

T.C.  
SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
HAVA VE UZAY HEKİMLİĞİ MERKEZ VE ANABİLİM DALI  
BAŞKANLIĞI

**AKSELERASYON KUVVETLERİNİN  
BİLİŞSEL FONKSİYONLAR ÜZERİNE ETKİLERİ**

**Dr. Şükrü Hakan GÜNDÜZ**

Sağlık Bilimleri Üniversitesi  
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğünün  
Hava ve Uzay Hekimliği Programı  
için öngördüğü  
**TIPTA UZMANLIK TEZİ**  
olarak hazırlanmıştır.

**ESKİŞEHİR  
2017**



T.C.  
SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
HAVA VE UZAY HEKİMLİĞİ MERKEZ VE ANABİLİM DALI  
BAŞKANLIĞI

**AKSELERASYON KUVVETLERİNİN  
BİLİŞSEL FONKSİYONLAR ÜZERİNE ETKİLERİ**

**Dr. Şükrü Hakan GÜNDÜZ**

Sağlık Bilimleri Üniversitesi  
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'nün  
Hava ve Uzay Hekimliği Programı  
için öngördüğü

**TIPTA UZMANLIK TEZİ**

olarak hazırlanmıştır.

TEZ DANIŞMANI

Erdinç ERCAN

Yrd.Doç.Dr.

**ESKİŞEHİR  
2017**



**ONAY**

## TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması, Sağlık Bilimleri Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun, 12.01.2017 tarih ve 000102 sayılı kararı gereği Hava ve Uzay Hekimliği Merkez ve Anabilim Dalı Başkanlığında yapılmıştır.

Bu çalışma ile pilotların uçuşları sırasında sık sık maruz kaldıkları akselerasyon kuvvetlerinin, bilişsel fonksiyonlar üzerine olan etkisini araştırarak, akselerasyon kuvvetlerinin uçuş emniyeti açısından tek başına ne düzeyde risk oluşturduğunu saptamak amaçlanmıştır.

Uzmanlık eğitimim sırasında her türlü yardımı sağlayan Sağlık Bilimleri Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü müdürü Prof.Dr. Ömer AZAL'a, görüş ve önerileriyle uzmanlık eğitimim boyunca bana büyük özveriyle yol gösteren tez danışmanım ve Sayın Yrd.Doç.Dr. Erdinç ERCAN'a teşekkürü borç bilirim. Uzmanlığa Başladığım ilk günden itibaren mesleki gelişimime katkıda bulunan Uzm.Dr. Süleyman METİN ve Uzm.Dr. Abdurahman Engin DEMİR'e, değerli bilgilerini ve tez analizlerinde yardımını esirgemeyen Sayın Prof.Dr. Kazım ÖZDAMAR'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmasının her aşamasındaki katkılarından dolayı Uçucu Sağlığı Araştırma ve Eğitim Merkezindeki tüm Hava ve Uzay Hekimliği uzmanlarına ve fizyolojik eğitim subay ve astsubaylarına teşekkürlerimi sunarım.

Meslek hayatım boyunca desteklerini hep hissettiğim annem, babam, ablam ve oğullarıma, tez çalışmam süresince hiçbir fedakârlıktan kaçınmayarak beni destekleyen sevgili eşim Bahar GÜNDÜZ'e teşekkürlerimi sunarım.

## ÖZET

### Akselerasyon Kuvvetlerinin Bilişsel Fonksiyonlar Üzerine Etkileri

Uçuşta kullanılan hava aracının kusursuz kontrolü, ortaya çıkan sorunların hızla analiz edilebilmesi ve birtakım ekstra görevlerin icrası için yüksek kortikal fonksiyonların normal olması gerekmektedir. Kullanılan hava aracının hızlı ve manevra kabiliyetinin yüksek olmasından dolayı jet pilotlarının hem fiziksel hem de bilişsel performanslarını uçuş sırasında etkileyebilecek birçok çevresel faktöre maruz kalırlar. Uçuş esnasında bilişsel fonksiyonları etkileyen başlıca faktörlerden biri de akselerasyon kuvvetleridir. Özellikle +Gz maruziyeti, serebral kan akımını azaltarak bilişsel fonksiyonlarda bozulmaya yol açmakta ve uçuş güvenliğini ciddi derecede tehdit etmektedir. Bu çalışmada akselerasyon kuvvetlerinin (+Gz) bilişsel fonksiyonlara olan etkisinin saptanması amaçlanmıştır.

