

SOVYET UZAY BİYOLOJİSİ VE İLK İNSANLI UZAY UÇUŞUNA GİDEN YOL

Emel Güneş

Dr. Öğr. Üyesi, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı, Ankara
e-posta: emelgunes@ankara.edu.tr

ÖZET

Uzay araştırmalarında öncü rol oynayan Sovyetler Birliği'nde, insanın güvenli bir şekilde uzay yolculuğu yapabilmesi için son derece titiz bir plan doğrultusunda çalışmalar yürütülür. Uzay biyolojisi de bu konuya odaklanan yeni bir bilim alanı olarak ortaya çıkar.

1948 yılında uzaydaki koşulların ve uygun araçlarla yolculuğun canlı organizmaları nasıl etkilediğini araştırmak ve belirlenen faktörlere çözüm bulmak üzere araştırmalara başlanır. Mevcut birikim gözden geçirilerek çözüm aranacak öncelikli konular belirlenir. 1951 ile 1957 yılları arasında başta köpekler olmak üzere 29 jeofizik roket üzerinde çeşitli canlıların yeryüzünden 450 km'ye çıktıkları kısa süreli uçuşlar gerçekleştirilir. Roketlerin fırlatılışı ve iniş sırasındaki dinamik faktörlerin ve kısa süreli yerçekimi yokluğunun canlıların fizyolojik parametrelerinde hayatı tehdit edecek bir sapmaya yol açmadığı açığa çıkartılır. Sovyetler Birliği'nin Dünya yörüngesine ilk uyduyu göndermeyi başararak birliktir uzay biyolojisinin ele aldığı konuları incelemek için yeni olanaklar doğar.

3 Kasım 1957'de köpek Layka ikinci uydu Sputnik-2'de yer aldığı, bilim insanları uzay yolculuğunda bir canlının ihtiyaç duyacağı yaşam destek ünitesini ve çeşitli fizyolojik parametrelerin yeryüzünden izlenebilmesi için telemetrik sistemi geliştirmiş bulunuyorlardı. Bu uçuşla ilk defa bir canlı Dünya'nın yörüngesinde uzay yolculuğu yapar. Mevcut ekipmanın geliştirilmesinin ardından 1960'da Belka ve Strelka isimli köpekler Dünya etrafında 17 turluk yolculuklarını tamamlayarak sağlıklı bir şekilde geri dönerler. Bu uzay yolculuğu, insanın da yakında uzaya gidebileceğinin habercisi olur. Ancak insan hayatı söz konusu olduğunda en ince ayrıntısına kadar plan yapma gereksinimi Sovyet uzay bilimcilerinin temel ilkelerinden biridir.

Takvimler 12 Nisan 1961'i gösterirken insanlığın büyük rüyası gerçekleşir; Sovyet bilim insanlarının yoğun emeği sonucunda kozmonot Yuri Gagarin, Vostok uzay aracında Dünya etrafında bir tur atarak 108 dakikalık yolculuğunu başarılı bir şekilde tamamlar.

Anahtar kelimeler: Sovyetler Birliği uzay araştırmaları, uzay biyolojisi, Layka, yörünge uçuşları, ilk insanlı uzay uçuşu

SOVIET SPACE BIOLOGY AND THE PATH TO THE FIRST MANNED SPACE FLIGHT

ABSTRACT

Soviet scientists have played a leading role in the exploration of space and conducted an extremely detailed plan to ensure the safety of manned flights. Space biology has become a new field of science focusing on this issue.

In 1948 researchers began to research how conditions in space and spaceflight travel affect living organisms trying to find answers to specific problems. The first tests with geophysical rockets were carried out between 1951 and 1957. Animals, mostly dogs, were launched for a short duration in 29 vertical experimental flights to heights of up to 450 km. The information thus obtained on the effect of dynamic factors of vertical flights and short-time weightlessness provided insight that the physiological parameters of living creatures couldn't be affected fatally. When the Soviet Union sent the first satellite to Earth orbit, new possibilities emerged to study issues addressed by space biology.

On November 3, 1957, the dog Layka traveled in the second satellite Sputnik-2. Before this flight, scientists had developed the life support unit that a creature would need in space travel and the telemetric system to monitor various physiological parameters continually on the earth. Layka was the first living creature to make a true orbital spaceflight. Then, in 1960, the spaceflights of dogs named Belka and Strelka raised hope that people could go to space soon. But when it comes to human life, the need to plan all details was one of the basic principles of Soviet space scientists.

The big dream of humanity came true when the calendars showed April 12, 1961. As a result of the intensive work of Soviet scientists, cosmonaut Yuri Gagarin successfully completed a 108-minute long space travel by taking a tour around the Earth in the Vostok spacecraft.

Key words: Space research of the Soviet Union, space biology, Laika, orbital flights, first manned space flight

GİRİŞ

Sovyetler Birliği'nin uzay çalışmaları konusunda attığı adımlar tarih boyunca hem bilim çevreleri hem de dünya halkları tarafından son derece büyük ilgiyle izlenmiş ve hayranlık uyandırmıştır. İlk yapay uydunun gönderildiği tarih olan 4 Ekim 1957 yılı uzay çağıının başlangıcı için bir milat olarak kabul edilir. Dünya'nın ilk yapay uydusu "Sputnik", Sovyet insanının aklını ve emeğini cisimleştiren bir simgeydi. Her ne kadar dönemin ABD başkanı Eisenhower'ın danışmanı gibileri (Smolders, 1974) hafife alıp alay etmeye çalışmış olsa da 50 cm çapındaki bu "sıradan balon" ile dünyanın gözü bir kez daha hayranlık ve merakla Sovyetler Birliği'ne çevrilmiş oldu. Ve tabii ki uzaya! Bilim sayesinde artık insan bilimkurdu dışında uzay ile ilgili çok daha fazla elle tutulur hayaller kurmaya başladı. Bu hayallerin en büyüğü tabii ki bizzat insanın uzaya gidebilmesiydi. Sadece üç buçuk yıl sonra Sovyetler Birliği'nde bilim insanlarının emeği ile insanlığın bu hayali de elle tutulur hale gelmiş oldu. Takvimler 12 Nisan 1961'i gösterirken ilk insanlı uzay uçuşu gerçekleşti. Bu iki olayın, uzaycılık tarihinde özel bir yeri bulunmaktadır. Aradaki kısa süre zarfında iyi odaklanılmış, planlı ve özverili çalışmalar beklenen sonucu vermiş oldu (Grigoryev, 2011).

Bu yazıda insanın uzay yolculuğu hazırlıklarında uzay biyolojisi ve uzay tıbbi disiplinlerinin rolü üzerinde durulacak ve aynı zamanda Sovyet uzay programının uçuş güvenliği konusundaki planlı ve multidisipliner yaklaşımını incelenecektir.

