



# Uzay Ortamının Astronotların Duyusal ve Motor Sistemleri Üzerine Etkisi ve Uzay Hareket Hastalığı

The Effect of Space Environment on Sensory and Motor Systems of Astronauts and Space Motion Sickness

Serdar SARITAŞ<sup>1</sup>, Sultan TARLACI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Inönü Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi, Cerrahi Hastalıklar Hemşireliği Anabilim Dalı, Malatya  
• serdar.saritas@inonu.edu.tr • ORCID > 0000-0003-4076-9001

<sup>2</sup>Üsküdar Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nöroloji Anabilim Dalı, İstanbul  
• sultan.tarlaci@uskudar.edu.tr • ORCID > 0000-0001-7634-1467

Makale Bilgisi / Derleme / Review

Makale Türü / Article Types: Derleme / Review

Geliş Tarihi / Received: 07 Mart / March 2022

Kabul Tarihi / Accepted: 04 Nisan / April 2022

Yıl / Year: 2022 | Cilt – Volume: 7 | Sayı – Issue: 1 | Sayfa / Pages: 57-64

Atıf/Cite as: Saritaş, S. ve Tarlacı, S. "Uzay Ortamının Astronotların Duyusal ve Motor Sistemleri Üzerine Etkisi ve Uzay Hareket Hastalığı - The effect of Space Environment on Sensory and Motor Systems of Astronauts and Space Motion Sickness" Samsun Sağlık Bilimleri Dergisi- Journal of Samsun Health Sciences 7(1), April 2022: 57-64.

Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Serdar SARITAŞ

## UZAY ORTAMININ ASTRONOTLARIN DUYUSAL VE MOTOR SİSTEMLERİ ÜZERİNE ETKİSİ VE UZAY HAREKET HASTALIĞI

### ÖZ:

İnsanlar, antik çağlardan beri gökyüzüne büyük ilgi göstermişlerdir. Bu ilgili orta çağdan sonra bilimsel temellere dayalı gözlemlere dönüşmüştür. En nihayetinde 20 yy. ortasından itibaren insanlar, bu ilgiyi uzaya yolculuk etmek şeklinde geliştirmişlerdir. İlk olarak, alçak dünya yörüngesi daha sonra ay olmak üzere önemli görevler yerine getirilmiştir. Günümüzde hedeflenen ise Mars'a insanlı görevlerin gerçekleştirilmesidir. Ancak uzay, düşük yerçekimi (mikrogravite) ve iyonize radyasyon gibi zorlukları sahiptir. Ayrıca uzay araçları da (Uluslararası uzay istasyonu-ISS da dahil) kısıtlı bir alana mahkûm olma, izolasyon, aile ve sosyal çevreden ayrı kalma gibi zorlukları da beraberinde getirmektedir. Tüm bu zorluklar, kaçınılmaz olarak insan fizyolojisi ve psikolojisini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu derleme çalışması, uzay ortamının astronotların duyuşsal ve motor sistemleri üzerine nasıl etki ettiğini irdeleyebilmek ve astronotların sıkça karşılaştığı bir hastalık olan uzay hareket hastalığının ne olduğunu kısaca açıklayabilmek üzere hazırlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Uzay ortamı; Duyusal sistemler; Motor sistemler; Uzay hareket hastalığı.



## THE EFFECT OF SPACE ENVIRONMENT ON SENSORY AND MOTOR SYSTEMS OF ASTRONAUTS AND SPACE MOTION SICKNESS

### ABSTRACT:

People have shown great interest in the sky since ancient times. This method has evolved into observations based on scientific foundations after the Middle Ages. After all, since the middle of the 20th century, people have developed this interest in the form of traveling to space. First, important tasks were performed, the low earth orbit of which later became the moon. The goal today is to carry out manned missions to Mars. But space has its challenges, such as low gravity (microgravity) and ionizing radiation. Also spacecraft International Space Station-ISS, including being condemned to a restricted area, isolation, separate from the family and social environment remain as challenges. All these difficulties inevitably significantly affect human physiology and psychology. This review study has been prepared to examine how the space environment affects the sensory and motor systems of astronauts and to briefly explain what space motion sickness is, a disease that astronauts often encounter.