Araştırmamızın kısıtlamaları olarak; kognitif ve psikomotor değerlendirme testlerinin cihaz içinde G maruziyeti esnasında yapılamaması ve eğitime gelen pilot sayısının az olması gösterilebilir. Çalışmanın G maruziyeti sırasında yapılamamasından dolayı +Gz'nin yüksek kortikal fonksiyonlara olan etkisi +Gz kuvvetlerinin bitimini müteakip birinci dakikada bakılmıştır. Araştırmanın daha büyük çalışma gruplarında ve G maruziyeti sırasında yapılmasının uygun olacağı değerlendirilmiştir.

Uçucu Sağlığı Araştırma ve Eğitim Merkezine uçuş fizyolojisi eğitimi için başvuran 29 jet pilotuna, İnsan santrifüjü eğitimi öncesinde ve sonrasında "Time Wall Kognitif ve Psikomotor Testi" uygulanarak pilotların bilişsel fonksiyonları değerlendirilmiştir. Aynı zamanda, yaş, boy, kilo, toplam uçuş saati, vücut kitle indeksi, akselerasyon tolerans limitleri, ortalama arteriyel basıncı ve düzenli spor yapma durumları gibi faktörlerin +Gz'e bağlı bilişsel fonksiyon bozukluklarına olan etkileri araştırılmıştır. +Gz maruziyeti sonrasında ölçülen reaksiyon zamanları ve accuracy değerlerinde, eğitim öncesindeki ölçümlere oranla genel bir artış (ilişsel fonksiyonlarda bozulma) tespit edilmiştir ( $p>0,05$ ). Çalışmamızda yaşları 34 yaş ve altı olan pilotlarda, sonrası accuracy değeri önceki accuracy değerinden anlamlı derecede yüksek (Bilişsel fonksiyonları daha fazla bozduğu) bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

Katılımcıları 34 yaş ve altı ile 35 yaş ve üzeri olarak 2 gruba ayırıp her iki grubun, gruplar arası öncesi ve sonrası accuracy değerleri istatistiksel olarak değerlendirildiğinde 35 yaş ve üzeri sonrası accuracy değerlerinde azalma (Bilişsel fonksiyonları daha iyi koruduğu) tespit edilmiş olup bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p<0,05$ ).

Boy uzunlukları 170cm ve altı olan, uçuş saati 1499 saat ve altı olan ve akselerasyon tolerans limiti +4,6Gz ve üstü olanlarda reaksiyon zamanı sürelerinin daha az oranda arttığı (bilişsel fonksiyonların daha az etkilendiği) tespit edilmiştir ( $p>0,05$ ).

Yaptığımız bu çalışmada, akselerasyon kuvvetlerinin (+Gz) bilişsel fonksiyonları olumsuz yönde etkilediği, etkili ve doğru yapılmış bir AGSM' nın +Gz'e karşı bilişsel fonksiyonları korumada en etkili faktör olduğu sonucuna varılmış olup araştırmanın daha büyük çalışma gruplarında ve G maruziyeti sırasında yapılmasının uygun olacağı değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Akselerasyon Kuvvetleri (+Gz), Bilişsel Fonksiyonlar, Kognitif ve Psikomotor test, Jet pilotları

Destekleyen Kurum :

## **SUMMARY**

### **Effects of Acceleration Forces on Cognitive Functions**

In order to control the aircraft precisely, rapidly analyze the emerging problems and meanwhile perform aerial and military tasks, higher cortical functions have to work properly. As fighter aircrafts are designed to perform quick maneuvers at high speeds, pilots are constantly exposed to a number of environmental factors that influence both physiological and executive functions. Acceleration forces are one of the main factors affecting cognitive functions during flight. Exposure to these forces, particularly +Gz, leads to impairment of cognitive functions by reducing cerebral blood flow and therefore jeopardizes flight safety. The aim of this research was to investigate the impact of acceleration forces (+Gz) on cognitive functions.