YENİ BİR DİSİPLİN OLARAK UZAY BİYOLOJİSİ

Uzay biyolojisi, bilimsel ilerlemenin ürünü olarak uzay araştırmalarını ilgilendiren fizik, kimya, astronomi, jeofizik, aerodinamik vb. bilim alanlarının "birleşim noktasında" ortaya çıkmış bir disiplindir. Bu disiplin, canlı organizmaların fizyolojik kapasitesi başta olmak üzere uzay uçuşunun biyolojik yapılar üzerindeki etkisini inceleyen özel bir alan olarak Sovyetler Birliği'nde önemli bir yer edinmiştir (Sisyakin, 1962). Uzay biyolojisi ve tıbbi programının geliştirilmesine öncülük eden kişi olarak, 1940'lı yıllarda Havacılık Tıbbi Enstitüsü'nde çalışan Vladimir İvanoviç Yazdovskiy kabul edilir. Roket yapımında çığır açan başmühendis Sergey Pavloviç Korolyov'un bizzat kendisinin Yazdovskiy'nin bu alana yönelmesini teşvik ettiği bilinmektedir. 1948 yılında o dönemki Sovyetler Birliği Bilim Akademisi başkanı olan Sergey İvanoviç Vavilov'un da desteği ile Yazdovskiy'nin sorumluluğunda uzay uçuşlarında deney hayvanları araştırmaları yapabilecek multidisipliner bir ekip kurulmuştur (Yazdovskiy, 1966).

Uzay programının geliştirilmesi bu yeni alanın çalışmalarıyla yakından ilişkilidir. Örneğin mühendisler, uzay uçuşunun güvenliğini garanti altına alabilmek için canlıların uzayda bulunduğu yerde gözlemlenmesi ve dene-

timinde kullanılacak sistemleri geliştirirken fizyolojik gereksinimleri hesaba katmalıdır. Doğa bilimcilerini uzay biyolojisi alanının farklı bir yönü heyecanlandırmış, canlılığın uzay koşullarındaki özelliklerinin anlaşılması sayesinde Dünya dışı yaşamın varlığına ilişkin bilgiler edinilmesine gözlerini çevirmişlerdir (Sisyakin, 1962). Bu yönleriyle, uzay biyolojisinin köklü biyolojik disiplinlerden farklılaştığı, doğa ve teknik bilimlerinin diğer alanlarıyla iç içe geçerek bütünleşik bir hal aldığı görülür. Bu bütünleşik yapının gereksinimi pratikte de uzay uçuşlarının başlaması ve özellikle insanlı uçuşlarla birlikte kendisini dayatmıştır.

Bu disiplinin temelleri atılırken başlıca üç sorunun ele alındığı göze çarpar (Sisyakin, 1962):

1. Dünya koşullarına adaptasyon geçirerek evrimleşmiş olan canlı organizmalar üzerinde uzaydaki ekstrem faktörlerin etkisinin incelenmesi,
2. Uzay uçuşları sırasında ve farklı gezegenlerde yaşamın devam ettirilebilmesi için temel biyolojik gereksinimlerin incelenmesi,
3. Dünya dışındaki olası canlıların ve yaşam biçimlerinin araştırılması.

Sovyetler Birliği'nde uzay biyolojisi alanının başlangıç çalışmaları beş döneme ayrılabilir.

Birinci dönem, bir bilim alanı olarak araştırma konularının tespiti, teorik birikimin bu disiplin doğrultusunda gözden geçirilmesi ve çalışma planının oluşturulmasını kapsar. Ellili yıllara gelindiğinde vertikal roketler kullanılarak çalışmalara başlanabilmesi için gerekli altyapı bu etapta oluşturulmuştur.

İkinci dönem, balistik roketler ve yer laboratuvarları aracılığıyla uzay koşullarına olabildiğince yakın koşullarda araştırmaların yapıldığı dönemdir.

Üçüncü dönem, yapay uyduların dünya yörüngesi etrafına yerleştirilerek araştırmaların yapıldığı evredir.

Dördüncü dönem, bizzat uzay uçuşlarına dâhil olan ve tekrar dünyaya geri dönen canlılar üzerinde ayrıntılı incelemeler yapılan çalışmaları içerir.

Beşinci dönem, insanlı uzay uçuşlarının başladığı dönemdir.

Canlı organizmaları etkileyebilecek uzay uçuşunun faktörleri esas olarak *üç başlık altında* incelenmeye başlanmıştır:

- 1) Uzay uçuşunun dinamikleri ile ilişkili faktörler (aşırı yük binmesi, titreşim, motor gürültüsü, yer çekiminin

ortadan kalkması vb.),

2) Uzayın canlı organizmalar için bir habitat olarak nitelenmesini sağlayan faktörler (ultraviyole ve kızılötesi ışınlar, iyonlaştırıcı radyasyon, gaz konsantrasyonu vb.),

3) Uzay aracının yapay koşullarında organizmanın belli bir süre bulunması ile ilişkili faktörler (izolasyon, mekânsal kısıtlamalar, mikro iklim, beslenme, biyoritm vb.).

Bunların arasından araştırmaların temel odak noktasını, uzayda yer çekimi ve atmosferin yokluğu ile yüksek düzey radyasyonun varlığı oluşturduğu söylenebilir.

TSIOLKOVSKIY'NİN TEORİK ÜRETİMİ

Sovyetler Birliğindeki uzay araştırmaları alanına eşsiz katkılar sunmuş ve “uzaycılığın babası” sıfatını hak etmiş olan Konstantin Tsiolkovskiy (1857 – 1935)'nin derinlikli teorik çalışmaları arasında uzay biyolojisini ilgilendiren önemli katkılar bulunmaktadır (Gagarin ve Lebedev, 1984).

Çarlık Rusyası'nda havacılık araştırmaları için ancak sıcak hava balonunun desteklenmeye değer görüldüğü bir dönemde Tsiolkovskiy'nin kendi imkânlarıyla yürüttüğü çalışmalar, insanın uzaya gidebilmesi başlığında çok geniş kapsamlı önermeler içermektedir. Bunların arasında yer çekimini yenecek bir roketi ve böyle bir roketin taşıyacağı uzay aracının yapısı gibi teknik başlıklar olduğu gibi, değişen koşullardan insan organizmasının en az etkilenmesini sağlayacak önerileri de bulunmaktadır. Hatta uzay aracı serasının tasarımıyla bir biyosistemin oluşturulması gibi, dönemine göre son derece ileri fikirleri kaleme almıştır. Çalışmaları büyük ölçüde teorik düzeyde kalmış olsa da, kısıtlı imkânlarla sahip olan bir ev laboratuvarı kurarak bu konudaki görüşlerini belli ölçüde test edebileceği bir ortam yaratmayı da ihmal etmemiştir. Tsiolkovskiy'nin tüm bu birikimi Ekim Devrimi sonrasında en iyi şekilde değerlendirilmiş, kendisi Moskova Bilimler Akademisi üyeliğine kabul edilerek çalışmaları desteklenmiştir (Kosmodemyanskiy, 2014).