**Keywords:** Space environment; Sensory systems; Motor systems; Space motion sickness.

## GİRİŞ

Uzay, düşük yerçekimi (mikrogravite) ve iyonize radyasyon, uzay araçları (Uluslararası uzay istasyonu-ISS da dahil) içerisinde kısıtlı bir alana mahkûm olma, izolasyon, aile ve sosyal çevreden ayrı kalma gibi zorlukları da beraberinde getirmektedir (Clement & Reschle, 2008; Van Ombergen et al, 2017). Uzay ortamının, astronotların kardiyovasküler ve kas-iskelet sistemi üzerine etkileri daha sık araştırılmış iken, merkezi sinir sisteminin nasıl etkilendiğine dair daha kısıtlı literatür bulunmaktadır (Van Ombergen et al, 2017; Murasic et al, 2014). Daha önceki çalışmalarda, psikolojik sorunlar, serebrospinal sıvının beyinde toplanması, denge sorunları ve bilişsel değişikliklere dair araştırmalar yapıldığı görülmüş ancak altta yatan nöral nedenler yeterince irdelenmemiştir (Van Ombergen et al, 2017). Aşağıda bu nedenler sırası ile ele alınacaktır.

### Uzay Ortamının Astronotların Duyusal Sistemleri Üzerine Etkileri

Erken dönem uzay programı kapsamındaki görevlerde, astronotlarda bir dizi merkezi sinir sistem problemi ve sensörimotor sorunlar görüldüğü bildirilmiştir. Astronotların bu geribildirimlerinden dolayı NASA astronotların seçiminde tıbbi özgeçmiş ve muayenelerle yetinmeme kararı almıştır ve böylece astronot adaylarının önemli bir nörolojik hastalık olup olmadığı incelemeye başlanmış, uzman bir nörolog incelemesine tabi tutularak beyin MR'ları da değerlendirmeye başlamıştır (Nicogossian et al, 2016). Tüm bu detaylı incelemelere rağmen uzay ortamının sensörimotor sisteme ne ölçüde etki edeceğine dair standart ölçüler elde edilememiştir (Nicogossian et al, 2016).

Günümüzde uluslararası uzay istasyonunda (ISS) görev yapan tüm astronot ve kozmonotlarla düzenli teltip yöntem ile özel görüşmeler yapılarak, astronotların medikal durumları hakkında haftalık bilgi elde edilmeye başlanmıştır (Clement & Reschle, 2008; Nicogossian et al, 2016). Ancak gelecekte yapılması planlanan Mars görevi için yer kontrol (dünya) ve uzay aracı ile 22 dk.'lık tek yönlü iletişim gecikmeleri yaşanacaktır (Clement & Reschle, 2008). Toplamda 40 dakikayı aşan bu gecikmenin acil medikal durumlarda ne gibi problemler yaratabileceği hala tartışma konusudur.

### Nörovestibüler Değişiklikler

Astronotların, hem görev esnasında (uzayda) hem de görev sonrası dünyaya döndüklerinde en çok etkilenen (olumsuz olarak) sistemlerinden birisi vestibüler (denge) sistem olarak tanımlanmıştır (Koppelmans et al, 2016; Macaulay et al, 2016; Nicogossian et al, 2016; Temple et al, 2018; Weber et al, 2020). Özellikle düşük yer çekimi (mikrogravity) ve ağırlıksızlık (weightlessness) bu durumun temel nedeni olmuştur (Nicogossian et al, 2016; Temple et al, 2018). Ayrıca astronotların

bireysel farklılıklarının da sensörimotor adaptasyon veya bozulmada önemli bir faktör olduğu bildirilmiştir (Nicogossian et al, 2016; Seidler et al, 2015).