That cognitive and psychomotor assessment tests couldn't be performed during the training and the number of pilots participated in the study was low can be noted as the limitations of this study. Due to the inability to perform tests during the +Gz exposure, the subjects started testing 1 minute after the moment the centrifuge stopped.

29 male jet pilots who underwent physiological training in Turkish Air Force Aeromedical Research and Training Center volunteered to participate in this study. The cognitive functions of participants were assessed by applying Time Wall Cognitive and Psychomotor Test before and after the Human Centrifuge Training. Besides, the effects of age, height, weight, flight times and physiological factors on impaired cognitive functions due to +Gz acceleration were also investigated. A general increase was observed in response times and accuracy rates measured right after the training compared to pre-training values ( $p > 0,05$ ). In pilots aged under 34 years, post-training accuracy rates were found significantly higher than pre-training rates; namely, cognitive functions were found significantly impaired after exposure to +Gz ( $p < 0,05$ ). In participants below 170 cm, having total flight hours less than 1499 and acceleration tolerance limit over 4,6 G, the reaction



times were found to be less increased; namely, cognitive functions were less affected among these subjects ( $p>0,05$ ).

In this study, we concluded that acceleration forces (+Gz) cause a deprivation on cognitive functions and an effective and correct AGSM (Anti-G Straining Maneuver) is the most important factor to sustain cognitive processes. In subsequent researches, it would be appropriate to perform tests during +Gz exposure with in large groups.



## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ONAY SAYFASI.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET.....	v
İNGİLİZCE ÖZET.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
TABLolar.....	xii
ŞEKİLLER.....	xiv
GİRİŞ.....	1
<b>GENEL BİLGİLER</b>	
2.1. Newton'un Hareket Kanunları.....	3
2.2. Temel Kavramlar.....	5
2.3. Akselerasyon Terminolojisi.....	10
2.4. Transvers Akselerasyon.....	11
2.5. Lateral Akselerasyon.....	12

2.6. Vertikal Akselerasyon (+Gz) ve İnsan Vücutuna Etkileri.....	12
2.7. Negative Gz ve Etkileri.....	24
2.8. Akselerasyonun Etkilerini Değiştiren Faktörler.....	25
2.9. G Toleransını Arttıran Yöntemler.....	27
2.10. G toleransını Etkileyen Biyolojik Faktörler.....	28
2.11. G toleransını Etkileyen Çevresel Faktörler.....	28
2.12. Akselerasyon Kuvvetlerinin Etkisinden Korunma Önlemleri.....	31
2.13. İnsan Santrifüjü Laboratuvarı.....	38
2.14. Nöropsikoloji ve Bilişsel Fonksiyonlar.....	41
2.15. Kognitif ve Psikomotor Fonksiyonların Ölçülmesi.....	47
GEREÇ VE YÖNTEM.....	49
BULGULAR.....	52
TARTIşMA.....	64
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	70
KAYNAKLAR.....	71
EKLER.....	79