Uzay biyolojisinin ayrı bir disiplin olarak tanımlanmasından önce ilk yörünge altı biyolojik deneyleri stratosfer balonu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 1935'te Moskova'daki Deneysel Biyoloji Enstitüsü'nde çalışan Genel Genetik Bölümü araştırmacısı olan G. G. Friesen, meyve sineği *Drosophila melanogaster* türünün stratosferden dönüşü sonrasında nasıl etkilendiğini, sonraki nesillere aktaracağı bir mutasyonun oluşup oluşmadığını incelemiştir (Dubinin, 1978).

Deney, “SSCB-1-bis” adlı stratosferik balon ile 26 Haziran 1935 yılında gerçekleştirilir. Yaklaşık 3000 erkek meyve sineği *Drosophila melanogaster* 15.900 m yük-

seklikte iki saat tutulur. Organizmanın erken gelişim evrelerinde bu koşullarda radyasyonun X kromozomu üzerinde mutasyon oluşturan bir etkisi olup olmadığı araştırılır. İki saatlik bu uçuşta drosophila sineklerinin aldığı radyasyon, yeryüzünde 5,5 – 8,3 günde aldıklarına eşittir. Deney grubu sineklerinin yavruları ile kontrol grubunun yavrularında ortaya çıkan mutasyon oranları sırasıyla % 0,294 + 0,104 ve % 0,409 + 0,129 olup, aralarında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Frizen'in deneyi ile o irtifadaki kozmik radyasyonun spontan mutasyon oluşturan etkisinin bulunmadığı yönünde sonuç elde edilmiştir. Ancak bu sonuçların elde edildiği yüksekliğin, kozmik radyasyonun ciddi düzeyde arttığı 23 km'yi geçmemesi nedeniyle bu aşamada sonuçlar eksikli kabul edilmiş ve uzay uçuşu koşulları sağlanıncaya kadar tekrarlanmamıştır (Glembotskiy, 1962).

YÖRÜNGE ALTI UÇUŞLAR, DİKEY BALİSTİK ROKET UÇUŞLARI VE YER LİABORATUVARI

Uzay biyolojisinin bir bilim alanı olarak gelişkin çalışmaları önüne koyması esas olarak 1950'li yıllarda olmuştur. Yazdovskiy'nin öncülüğündeki kurucu ekibin 1948-1952 döneminde çok yüksek bir motivasyonla bu alanın temellerini attığı anlaşılmaktadır (Yazdovskiy, 1966).

Yer laboratuvarları

Vertikal roketler ile deneylere başlamadan önce kurulan ve sonradan geliştirilmiş olan bu laboratuvarlarda fizyolojik etkileri çok benzer olan kalkıştaki hızlanmanın ve inişteki yavaşlamanın deney hayvanları (köpek, tavşan, sıçan vb.) üzerindeki etkileri incelenmiştir (Smolders, 1974). Bahsi geçen koşulların taklit edilebilmesi için “santrifüj” cihazı önerisine yine çok daha erken, Tsiolkovskiy'nin çalışmalarında rastlanır. Deney hayvanı santrifüj aracılığıyla kendi ağırlığının 10 katı kadar üzerinde ağırlık (10 g^u) hissedecek şekilde döndürülür. Yapılan deneyler, hayvanların hızlanmadan kaynaklı yük artışını tolere edebildiğini göstermiştir. Ayrıca bu etkinin en aza indirilebilmesi için en uygun koşulun hızlanma kuvvetlerinin omurgasına dik açıyla geldiği yatar pozisyon olduğu belirlenmiştir. Buna ek olarak yer laboratuvarında roketin fırlatılışı sırasındaki vibrasyon ve gürültünün test edildiği koşullar denenmiştir.

Yer çekiminin ortadan kalktığı uzay koşullarını da belli ölçüde yine taklit etmek üzere vakum-kabini oluşturulmuştur. Burada ayrıca uzay giysilerinin prototiplerinin denenmesi sağlanmış, vücuda uygulanan atmosfer basıncını taklit eden ve kan dolaşımıyla ilişkili komplikasyonları önleyici bir yapıda kıyafetler geliştirilmiştir. Atmosfer basıncının azalması ile kan dolaşımında hava kabarcıkları oluşma riskinin yanı sıra, basıncın azalmasıyla kanın kaynama noktasının düşmesi ve teorik olarak 15 km'lik irtifada vücut sıcaklığında kaynama dere-

1 g: Yer çekimi birimi olarak (Gravity)

cesine ulaşması sorununu beraberinde getirmektedir.

Dikey balistik roketlerin kullanımı

1951 yılı itibarıyla deney hayvanlarının dikey veya parabolik balistik roketlerle uçuş denemeleri başlatılmıştır. Bu etapta deney hayvanı olarak esasen köpekler kullanılmıştır. Rusya'da köpeklerin normal fizyolojisinin oldukça detaylı çalışılmış olması uzay biyolojisi için bir avantaj olmuştur. Köpeklerde diğer birçok hayvanın aksine, temel fizyolojik fonksiyonların (solunum, kan dolaşımı gibi) düzenlenmesi, insanlardakine yakındır. Ayrıca sinir sistemlerinin gelişkinliği sayesinde köpeklerin kolay eğitilebilir oluşları, dış uyaranlardan izole edilen küçük bir kabinde kalmaya alışabilmeleri ve hareket kısıtına rağmen oldukça sakin davranabilmeleri onları bu deneyler için uygun aday haline getirmiştir.

Bu aşamada toplam 41 köpeğin yer aldığı 29 uçuş deneyi gerçekleştirilmiştir. Bunlardan 15'i 100 – 110 km, 11'i 212 km ve 3'ü 450 – 473 km'ye çıkmıştır; deney sırasında yer çekiminin olmadığı koşulun (0g) süreleri sırasıyla 3-4, 6 ve 10 dakika olmuştur (Uşakov ve ark. 2001).