Bilindiği gibi iç kulakta yarım daire kanallarında yer alan otolitler, doğrusal ivmeye (hızlanma/hareket) duyarlıdır (Clement & Reschle, 2008; Nicogossian et al, 2016). Bu sistem 1G'de (yeryüzündeki gravite) normal olarak çalışır. Dünyada iken baş sola veya sağa, öne veya arkaya yatırıldığında, otolitler yerçekimi gradyanı boyunca (yani aşağı doğru, yani z axis yönünde) hareket etme eğilimindedir. Açısal ivmeye duyarlı organ ise her iki kulakta yer alan yarım daire kanallarıdır (Clement & Reschle, 2008). Ancak yarım daire kanalları yerçekimine tepki üretmezler. Bir başka ifade ile yarım daire kanalları hareketi ölçmez, ancak hareketle beraber değişiklik gösterirler (Clement & Reschle, 2008).

İnsanlar ayakta dururken yerçekimi ile hizalanırlar ve hareket halindeyken dönüş yönüne doğru eğilirler. Aksi halde dengelerini kaybedip, düşebilirler (Clement & Reschle, 2008). Eğer kişi başını öne doğru eğilirse, otolitler yerçekimi etkisi altında aşağı doğru kayarak denge organında yer alan saç hücrelerini bükerek. Teknik olarak ifade edilirse, saç hücrelerini uyaran yerçekimi tarafından indüklenen kesme kuvvetidir. Kısaca yerçekimine uyumlu bu hareketler (vestibüler sistem aracılığı ile) uzaysal konumumuzu, görsel girdi olmasa da algılamamızı sağlar. Ancak uzayda yerde olduğu gibi 1G çekim olmadığından, vestibüler sistem hatalı bilgileri alır ve kafa karışıklığı meydana getirir (Clement & Reschle, 2008; Nicogossian et al, 2016). İşte bu nedenle astronotlar çoğunlukla uzay uçuşlarının ilk birkaç gününde baş dönmesi ve yönelim bozukluğu (dizoryantasyon) yaşarlar (Chen et al, 2016; Clement & Reschle, 2008; Nicogossian et al, 2016).

### **Diğer Duyulardaki Değişiklikler (Propriyosepsiyon, İşitme, Görme, Koklama, Tat Alma)**

**Propriyosepsiyon:** Yerçekiminin olmaması (mikrogravite), propriyosepsiyon ve mekansal yönelimi etkiler. Bir başka ifade ile ekstremitelerin (kollar ve bacakların) konumu bilgisini, hedefe gönüllü uzuv hareketini ve kütle algısını değiştirir (Clement & Reschle, 2008; Nicogossian et al, 2016).

**İşitme:** Uzay uçuşu temelde 3 ana nedenden dolayı işitme üzerine olumsuz etkiye sahiptir. Bunlar; yaşam destek donanımının sürekli olarak çalışması (64 ila 100 dBA arasında değişen bir gürültü seviyesi), astronotların günün 24 saatini gürültü kaynaklarının yakınında geçirmesi ve mahremiyetin olmaması olarak sıralanabilir. Kısıtlı bir alanda tüm astronotlar bir arada buldukları için sesler duyulabilir. Her ne kadar bu durum için kulak tıkaçları kullanılsa da, titreşim azalmaz (Clement & Reschle, 2008; Nicogossian et al, 2016).

**Görme:** Göz hareketleri, vestibüler sistemle birlikte yerçekimsiz ortamda etkilendiği bildirilmiştir (Clement & Reschle, 2008; Nicogossian et al, 2016). Ayrıca, dinamik görme keskinliği testlerinden elde edilen kanıtlar, görme keskinliğinin uçuş sonrası azaldığını ve inişten sonraki 1 haftada düzelebildiğini göstermiştir (Clement & Reschle, 2008; Nicogossian et al, 2016). Bununla beraber, daha önce gerçekleştirilmiş bazı misyonlarda göz içi basıncından değişiklikler ve retinal vasküleritenin kalibrasyonunda değişimler bildirilmiştir (Nicogossian et al, 2016).

**Tat Alma ve Koklama:** Geçmiş uzay görevlerinde hem astronotlar hem de kozmonotlar yiyeceklerin tadı ve kokusundan şikayetçi olmuşlar, bu sorunu çözmek için de yemeklerine daha fazla baharat ve çeşni istemişlerdir (Nicogossian et al, 2016). Kimi mürettebatta kahve kokusundan da rahatsızlık duyduğunu bildirmiştir. Koku alma ve tatma duyusundaki bu değişimin nedeni uzay ortamının getirdiği pasif burun tıkanıklığı ve alt ekstremitelerdeki sıvının başa kayması şeklinde açıklanmıştır (Nicogossian et al, 2016).