## SİMGELER VE KISALTMALAR

AGARD	: Advisory Group For Aerospace Research And Development
BOS	: Beyin Omurilik Sıvısı
NTS	: Nükleus Traktus Solitarius
FRC	: Fonksiyonel Rezüidal Volüm
TLC	: Total Akciğer Kapasitesi
VC	: Vital Kapasite
V/Q	: Ventilasyon Perfüzyon Oranı
G-LOC	: G Induced Loss Of Consciousness
A-LOC	: Acceleration İnduced Near Loss Of Consciousness
AGSM	: Anti - G Straining Manevra
GOR	: Gradual Onset Rate
ROR	: Rapid Onset Rate
ATAGS	: Advanced Tecnhnology Anti-G Suit
PPB	: Positive Pressure Breathing
PBA	: Positive Pressure Breathing For Altitude Protection
OACCU	: Testten önce ölçülen Accuracy (doğruluk) değeri
SACCU	: Testten sonra ölçülen Accuracy (doğruluk) değeri
USAFSAM	: ABD Hava Kuvvetleri Hava Ve Uzay Hekimliği Okulu
PEBL	: Psychology Experiment Building Language
USAEM	: Uçucu Sağlığı Araştırma ve Eğitim Merkezi
OAB	: Ortalama Arteriyel Basınç
ATL	: Akselerasyon Tolerans Limiti
VKİ	: Vücut Kitle İndeksi

## TABLolar

	<b>Sayfa</b>
Tablo 1.1. Akseleratif ve eylemsizlik kuvvetlerinin yönü ve terminolojisi	11
Tablo 4.1. Pilotların yaş gruplarına göre dağılımı	52
Tablo 4.2. Pilotların yaş ve uçuş saati istatistikleri	52
Tablo 4.3. Pilotların boy, kilo ve vücut kitle indeksleri ortalamaları	53
Tablo 4.4. Nikotin bağımlılık seviyesi	53
Tablo 4.5. G-LOC yaşayan/yaşamayan pilot yüzdeleri	54
Tablo 4.6. Katılımcıların spor yapma durumları istatistikleri	54
Tablo 4.7. Pilotların akselerasyon tolerans limitleri istatistikleri	55
Tablo 4.8. 34 yaş ve altı katılımcılar ile 35 yaş ve üzeri katılımcıların, öncesi ve sonrası accuracy değerleri	55
Tablo 4.9. 34 yaş ve altı katılımcılar ile 35 yaş ve üzeri katılımcıların reaksiyon zamanları tablosu	56
Tablo 4.10. Boylarına göre Önceki ve sonraki reaksiyon zamanı değerlendirmesi	57
Tablo 4.11. Boylarına göre öncesi ve sonrası accuracy değerleri	57
Tablo 4.12. Uçuş saatleri 1499 ve altı ile Uçuş saatleri 1500 ve üstü katılımcıların öncesi ve sonrası reaksiyon zamanları	58
Tablo 4.13. Uçuş saatleri 1499 ve altı ile Uçuş saatleri 1500 ve üstü katılımcıların öncesi ve sonrası accuracy değerleri	58

Tablo 4.14. Vücut kitle indeksine göre önceki ve sonraki reaksiyon zamanı değerleri istatistikle	59
Tablo 4.15. Vücut kitle indekslerine göre öncesi ve sonrası accuracy istatistikleri	60
Tablo 4.16. Ortalama arteriyal basınç (OAB) değerlerine göre öncesi ve sonrası reaksiyon zamanı istatistikleri	60
Tablo 4.17. Ortalama arteriyal basınç (OAB) değerlerine göre öncesi ve sonrası accuracy istatistikleri	61
Tablo 4.18. Akselerasyon tolerans limitlerinin öncesi ve sonrası reaksiyon zamanlarına göre istatistikleri	62
Tablo 4.19. Akselerasyon tolerans limitlerinin öncesi ve sonrası accuracy istatistikleri	62
Tablo 4.20. Düzenli spor yapma durumlarının öncesi ve sonrası accuracy istatistikleri	63
Tablo 4.21. Düzenli spor yapma durumlarının öncesi ve sonrası reaksiyon zamanlarına göre istatistikleri	63