Yapılan çalışmalarla roketin ateşlenmesi sonrasında hızlı ivme kazanımı ve yer çekiminden kurtulabilecek hızda giden rokette canlı organizmanın maruz kaldığı aşırı yükün (overload – g artışı), kısa süreli yer çekimsizliğin ve tekrar inişteki ağırlık artışının ve paraşüt ile inişin fizyolojik etkileri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Çoğu deneme uzay giysisi içinde ve roketin uç kısmında yer alan özel kabin bölmesinde iki köpek yerleştirilerek yapılmıştır. Kabine yerleştirilen otomatik kamera aracılığıyla deneyin tüm aşamaları kayıt altına alınmıştır. Bu evrede kabinde sıçan ve farelerin bulunduğu uçuşlar da gerçekleştirilmiştir. Bu deneylerde uçuşla birlikte kabindeki hayvanların son derece kontrolsüz ve koordinasyonsuz hareket etmeye başladığı ve bu durumun ancak yer çekiminin kaybolduğu zaman ortadan kalktığı görülmüştür.

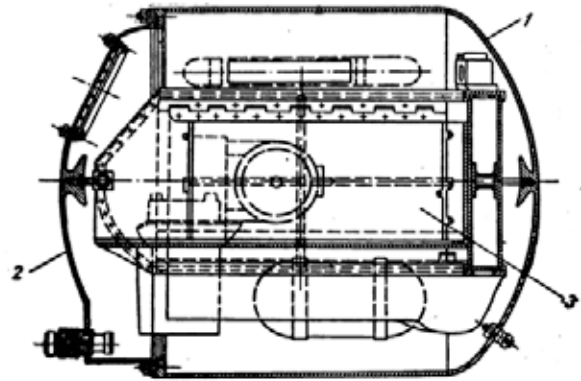
Ancak ister vertikal, ister eğimli fırlatılan roketler olsun bu uçuşlardaki biyolojik faktörlerin detaylı incelenmesi için süre kısıtlıdır. Yer laboratuvarlarında santrifüj ile test edilen uzaya çıkış ve iniş sırasındaki dinamik faktörlerin gerçekçi bir ortamda sınanması bu evrede önemli bir kazanım olmuş, yer çekiminin olmadığı ortamın etkilerine dair ise sınırlı da olsa bazı veriler elde edilmiştir.

Sonuç olarak; uçuş öncesi, sırası ve sonrası dönemlerde elde edilen veriler, canlıların fizyolojik sınırlar dışına çıkan bazı değişimlere maruz kaldığı, ancak bunların geçici olduğu ve canlı organizmanın bir roket ile uzaya uçuşuna engel oluşturacak ciddi bir risk taşımadığı anlaşılmıştır (Vasilyev ve Gold, 2001).

Uydularda yapılan araştırmalar

Bu dönemin tarihsel önemi, yüksek düzey bir hayvanın yer çekiminin olmadığı koşullarda Dünya yörüngesindeki uzay uçuşunu tolere edebildiğinin ortaya konulmuş olmasıdır. Böyle bir deneyimle ayrıca uydudaki normal yaşam koşullarını sağlamak için kullanılan yöntem ve araçların amaca hizmet edip etmedikleri de test edilmiştir (Balahovskiy ve ark. 1962).

Uydu üzerinde yapılan biyolojik araştırmalar esas olarak iki temel konuya eğilmiştir. Birincisi, uzay uçuş faktörleri ve biyolojik etkileridir. İkincisi ise deney hayvanına uçuşunun tüm aşamalarında tatmin edici yaşam koşulları sağlayacak ekipman ve kontrol sistemlerinin geliştirilmesidir. Öte yandan uydularda yapılacak deneyler önemli metodolojik zorluklar barındırır. Yüksek irtifa roketleri deneylerinde olduğu gibi, biyolojik materyal, araç gereçler ve enerji sağlayıcı ekipmanın ağırlığından ve boyutlarından sıkı tasarruf edilmesi gereklidir. Basınç ayarlı bir kabin (Şekil 1) ve yaşam destek ünitesinin dışında uyduya yerleştirilmek üzere ayrıca iki radyo vericisi, radyo-telemetrik sistem, yaşamsal parametreleri ölçüm ve kayıt cihazları, kozmik ve Güneş ışınlarını ölçüm cihazları hazırlanmıştır (Gluško, 1987; Bahramov ve Yazdovskiy, 1962).



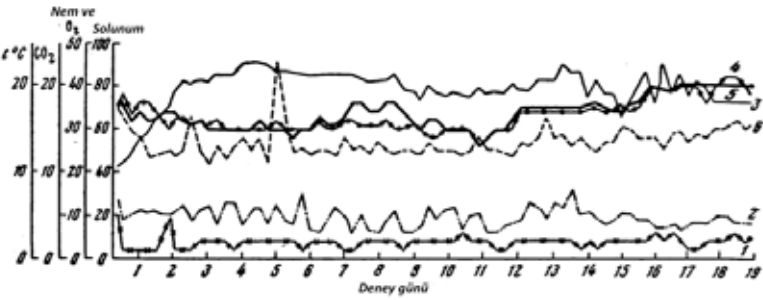
Şekil 1. Basınç ayarlı kabinin şeması. 1-Dış çeper; 2-Açılabilen kapak; 3- İç ekipman (Kaynak: Bahramov ve Yazdovskiy, 1962)

Yapay uydu içindeki kabinde bulunan deney hayvanının temel fizyolojik fonksiyonlarının seyrine ilişkin değerlendirmeye yapılmasına imkan tanıyan bir sistem geliştirilmiştir. Örneğin, vücut sıcaklığı, solunum fonksiyonlarına dair bilgiler, solunumun frekansı, genliği ve ritmi, solunan havanın miktarı ve bileşimi üzerinden tahmin edilebilmesi; kardiyovasküler sistemin işlevi - nabızın frekansı ve dolgunluğu, maksimum ve minimum arteriyel basınç, venöz basınç, EKG vb. parametreler monitörize edilmiştir. Ayrıca hayvanın istirahatte veya yoğun hareket halinde olup olmadığı hakkında bilgiler, yer çekiminin yokluğunda hareketlerin koordinasyonuna dair veriler EEG aracılığıyla değerlendirilebilmiştir (Gazenko ve ark. 1962).

Hayvanın fizyolojik fonksiyonları hakkında elde edilen verilerin doğru bir değerlendirmesi için, öncelikle

basınç, kimyasal bileşim ve ortam sıcaklığı, kabin duvarlarının sıcaklığı, roket fırlatma sırasında vücut üzerinde artan ve yörünge uçuşu sırasında pratik olarak bulunmayan yük, kozmik radyasyon, X-ışını ve Güneş'in ultraviyole radyasyonu vb. koşulların dikkate alınması gerekmiştir. Buna ek olarak, hayvanın yaşamsal gereksinimlerini sağlayan otomatik ekipmanın çalışması hakkında belirli bir zamanda ve doğru miktarda su ve yiyecek verilmesi, hayvanlar için su ve yiyecek alımı, kabindeki fanların çalışması, kayıt ekipmanlarının ve otomasyonun güç kaynaklarının voltaj seviyesine dair de titizlikle testler gerçekleştirilmiştir.

