden (%16) daha yüksek duygusal tükenmişlik yaşadığı tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmada iki ayrı tip İHA (REAPER ve Global Hawk) personelinin yaklaşık % 50 sinin iş ve aile yaşamını etkileyecek psikiyatrik semptomlar gösterdiği tespit edilmiştir. En sık gözlenen psikiyatrik semptomlar olarak;

- Anksiyete,
- Konsantrasyon problemleri,
- Uyku bozuklukları
- Bir operasyon sonrasında eve gidip çocuklara sarılmanın zorluğu (Conflict)
- Gizlilik nedenli yaşadıklarını paylaşmada zorluk
- Suçluluk hissi belirtilmiştir.

Çalışmanın sonuçlarına göre İHA personelinin yaklaşık % 10 u görevinin ilk 24 ayında psikiyatrik tanı almaktadır. 25 yaş altında olmak da önemli bir risk faktörü olarak görülmektedir. Uyku bozukluklarının çalışıldığı bir çalışmada İHA personelinin kronik yorgunluk nedeniyle % 40 görev zamanında uyukladığı tespit edilmiştir. İngiltere'de bağımsız tıbbi uzman grubunun yayınladığı bir raporda; İHA personelinde psikiyatrik problemler olduğu tespit edilse de sıklıkla bahsedilen bel ve boyun ağrıları uzun süreli çalışmaya bağlı baş ağrıları gibi fiziksel hastalıklara dair randomize kontrollü çalışma sayısının az olduğu belirtilmiştir. Uzun çalışma saatleri nedeniyle koroner arter hastalığı gibi fiziksel hastalıklarda % 40 artış olduğu haftalık 55 saat ve üzerinde çalışanlarda da inme riskinin % 30 arttığı bilinmekte olup bu risk faktörünün İHA personeli için de geçerli olduğu belirtilmiştir.



## DÜNYADA VE ÜLKEMİZDE UYGULANAN STANDARTLAR

ÜLKE	Kullanılan Standart
Almanya	Sürücü lisansı – pilot lisansı arasında (İHA sınıfına göre)
Fransa	150 Kg üstü İHA'lar için ATC sağlık standartı
İspanya	ATC sağlık standartına benzer bir sağlık standartı geliştirmiş
ABD	Sınıf II sağlık muayenesi (Sınıf I alım, Sınıf II Uçucu periyodik muayenesi)

FAA'de sınıf 3 sağlık sertifikası (PPL) gerekliliği vardır ayrıca ilaç ve alkol kötüye kullanımına yönelik tetkikler yapılmaktadır. Bunun nedeni hava taşımacılığı ve stratejik tesislere gelebilecek zarardır.

Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü		SINIFLANDIRILMASI
İHA0	500gr- 4 Kg	SÜRÜCÜ OLUR SAĞLIK RAPORU
İHA1	4 Kg -25 Kg	
İHA2	25 Kg – 150 Kg	SINIF 2 SAĞLIK RAPORU (PPL)
İHA3	150 Kg Üstü	

## İHA PİLOTLARI SAĞLIK STANDARTLARI

Dünyada hava trafik kontrolörü (ACT) sağlık standartlarını kullanan ülkeler mevcuttur. Ancak bu standartlar 15 Kg altındaki mini İHA'lar için «Fazla» iken 600 Kg üzerindeki İHA'lar için «Az» gelebilmektedir.

Bu neden ile ATC standartlarının alınıp kullanılması yanlış bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir. Ancak yeni standartların belirlenmesi için iyi bir başlangıç noktası olarak görülmektedir.



İHA personelinin havacılık tıbbi eğitimlerine ihtiyaç duyup duymadığı da tartışılmaktadır. Genel yaklaşım bu kişilerin «İnsan Faktörlerine» dair dersler alması gerektiğidir. NATO STANAG 3114 gereği de bu kişiler İnsan Performansı, yorgunluk vb. sağlık sorunları ile ilgili uçucularda ilaç kullanımı gibi dersler almalıdır. Birçok İHA SA problemleri nedeniyle kaybedilmektedir. Bunun temel nedeni İHA'da harekete bağlı insan fizyolojisi üzerine direkt olarak bir geri dönüş olmamasıdır. Bu problemin üstesinden gelmek için İHA'ların durumsal bilgisinin en ayrıntılı ve doğru bir şekilde pilota iletilmesi çok kritiktir ve bu nedenle birçok gösterge geliştirilmektedir Tüm bu gerekçeler ve literatür bilgisi ışığında ülkemizde İHA pilotlarına SD eğitimi verilmektedir. Özellikle 3 boyutlu ve yüksek çözünürlüklü görüntüler ile bu sorunun üstesinden gelebileceği düşünülmektedir. Ancak bu da göreve aşırı yoğunlaşmaya ve denge organlarına daha fazla görsel bilgi ulaşması nedeniyle hareket Hastalığına neden olabilmektedir.

### KAYNAKLAR

Barnes, M.J. & Matz, M.F. (1998). Crew simulations for unmanned aerial vehicle (UAV) applications: Sustained effects, shift factors, interface issues, and crew size. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 42nd Annual Meeting*, 143-7.

Kevin W. Williams Civil Aerospace Medical Institute Federal Aviation Administration Oklahoma City, OK 73125

McCarley, J.S. & Wickens, C.D. (2005). *Human factors implications of UAVs in the national airspace*. University of Illinois Institute of Aviation Technical Report (AHFD-05-5/FAA-05-1). Savoy, IL: Aviation Human Factors Division.