Yukarıda görüldüğü gibi insan doğası için aşırılıklar barındıran uzay ortamı, tüm duylara etki etmektedir. Bu etkilerin neler olduğu geçmiş uzay misyonlarında gözlenmiş ve raporlanmıştır. Tüm bu durumlar için ilgili uzay ajansları (NASA; Roscosmos..vs.) yeni tedbir ve tedavi protokolleri geliştirmiş ve uygulamışlardır. Ancak, bugüne kadar gerçekleştirilen tüm görevlere alçak dünya yörüngesinde ya da ay yüzeyine yürütülmüştür. Bu nedenle 2030'lu yıllar için planlanan Mars görevi gibi oldukça uzun bir görevin duysal sistemleri ne ölçüde etkileyeceğini tahmin etmek biraz güçtür. Bunun için çok daha fazla ve derinlemesine araştırma yapılması yararlı olabilir.

### Uzay Ortamının Astronotların Motor Becerileri Üzerine Etkileri

Bilindiği gibi sinir sisteminde duysal girdiler ve oluşturulan motor yanıtlar arasında bir uyum söz konusudur. Bu uyum, evrim süreci ile çok uzun sürelerde gerçekleşmiş ve bugünkü modern insana erişmiştir. Doğal olarak, yeryüzünde yaşayan ve evrimini gerçekleştiren insan için uzay ekstrem bir ortamdır. Uzayda daha önce söz edildiği gibi duysal sistem nasıl etkileniyorsa, çoğunlukla bu duysal girdilere yanıt üreten motor sistemlerde etkilenmektedir.

**Kas Gücü ve Tonu:** Uzay görevlerinin birçoğunda hem astronotlar hem de kozmonotlar için özellikle alt ekstremitelerde kas kuvvetinde, büyüklüğünde ve tonunda azalmalar bildirilmiştir (Clement & Reschle, 2008; Hodkinson et al, 2017; Nicogossian et al, 2016). Alt ekstremitelerdeki volümün yukarıya kaçışı (baş bölgesine), hareketsizlik ve düşük yerçekimi, kas atrofilerinin en önemli nedenleri arasında yer alır (Clement & Reschle, 2008; Nicogossian et al, 2016). Kas atrofisinin yanı sıra kemik erimesi yaşayan astronot ve kozmonotlar için uluslararası uzay istasyonu içinde özel bir koşu bandı yerleştirilmiştir. Bu banda astronotu sabit-

lemek için etrafında bağlantı kementleri bulunmaktadır (Macaulay et al, 2016). Düzenli yapılan egzersizlerle kas atrofisi ve kemik erimesi önemli ölçüde kontrol edilebilmektedir.

**Postür, Hareket (Lokomosyon):** Mikrogravite koşullarında vestibüler sistemin nasıl etkilendiğinden daha önce söz etmiştik. Buna göre görsel girdiler hatalı işlendiğinden vestibüler sisteme dayalı işlem yürütülmesi gerekiyordu. Vestibüler sistem de yanlış yorumlar yaptığı için hareket ve yönelim bozulabilmektedir. Ayrıca uzun uzay uçuşlarından (30 günden uzun süren) denge problemleri yaşandığından postural stabilitenin de azaldığı bildirilmiştir (Nicogossian et al, 2016).

Mürettebat üyelerinin çoğu, uzay uçuşundan sonra dünya'ya döndüklerinde bir dereceye kadar lokomotor işlev bozukluğu yaşarlar (Clement & Reschle, 2008; Nicogossian et al, 2016; Koppelmans et al, 2016). Bunların bazıları, bir köşeden dönerken ani postural stabilite kaybı, oryantasyon problemleri ve bunlara ilave olarak bazı astronotlarda ise osilopsidir (aslında sabitken çevredeki ortamın sürekli hareket halinde olduğu hissidir) (Clement & Reschle, 2008; Nicogossian et al, 2016).