## ŞEKİLLER

	Sayfa
Şekil 2.1. Akselerasyon sonucu ortaya çıkan kuvvetlerin cisme uyguladığı kuvvet yönün şematik gösterimi	4
Şekil 2.2. Uçağın loop hareketi şematik gösterimi	7
Şekil 2.3. Uçağa etki eden kuvvetlerin şematik gösterimi	8
Şekil 2.4. Dairesel akselerasyonda etki eden faktörlerin şematik gösterimi	9
Şekil 2.5. Angular akselerasyonun şematik gösterimi	9
Şekil 2.6. Eylemsizlik kuvvetinin yönü 3 eksenli koordinat sistemi şematik gösterim	11
Şekil 2.7. Uzay aracı fırlatılışında etkiyen +Gx kuvveti şematik gösterimi	12
Şekil 2.8. Hidrostatik kan basıncının farklı seviyelerdeki değerlerini anlatan şematik gösterim	14
Şekil 2.9. Farklı +Gz seviyelerindeki hidrostatik basınç gradiyentini gösteren şematik gösterim	16
Şekil 2.10. Baroreseptörlerin yerleşim yerlerini gösteren şematik gösterim	17
Şekil 2.11. +Gz seviyelerinde serebral ve göz seviyesindeki ortalama kan basıncını gösteren şematik gösterim	20
Şekil 2.12. G-LOC yetmezlik (İnkapasitasyon ) periyodu	24

Şekil 2.13. +Gz büyüklüğü ve zaman grafiğinde farklı joint değerlerinde akselerasyonun görsel semptom ve bilinç kaybı görülme aralıkları	26
Şekil 2.14. İnsan santrifüjü cihazında periferik görüşü test eden ışıklı bar	28
Şekil 2.15. Anti-G suit ve hava keseleri bölgeleri	32
Şekil 2.16. İleri teknoloji anti-G suit'ler (Advanced Technology Anti-G Suit -ATAGS)	33
Şekil 2.17. Anti-G straining manevrasının baş seviyesi kan basıncına etkisini gösteren grafik	35
Şekil 2.18. Pozitif basınçlı solunum (Positive Pressure Breathing for G Protection – PBG)	36
Şekil 2.19. Benzetilmiş hava muharebe manevrası (Simulator combat Air maneuvering -SCAM) profili	38
Şekil 2.20. İnsan santrifüjü cihazı iç, dış ve komuta kontrol odası resimleri	39
Şekil 2.21. Erasmus Darwin'in kullandığı ilk Santrifüj modeli	40
Şekil 2.22. PEBL test bataryası ana sayfa fotoğraf görüntüsü	47
Şekil 2.23. Time Wall psikomotor test görüntüsü	48
Şekil 2.24. İnsan santrifüjü cihazı ve cihaz kontrol odası	49



# GİRİŞ

Uçmak insanoğlunun var olduğu ilk zamanlardan günümüze dek sürekli arzu ettiği bir eylem olmuştur. İnsan doğasına aykırı olan bu eylem, teknolojideki büyük gelişmeler sayesinde son yüzyılı aşkın bir süredir hayal olmaktan çıkmıştır. Kullanıldıkları ilk günden bu yana hava araçlarının teknolojik donanımları ve kapasiteleri büyük gelişmeler göstermiş, artmış manevra kabiliyetleri günümüzde insan fizyolojisinin sınırlarını zorlar hale gelmiştir. Uçuş esnasında pilotlar görevlerini yerine getirirken birçok çevresel etkenin etkisi altında kalırlar. Pilotları uçuş esnasında etkileyen çevresel faktörlerden en önemlilerinden biri de dünyanın kütle çekiminden kaynaklanan G kuvvetleridir (1). Günümüzde havacılık teknolojisinin gelişmesi ile birlikte hava araçlarının kabiliyetleri ve dizaynlarında büyük gelişmeler yaşanmıştır. Karmaşık uçuş ortamları, modern kokpit ekranları ve işitsel uyarılar zaten uçucuların bilişsel işlevlerini zorlarken bir de uçuş esnasında meydana gelen akselerasyon kuvvetlerinin oluşturduğu bilişsel fonksiyon kaybı bilişsel kargaşayı şiddetlendirecektir.