Bu ekipman ile uçuş öncesinde yer laboratuvarındaki biyolojik çalışmalar büyük önem taşımaktadır. Ön çalışmalarda uçuşa hazırlanan deney hayvanının uydunun çevresel koşulları denetlenen basınç ayarlı kabinin içinde bulunmaya adapte olması sağlanmıştır. Uçuşun simüle edildiği ön çalışmalarda canlıda oluşan fizyolojik değişiklikler ve bunlara verdiği tepkiler değerlendirildikten sonra hazırlıklar tamamlanmıştır. Şekil 2'de yer laboratuvarında yapılan deneyde Layka'ya ait test sonuçları görülmektedir. Sonuç olarak yer laboratuvarında yapılan testler, basınç ayarlı kabinin bir yaşam destek ünitesi olarak temel gereksinimleri karşıladığını ve planlanan biyolojik deney için uygun olacağını göstermiştir (Gazenko ve Georgievskiy, 1962).



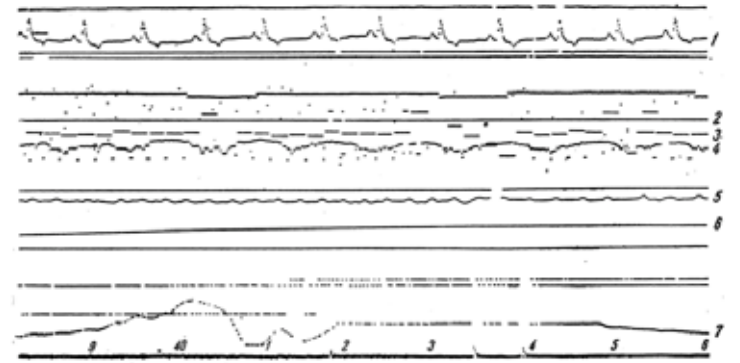
Şekil 2. Yaşam destek ünitesinin yer laboratuvarında test edilmesinde kaydedilen parametreler (köpek Layka, deney 128). 1- CO₂ miktarı (%), 2- Solunum frekansı; 3- O₂ miktarı (%); 4- Oda sıcaklığı; 5- Kabin içi sıcaklık; 6- Göreceli nem oranı (%) (Kaynak: Gazenko ve ark. 1962).

Ekim 1957'de resmi adı PS-1⁽²⁾ olan ve Sputnik-1 adıyla bilinen ilk yapay uydunun başarılı bir şekilde Dünya'nın yörüngesine yerleştirilmesinin ardından Kasım ayında ikinci uydusu Sputnik-2 fırlatılmış ve başarılı bir şekilde yörüngeye konumlandırılmıştır. Deney hayvanı olarak Layka isimli köpeğin yer aldığı ve ilk biyolojik uydusu olarak kabul edilen bu ikinci yapay uydusu ile yörünge uçuşunda canlı organizmanın verdiği tepkilerin araştırılması hedeflenmiştir. Bu uydunun gelişkin cihazlarla donatılmış olması ve buna bağlı olarak 83,6 kg'lık ilk uyduya göre daha ağır olması (508,3 kg kadar) önemli bir farklılıktır (Gluško, 1987).

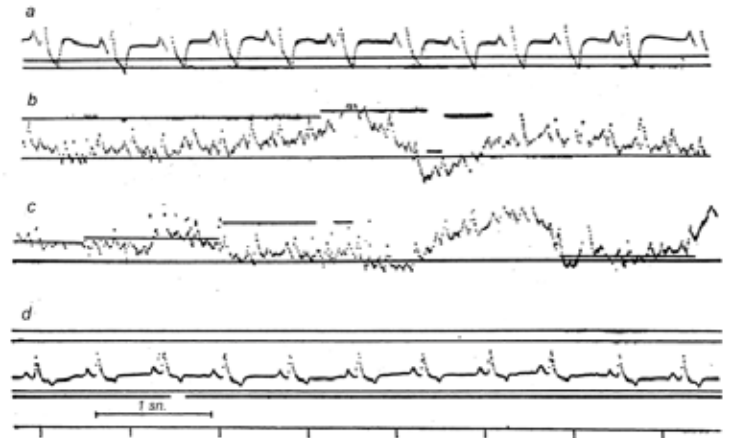


Şekil 3. Dünya'nın yörüngesinde uzay uçuşu gerçekleştiren ilk canlı olan köpek Layka, Sputnik-2'nin kabini içinde (Kaynak: <https://petstory.ru>)

Geliştirilen donanım sayesinde Layka uçuş boyunca monitörize edilmiştir. Telemetrik sistem aracılığıyla elektrokardiyografik kayıtları (göğüs derivasyonlarından), kan basıncı değerleri, solunum frekansı ve motor aktivitesi fizyolojik parametreleri dünyadan izlenebilmiş ve kayıt altına alınmıştır. Böylece önceki evrede çok kısa süreli araştırılabilmiş olan yer çekimsiz ortamın etkisine dair çok daha detaylı bilgi edinilmesi mümkün olmuştur (Gazenko ve Georgievskiy, 1962).



Şekil 4. Layka'nın uçuşu sırasında kaydedilen parametreleri. 1-EKG; 2- Kabin içindeki hava basıncı; 3- Kabinin farklı noktalarındaki sıcaklık ölçümleri; 4- Solunum frekansı; 5- Karotis arteri osilasyonları; 6- Kan basıncı ölçümü sırasında manşon basıncı; 7- Hayvanın hareketleri (aktogram). X eksen: saniye cinsinden zaman (Kaynak: Balahovskiy ve ark., 1962).



Şekil 5. Layka'nın EKG kaydı. a- Uçuş öncesinde; b- Aktif uçuşun başlangıcında; c- Aktif uçuşun son aşamasında; d- Yörünge uçuşunda yer çekimi ortadan kalktığı anda (eksendeki bariz oynamalar hareket artefaktıdır) (Balahovskiy ve ark., 1962).

² En basit Uydusu-1'in Rusça kısaltması

Bu aşamadan sonra ele alınan konu, deney hayvanlarının bir uzay gemisinde belli süreliğine Dünya'nın yörüngesinde bulunduktan sonra yere dönüşünün sağlanması ve uzay koşullarında ortaya çıkan fizyolojik değişimlerin tekrar yeryüzüne döndüğünde organizmanın adaptasyonu ile ilgili çalışmaların yapılmasıdır. Ayrıca uzay radyasyonunun hayvanların üzerindeki etkisinin daha geniş kapsamlı olarak incelenmesi ancak hayvanların Dünya'ya dönebildiği donanım geliştirildikten sonra mümkün olacağı için ayrı bir önem taşıyordu.