Uzun uzay uçuşları sonrası yürüme bozuklukları da görülmür. Bu durumun hem zayıflamış alt ekstremite kaslarına, hem de bozulmuş olan vestibüler sisteme bağlı olduğu düşünülmektedir. Ancak tüm bu problemlerin nasıl meydana geldi tam olarak anlaşılamamıştır (Nicogossian et al, 2016).

Ayrıca alt ekstremite koordinasyonunun, bakış kontrolü ve baş hareketlerinin de uzay görevlerinde olumsuz etkilendiği bildirilmiştir (Clement & Reschle, 2008; Nicogossian et al, 2016).

## UZAY HAREKET HASTALIĞI (UZAY TUTMASI)

Uzay hareket hastalığı (UHH- ing; SMS), uzay uçuşunun ilk birkaç gününde mikrogravite nedeniyle ortaya çıkan bir tür hareket hastalığıdır (Chen et al, 2016; Nicogossian et al, 2016; Russomano et al, 2019). Dünyada yaşanan hareket hastalığına (araç tutması) benzer şekilde mide rahatsızlığı, kusma, baş ağrısı, yorgunluk, konsantrasyon eksikliği ve uyuşukluk gibi semptomlar görülmür (Chen et al, 2016; Clement & Reschle, 2008; Nicogossian et al, 2016; Russomano et al, 2019). Her ne kadar karasal hareket hastalığına benzese de, uzay hareket hastalığında önemli neden yerçekimin azalması ile beraber mide üzerindeki çekimin azalması ve yukarı yönde hareket etmesidir (Chen et al, 2016; Nicogossian et al, 2016). SMS'de kusma, karasal hareket hastalığından farklı olarak, aniden ve bulantı olmaksızın meydana gelir (Nicogossian et al, 2016). SMS, genel olarak astronotların ortalama %70'inin (60-80) karşılaştığı yaygın bir problemdir (Clement & Reschle, 2008; Chen et al, 2016; Nicogossian et al, 2016).

SMS'e düşük yerçekimi tek başına etki etmez, ilginç bir biçimde uzay aracının içi ne kadar büyük olursa ve buna bağlı olarak ne kadar çok hareket imkânı olursa SMS görülme olasılığı da o oranda artar (Clement & Reschle, 2008; Nicogossian et al, 2016). Spesifik olarak, SMS'i başlatabilecek veya ağırlaştırabilecek faktörler, hoş olmayan veya rahatsız edici manzaralar, zararlı kokular, bazı yiyecekler, aşırı sıcaklık, 1 G oryantasyon kaybı ve baş veya tüm vücut hareketleri şeklinde sıralanabilir (Nicogossian et al, 2016).

SMS'in oluşumun açıklamak üzere birçok hipotez ve teori geliştirilmiştir. Bunlardan birkaçı vücut sıvılarının yukarıya kayması, duyuşal çatışma, zehir ve otolit kütle asimetrisi şeklinde sıralanabilir.

Astronotların SMS'e duyarlılığını tahmin etmek üzere yerde birçok çalışma ve test yapılmaktadır (Clement & Reschle, 2008; Nicogossian et al, 2016). Ancak bu testler yeryüzünde yapıldığı için yeterli bilgi elde edilemeyebilir. Bu nedenle astronotların uçuş sırasındaki fizyolojik durumlarına dair bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır (Nicogossian et al, 2016).

SMS'e karşı kimi tedavi yaklaşımları geliştirilmiş ve bazı ilaçlar kullanılmıştır. Bu ilaçlar arasında en yaygın kullanılanlardan birisi prometazindir (Clement & Reschle, 2008; Nicogossian et al, 2016; Weerts et al, 2014). Ayrıca daha önceki görevlerde scopolamine, dextroamphetamine, metoclopramide ve prochlorperazine gibi ajanların da kullanıldığı bildirilmiştir (Nicogossian et al, 2016).