Havacılık tıbbında, akselerasyon kuvvetlerinin fizyolojik fonksiyonlar üzerinde etkisi daha çok araştırılmış olsa da, bu değişikliklerin bilişsel işlev üzerindeki etkisi şimdiye kadar nispeten az sayıdaki çalışmada incelenmiştir. Bununla birlikte, havacılık kazası analizlerinden elde edilen veriler ışığında konu özellikle önemlidir. Çünkü jet kazalarında olayların sebepleri, büyük oranda pilotun durumsal farkındalığının kaybolmasıyla ilgilidir (2).

Pilotlarda yapılan retrospektif bir çalışmada pilotların %98'i uçuş hayatları boyunca en az bir defa yüksek G kuvvetleri altında görsel yada bilişsel fonksiyonlarında bozulma yaşadıkları belirtilmiştir (3). Artmış akselerasyon kuvvetlerinin kognitif fonksiyonlara etkisi, akselerasyon kuvvetinin pilotun kendisine verilen uçuş görevini yönetmesi ve yürütmesinin ölçülmesi ile ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bir görevin yönetilmesi ve yürütülmesi aşamasında dikkat ve görsel durumsal farkındalık çok önemlidir.

Bu çalışmada; uçuş esnasında meydana gelen akselerasyon kuvvetlerinin uçuş emniyetini etkileyecek derecede bilişsel fonksiyonlara etkisinin olup olmadığı ve havacılıkta önemli olan yürütücü işlevler, görsel algı, görsel dikkat, sürekli dikkat, uzaklık mesafe, zamansal algı ve hız algısı,

tahmin gücü ve dürtü kontrol yetilerinin nasıl etkilendiği kognitif testler kullanılarak araştırılmıştır.



## GENEL BİLGİLER

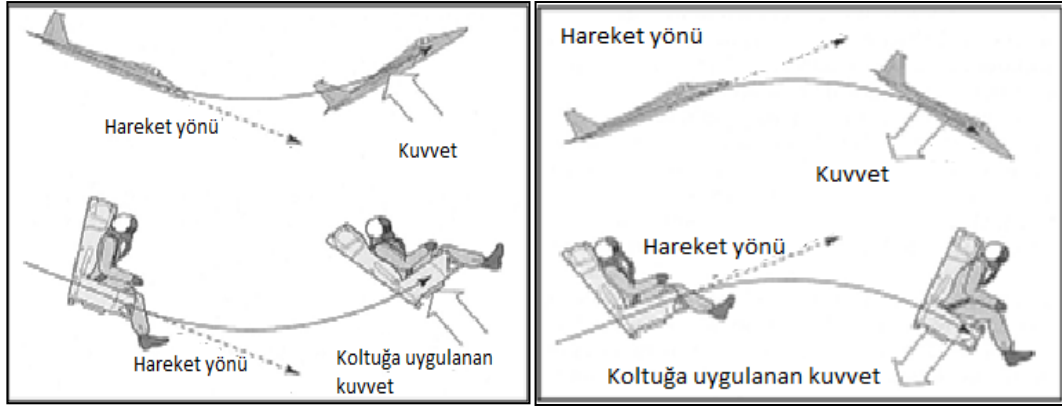
Akselerasyon sorunuyla ilk kez, havanın ağırlığından daha ağır araçlarla uçmaya başlanıldığında karşılaşılmış ve zamanla uçakların hız ve manevra yetenekleri arttıkça daha da büyük bir problem haline gelmiştir. Öyleki, bu günün modern havacılığında insanın fizyolojik toleransını aşan boyutlardaki akselerasyon kuvvetleri sadece olağanüstü koşullarda değil günlük eğitim uçuşlarında bile ortaya çıkabilmektedir. Pilotların performans kaybına uğraması hem yapılan görevin kalitesini düşürdüğünden hem de uçuş emniyetini doğrudan etkileyerek kazalara sebebiyet verdiği için dolay, hava tababetinin en aktüel konularından birisi olmuştur. Konunun daha iyi anlaşılması için önce bazı fizik kavramlarına açıklık getirmek gerekmektedir.