1959 yılına gelindiğinde, Yazdovskiy'nin uzay araştırmaları biyomedikal araştırma ekibi üç alt araştırma departmanına ayrılır; O.G. Gazenko'nun başkanlığında Fizyoloji Departmanı, A.M. Genin başkanlığında Yaşam Destek Sistemlerinin Geliştirilmesi Departmanı ve N.N. Gurovskiy'nin başkanlığında Kozmonotların Seçimi ve Eğitimi Departmanı (Vasilyev ve Gold, 2001).

Dünya yörüngesine gidiş – gelişin mümkün kılınması

Güvenli bir geri dönüş sürecinin hayata geçirilmesi o dönemde uzay uçuşunun en zor aşaması olarak kabul edilir. Bu soruna insanlı uçuştan önce en ince detaylarına kadar mutlaka çözüm bulunması amacı ile hareket edilmiştir (Smolders, 1974).

Geri dönüş kapsülü olan uzay uçuşunun hazırlıkları 1960 yılında tamamlanır ve 15 Mayıs 1960'ta ilk uydu-uzay aracı olan Sputnik-uzay gemisi-1 fırlatılır. Bu defa uzay gemisinin ağırlığı 4540 kg olarak ilan edildiğinde bir kez daha hayretle karşılanır (roketin gücünü göstermesi açısından). Bu fırlatışta ilk defa Vostok tipi roket kullanılmıştır. Bu sistemin ilk denemesi sadece geliştirilen teknolojinin sınındığı, biyolojik bir deney içermeyen bir uçuşta gerçekleştirilmiş olup, geri dönüş aşaması başarısız olmuştur (Gluško, 1987).

Üzerinde bir süre daha çalıştıktan sonra aynı yılın 19 Ağustos'unda bu türden ikinci bir uydu-uzay gemisi yörüngeye yerleştirilir. Bu defa başta Belka ve Strelka adındaki daha önceki uçuş deneylerinde hiç yer almamış iki köpek olmak üzere belirli bir toplam ağırlık sınırları içerisinde pekçok canlı türü (geri dönüş modülü içinde 12 fare, böcekler, bitkiler, mantarlar, mısır tohumları, buğday, bezelye, soğan, mikroorganizmalar ile ek olarak kabinde 28 fare ve 2 beyaz sıçan) uçuşun biyolojik araştırmasına dâhil edilmiştir (Gazenko ve ark. 1962). Güçlü elektromanyetik radyasyona maruz kaldığında depigmentasyon gözlenmesi nedeniyle bu uçuştaki farelerin bir kısmı özellikle koyu renkli seçilerek deney tasarımı oluşturulmuştur (Smolders, 1974).

Deney hayvanlarının uçuş boyunca durumu, kabin içinde ve araç-gereç bölmesindeki fiziksel koşullar, kabin içi ekipmanının çalışması hakkında bilgi, telsiz radyotelemetrik sistemleri kullanılarak Dünya'ya iletilmiştir. Ayrıca televizyon ekipmanı da kullanılarak kabin içindeki görüntü de takip edilebilmiştir. Dünya etrafında 17 tam turu 25 saat kadar bir sürede tamamladıktan sonra geri

dönüş modülü başarılı bir şekilde çalışmıştır (Sheldon, 1968).

Uçuş öncesinde ve sonrasında hayvanların biyokimyasal parametreleri değerlendirilmiş; Belka ve Strelka'nın Dünya'ya dönüşünden sonra gözlenen alfa-globülinlerin konsantrasyonundaki kısa süreli artış hafif bir "stres" göstergesi olarak kabul edilmiştir. Total protein miktarında ise artış eğilimi belirlenmiştir. Biyokimyasal parametrelerde uçuş sonrasında saptanan tüm değişiklikler 13-23 günde kaybolmuştur. Farelerde de uçuş sonrasındaki 5. günde albüminde azalma ve globulinlerde artış gibi serum proteinlerinde bazı değişiklikler tespit edilmiş ancak 9. günde kontrol grubu ile aralarındaki fark ortadan kalkmıştır (Gyurdjiyan ve ark., 1962).

Uzay aracı kabininde özel kafes içinde bulunan iki sıçan ile kontrol grubunda yer alan beş sıçanın yaşamsal parametreleri dönüşte detaylı bir şekilde incelenmiştir. Dönüşün 4. gününden itibaren başlayan ve 8 ay sürecek bir çalışma yürütülmüştür. Sıçanların uçuşu iyi tolere ettikleri, kafeslerindeki yemi yeterince tükettikleri ve uçuş öncesi ağırlıklarını korudukları, ayrıca hareketliliklerini sürdürdükleri görülmüştür. Periferik kan ölçümleri açısından iki grup arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Uçuşa katılan sıçanlarda hafif bir lenfosit artışı görülmüş olsa da bu değer de anlamlı bir fark oluşturmadığı saptanmıştır. Aynı uçuşta genetik araştırmaları da yapılmıştır. SSCB Bilimler Akademisi Genel Genetik Enstitüsü'nün uzay genetiği laboratuvarında Drosophila meyve sinekleri üzerindeki çalışmaları devam etmiştir (Dubinin, 1978).

Aralık 1960'ta Sputnik-uzay gemisi-3 ile bir kez daha tüm işlemlerin denenmesi planlanır. Pçvolka ve Muška isimli köpeklerin yer aldığı bu uçuş sırasında telemetri kanalları aracılığıyla elde edilen bilgilerin analizinde iki köpeğin de uzay uçuşunda verdikleri reaksiyonlarının bir önceki uçuşta yer alan Belka ve Strelka'ninkilere çok benzer olduğu görülmüştür. Ne yazık ki bu denemede, 17. yörünge turunun ardından dönüşe geçildiğinde başarısız olunmuştur (Vasilyev ve Gold, 2001).