## SONUÇ

Sonuç olarak, uzay ortamının astronotlar için önemli zorluklar barındırdığını ve bu zorlukların merkezi sinir sistemine doğrudan etki ettiğini söylemek mümkündür. Ancak, uzay tüm zorluklarına rağmen insanoğlunu kendine çekmeye devam etmektedir. İnsanlık, 2030'lu yıllar veya belki daha sonrasında Mars'a giderek ilk gezegenler arası seyahatini yapacaktır. Bu uzun (gidiş - dönüş yaklaşık 3 yıl) ve zorlu yolculuğun ciddi problemlere gebe olduğunu tahmin etmek hiçte güç olmamaktadır. Duyusal ve motor sistemlerin uzun uzay yolculuğu süresince ne ölçüde etkileneceğini anlayabilmek ve uygun önlemleri alabilmek için daha fazla araştırma yapılması yararlı olacaktır.

### Çıkar Çatışması:

Bu çalışmada yazarların çıkar çatışması durumları yoktur.

### Yazar Katkısı:

Fikir/Kavram: S.S., S.T

Tasarım: S.S., S.T

Veri Toplama ve/veya İşleme: S.S.

Analiz ve/veya Yorum: S.S., S.T

Literatür Taraması: S.S.

Makale Yazımı: S.S., S.T

Eleştirel İnceleme: S.T

## KAYNAKLAR

- Chen, W., Chao, J.G., Wang, J.K., Chen, X.W., Tan, C. (2016) Subjective vertical conflict theory and space motion sickness. *Aerosp Med Hum Perform*, 87(2), 128-136.
- Clement, G., & Reschke M.F. (2008) *Space Neuroscience: What is it? Neuroscience in Space*. New York: Springer
- Hodkinson, P.D., Anderton, R.A., Posselt, B.N., & Fong, K.J. (2017) An overview of space medicine. *British Journal of Anaesthesia*, 119 (Supl. 1), 43-53.
- Koppelmans, V., Bloomberg, J.J., Mulavara, A.P., & Seidler, R. A. (2016) Brain structural plasticity with spaceflight. *npj Microgravity*, 2, 2.
- Macaulay, R.T., Macias, R.B., Mc Lee, S., Boda, W. L., Watenpaugh, D. E., & Hargens, A. R. (2016). Treadmill exercise within lower-body negative pressure attenuates simulated spaceflight-induced reductions of balance abilities in men but not women. *npj Microgravity*, 2(1), 16022.
- Murasic, U., Meeusen, R., Pisot, R., & Kavcic, V. (2014). The brain in micro- and hypergravity: The effects of changing gravity on the brain electrocortical activity. *European Journal of Sport Science*, 14 (8), 813-822.
- Nicogossian, A.E., Williams R.S., Huntoon, C.L., Doarn C.R., Polk, J.D., & Schneider, V.S. (2016). *Space Physiology and Medicine (14. Ch. Behavioral Health and Performance)*. New York: Springer
- Russomano, T., da Rosa, M., & Dos Santos, M.A. (2019) Space motion sickness: A common neurovestibular dysfunction in microgravity. *Neurol India*, 67(Supl.), 214-218.
- Seidler, R.D., Mulavara, A.P., Bloomberg J.J., & Peters, B.T. (2015). Individual predictors of sensorimotor adaptability. *Front Syst Neurosci*, 6 (9), 100.
- Temple, D.R, De Dios, Y.E, Layne, C.S., Bloomberg, J.J., & Mulavara, A.P. (2018) Efficacy of stochastic vestibular stimulation to improve locomotor performance during adaptation to visuomotor and somatosensory distortion. *Front. Physiol*, 9, 301.
- Van Ombergen, A., Demertzi, A., Tomilovskaya, E., Jeurissen, B., Sijbers, J., Kozlovskaya, I.B., Parizel, P.M., Van de Heyning, P.H., Sunaert, S., Laureys, S., & Wuyts, F. L. (2017). The effect of spaceflight and microgravity on the human brain. *J Neurol*, 264 (Suppl 1), 18-22.
- Weber, B., Panzirsch, M., Stulp, F., & Schneider, S. (2020) Sensorimotor performance and haptic support in simulated weightlessness. *Exp Brain Res*, 238, 2373–2384.
- Weerts, A.P., Vanspauwen, R., Franssen, E., Jorens, P.G., Van de Heyning, P.H., & Wuyts, F.L. (2014) Space motion sickness countermeasures: a pharmacological double-blind, placebo-controlled study. *Aviat Space Environ Med*, 85(6), 638-644.