İnsanlı uçuş için ilk kozmonot takımının çalışmaları sona yaklaşırken, ilk uçuş programının Dünya etrafında bir tur ile sınırlandırılmasına karar verilmiştir. İlk insanlı uçuşun bu açıdan tam anlamıyla öncülü ve pek çok teknik yönüyle de analoğu olarak Mart 1961'de kabinde birer köpeğin yer aldığı arka arkaya iki uzay aracı daha Dünya yörüngesinde yolculuk yapmıştır. Bu deneylerin amacı, uzay giysisi, fırlatma koltuğu ve yaşam destek sistemlerinin sahip olduğu tam otomasyon sisteminin test edilmesi olmuştur. Fırlatma koltuğunun dışındaki uzay aracının içinde bir köpek ve başta fare, sıçan, kobay olmak üzere başka canlılar yer almıştır. Fırlatma koltuğuna, yaşam destek ünitesinin otomatik kumanda sistemi ve acil durum ekipmanı ile bağlantılı, uzay giysisi içinde bir kozmonot maketi yerleştirilir; maketin göğüs boşluğu, karın boşluğu, uyluk gibi kısımlarına fare, kobay, çeşitli mikroorganizmalar ve diğer biyo-

lojik materyaller uygun bir şekilde konumlandırılır. Uzun gemisinin basınç ayarlı kabininde köpeğin dışında, 40 gri, 40 beyaz ve 40 siyah fare, kobay, sürüngen, çeşitli bitkilerin tohumları, insan kanı elementleri, insan kanser hücreleri, mikroorganizmalar, bakteriyofajlar, enzimler araştırma kapsamında bu uçuşta yer almıştır (Gazenko ve ark. 1962).

Bu uçuşlarda ayrıca serotonin³⁾’in radyasyonun etkilerine karşı koruyucu olabileceği bulgularına dayanan ve serotonin düzeylerini değerlendiren bir çalışma da yapılmıştır (Şaşkov, 1962). Bu çalışma için iki kontrol grubu kullanılmış, biri standart laboratuvar koşullarında bulundurulurken, ikinci kontrol grubu ise uçuşun başında fırlatma rampasına getirilerek olabildiğince deney grubundakilerin uçuş etabı haricindeki koşulları simüle edilmiş, uçuştan dönen deney grubu hayvanlarıyla birlikte laboratuvara geri getirilmiştir. Farelerin her iki kontrol grubu arasında anlamlı bir fark olmazken, uçuşta yer alan gruptakilerin serotonin düzeylerinin 8-10 kat düştüğü bulunmuştur. Yine bu uçuşlarda yer alan köpeklerde de dönüşte serotoninin 3,5 – 10 kata kadar azaldığı ve 5. günde uçuş öncesi değerlere çıktığı belirlenmiştir. Serotonin’in periferik kandaki kaynağı olan trombositlerin düzeyleri açısından bir farklılığın oluşmadığı sürece ilişkin daha fazla deneysel çalışma yapılması gerekliliği ortaya konulmuştur.

9 Mart’ta Çernuşka ve 25 Mart’ta Zvezdočka’nın Dünya etrafında birer tur atarak yeryüzüne başarılı bir şekilde dönüşleri ve ardından yapılan incelemeler sonucunda ilk insanın uzaya gönderilmesi kararı netleşmiştir. Bu kararı verirken sadece deney hayvanlarının planlanan uçuşun uzay koşullarını tolere edişleri gözetilmemiş, aynı zamanda kalıtsal olanlar başta olmak üzere canlılar üzerindeki öngörülebilir daha uzun süreli etkilere ilişkin analizlerin sonuçları da hesaba katılmıştır. Öncül uçuşlarda kullanılan yörüngelerde kısa süreli uçuşlarda kozmik radyasyonun kalıcı bir hasar oluşturuca nitelikte olmadığı görüşüne varılmıştır (Vasilyev ve Gold, 2001).

İnsanlı uzay uçuşu

Her ne kadar köpekler başta olmak üzere deney hayvanlarıyla yapılan uzay çalışmaları insanın da sorunsuz bir şekilde uzaya gidip dönebileceğini göstermiş olsa da, bu etaba yaklaşırken önceki dönemin tıbbi kontrol sistemlerinin insanlı uçuş için yeniden tasarlanması için ayrı bir çalışma yürütülmüştür. 1960’lı yılların başından itibaren İ.T.Akuliniçev’in sorumlu olduğu operasyonel tıbbi kontrol laboratuvarında insanlı uçuşun gereksinimi olan sistemin oluşturulması için geniş bir ekip ile çalışılmıştır. Akuliniçev bu alana yaptığı katkılar gözetilerek Uluslararası Astronotluk Akademisi’ne seçilmiş, Fransız Bilimler Akademisi tarafından da bilim madalyası ile ödüllendirilmiştir (Bednenko, 2001).

Vostok tipi uzay araçlarıyla ilk insanlı uzay uçuşlarına hazırlık sırasında, hem tıbbi kontrol görevlerine hem de

bazı araştırmalara aracılık etmek üzere oldukça karmaşık, 14 kg ağırlığında “Vega” adı verilen ekipman kompleksi kurulması planlanır. Kalp atımlarını ve solunum frekansını, kan basıncını ve vücut sıcaklığını altı noktadan takip edebilecek ve üç derivasyondan EKG kaydedecek bir sistem olarak öngörülür. Ancak toplam ağırlık ve ağırlık sınırlamaları göz önünde bulundurulduğunda, kan basıncı ve vücut sıcaklığı kaydından vazgeçilmek zorunda kalınır. Bu doğrultudaki uygun yapısal geliştirmeden sonra 4 kg ağırlığındaki “Vega-A” ekipmanı hazırlanır. Vega-A, 5 watt’lık güç tüketimini aşmayan, üç EKG amplifikatörü, bir solunum kanalı amplifikatörü ve bir elektrokardiyofon (kalp atımlarını ses sinyallerine dönüştürüp dünyaya ileten araç) içeren bir sistemdir (Bednenko, 2001).

Zvezdočka’nın uçuşundan 17 gün sonra, bu sistemin yer aldığı uzay aracının kabininde Yuri Gagarin’in olduğu ilk insanlı uzay uçuşu tüm dünyayı ayağa kaldırmıştır. Çok özel ve ayrıcalıklı biri olarak Yuri Gagarin’i bütün insanlık yere göğe sığdıramazken, kendisi şaka yollu “Ben de anlamadım, uzaydaki ilk insan mı yoksa son köpek miyim” sözlerini sarf ederek ne denli alçak gönüllü olduğunu da ortaya koymuştur (Monvij-Montvid, 2015).

Sovyetler Birliği’nin uzay çalışmalarını detaylı inceleyen ilk “Batılı” yazarlardan biri olan Smolders’in “Sovyetler Uzay”da isimli kitabında (1974) ifade ettiği gibi, Sovyetler Birliği’nde söz konusu insan hayatı ise hiçbir şeyin riske atılmadığı çok net, apaçıktır.

SONUÇ

Uzay biyolojisi disiplininin burada ele alınan ilk evrelerinde ortaya çıkardığı veriler sadece insanlı uzay uçuşunun mümkün olduğunu göstermekle kalmadı, uzay araştırmalarının ilerleyeceği sağlam zemini de tesis etmiş oldu. Bu zemin üzerinde 1963 yılında kurulan Uzay Biyolojisi ve Tıbbi Enstitüsü çok sayıda bilimsel disiplini bir araya getirerek uzay araştırmalarına yön veren bir kurum haline gelmiştir. Sonraki dönemde yürütülen son derece gelişkin çalışmalar ayrı bir yazıda ele alınacaktır.

KAYNAKLAR

- Bahramov, A.M ve Yazdovskiy, V.I. (1962). Hayvanlar için basınç ayarlı kabin (Герметическая кабина для животного). Sisakyan N.M (Ed.) *Uzay Biyolojisinin Ele Aldığı Problemler*. 1. Cilt, Moskova, SSCB Bilim Akademisi Yayınları.
- Balahovskiy, İ.S., Gazenko, O.G., Gyurdjiyan, A.A, Genin, A.M., Kotovskaya, A.R., Seryapin, A.D., Yazdovskiy, V.I. (1962). Uydu araştırmalarının sonuçları (Результаты исследований на спутнике). Sisakyan N.M (Ed.) *Uzay Biyolojisinin Ele Aldığı Problemler*. 1. Cilt, Moskova, SSCB Bilim Akademisi Yayınları.
- Bednenko, V.S. (2001). Uçuş sırasında kozmonotun tıbbi durumunun izlemi ve tip araştırmaları (Медицинский контроль за состоянием космонавта и медицинские исследования в полете). Uşakov İ.B.,

3 Serotonin: beyinden salgılanan, uyku, ağrı ve çeşitli enformasyon işlem süreçlerinde etkili bir nörotransmitter.

Bednenko V.S., Lapayev E.V. (Ed.). *Ülkemizin Uzay Tıbbı Tarihi (История отечественной космической медицины)*, Moskova-Voronej. Voronej Devlet Üniversitesi Yayınları.

Dubinin N.P. (1978). *Genetik ve Uzay*. Demyanov V.P. (ed.). Moskova: Znaniye.

Gazenko, O.G., Çernigovskiy, V.N., Yazdovskiy, V.I. (1962). Roketler ve Dünya'nın uyarı uyduları uçuşlarında biyolojik ve fizyolojik çalışmalar (Биологические и физиологические исследования при полетах на ракетах и искусственных спутниках Земли). Sisakyan N.M. (Ed.) *Uzay Biyolojisinin Ele Aldığı Problemler*. 1. Cilt, Moskova, SSCB Bilim Akademisi Yayınları.

Glembotskiy, J.L., Abelyeva, Ye.A., Lapkin, Y.A., Parfenov G.P. (1962). Uzay uçuşunda *Drosophila Melanogaster*'in X kromozomunda letal mutasyon oluşturuşu faktörler (Влияние факторов космического полета на частоту возникновения у *Drosophila Melanogaster* в X-хромосоме рецессивных летальных мутаций). Sisakyan N.M. (Ed.) *Uzay Biyolojisinin Ele Aldığı Problemler*. 1. Cilt, Moskova, SSCB Bilim Akademisi Yayınları.

Gyurdjiyan, A.A., Dyomin, N.N., Tutoçkina, L.T., Uspenskaya, M.S., Fyodorova, T.A. (1962). Uzay gemisi uçuşları gerçekleştiren hayvanların kan ve idrarlarının biyokimyasal analizleri. Sisakyan N.M. (Ed.) *Uzay Biyolojisinin Ele Aldığı Problemler*. 1. Cilt, Moskova, SSCB Bilim Akademisi Yayınları.

Gazenko, O.G. ve Georgiyevskiy, V.S. (1962). Hayvanların deneylere hazırlanması (Подготовка животного к эксперименту). Sisakyan N.M. (Ed.) *Uzay Biyolojisinin Ele Aldığı Problemler*. 1. Cilt, Moskova: SSCB Bilim Akademisi Yayınları.

Grigoryev, A.I. (2011). 50. Yılında Y.A. Gagarin'in Uçuşunun Uzay Tıbbın Kuruluşu Bakımından Önemi (Значение Полёта Ю.А. Гагарина Для Становления Космической Медицины К 50-Летию Полёта Ю.А. Гагарина). *Rusya Bilimler Akademisi Gazetesi*, 81(4). 357-363.

Gluşko, V.P. (1987). SSCB'de roket yapımı ve uzay çalışmalarının gelişimi. 3. Baskı. Moskova. SSCB Bilim Akademisi "Maşinostroeniye".

Kosmodemyanskiy, A.A. (2014). *Konstantin Eduardoviç Tsiolkovski*, Ed. Fyodorov A.S., Moskova: LIBROKOM.

Monvij-Montvid, A.I. (2015). *Yuri Gagarin*. Derkaç T.B. (Ed.), Moskova: AST Yayinevi.

Şaşkov, V.S., Antipov, V.V., Rauşenbah, M.O., Çernov, G.A., Maslennikova, V.A. (1962). Uzay uçuşu faktörlerinin hayvanların kan serotonin düzeylerine olan etkisi (Влияние факторов космического полета на уровень серотонина в крови животных). Sisakyan N.M. (Ed.) *Uzay Biyolojisinin Ele Aldığı Problemler*. 1. Cilt, Moskova: SSCB Bilim Akademisi yayınları.

Smolders, P.L. (1974). *Soviets in Space*, New York: Taplinger Publishing Co., Inc. (Çev. Powell M.)

Uşakov, İ.B., Bednenko, V.S., Stupakov, G.P., Ponomarenko, V.A., Lapayev, E.V., Kriylov, Yu.V. (2001). Ülkemiz uzay tıbbının gelişimindeki temel etaplar. (Основные этапы развития отечественной космической медицины Ed. Uşakov İ.B., Bednenko V.S., Lapayev E.V., *Ülkemizin Uzay Tıbbı Tarihi (История отечественной космической медицины)*. Moskova-Voronej. Voronej Devlet Üniversitesi Yayınları.

Vasilyev, P.V. ve Glod, G.D. (2001). İnsanlı uzay uçuşu olasılıklarının bilimsel temelleri ve tıbbi-biyolojik hazırlıkları (Научное обоснование возможности космических полетов человека и их медико-биологическая подготовка), Uşakov İ.B., Bednenko V.S., Lapayev E.V. (Ed.). *Ülkemizin uzay tıbbı tarihi (История отечественной космической медицины)*, Moskova-Voronej. Voronej Devlet Üniversitesi Yayınları.

Yazdovskiy, V.I. (1966). *Evrenin Yollarında* (На тропях Вселенной), İMYAB