### 2.1 Newton'un Hareket Kanunları

Uçuştaki artan ivmeye maruz kalma ile ilişkili fizyolojik değişiklikleri anlamak için bazı kavramlara açıklık getirmek ön şarttır. Bu nedenle, akselerasyonun altında yatan mekanizmanın kısa bir açıklaması Newton'un hareket kanunlarından yararlanılarak yapılabilir. Eylemsizlik, Akselerasyon ve Etki Tepki kanunları hareketin çeşidini ve bu sırada oluşan kuvvetleri açıklar.

#### 2.1.1 Eylemsizlik (inertia) Kanunu

Duran bir cisim durgunluğunu, hareket etmekte olan bir cisim de başka bir kuvvet etki edinceye kadar hareketini devam ettirme eğilimi gösterir. Yani bir hareketin hızını veya istikametini sadece bir kuvvet değiştirebilir. Bu kanun akselerasyonun, kuvvetlerin herhangi bir cisme etkileri sonucunda oluştuğunu gösteriyor diyebiliriz (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Akselerasyon sonucu ortaya çıkan kuvvetlerin cisme uyguladığı kuvvet yönünün şematik gösterimi (4).

### 2.1.2. Akselerasyon Kanunu

Herhangi bir cisme bir kuvvet uygulandığı zaman akselerasyon meydana gelir ve bu akselerasyon uygulanan kuvvetle doğru, cismin kütlesi ile ters orantılıdır. Matematiksel olarak ( $F = m \times a$ ) şeklinde formüle edilir. Burada  $F$  uygulanan kuvveti,  $m$  cismin kütlesini,  $a$  ise oluşan akselerasyonu temsil etmektedir. Bu formül ile kuvvet ve akselerasyon birbirine dönüştürülebilmekte, kütlenin ise sabit olduğu farz edilmektedir. 1 kg kütleli bir cisme,  $1 \text{ m/s}^2$  akselerasyon kazandırabilmek için gereken kuvvet 1 Newton (N) birimi kabul edilmektedir.

Yeryüzünde bütün cisimler yerçekiminden kaynaklanan 1G ( $9,8 \text{ m/sn}^2$ ) ye maruzdurlar. Şayet aynı cisim  $98 \text{ m/sn}^2$  lik bir ivme ile düşmeye bırakılırsa 10G' lik bir kuvvete maruz kalır.

Akselerasyon bir cismin kütlesine etki edemez (Kütle sabittir). Fakat ağırlığa etki edebilir. Ağırlık, yerçekimi veya onun yerine geçen eylemsizlik kuvvetine bağlı olarak "G" kuvvetiyle doğru orantılı olduğu için irtifadan irtifaya değişir. Örneğin ayda  $1,62 \text{ N}$  luk bir yer çekimi olduğundan (dünyanın yaklaşık 6 da 1 dir.) dünya'da 60 kilogram gelen bir insanın ayda 10 kilogram gelmektedir.

Bir cisim yeryüzünde 1G'lik ortamda iken ağırlığı kütlesine eşittir.

$W = m \times g$	$W = m \times 1$	$W = m$
<b>W:</b> cismin ağırlığı	<b>m:</b> kütle	<b>g:</b> G kuvveti

Formül 2.1. Ağırlığın Formülü.

Ancak 3G'lik ortamda ağırlık 3 kat, +10G'lik de 10 kat artar. Örneğin 75Kg. ağırlığındaki bir pilot +2Gz ye maruz kaldığında ağırlığı 150 kg olur. Bu ağırlık artışı tüm vücut organları üzerinde etkili olup özellikle vücudumuzdaki kan kütesinin de ağırlığını arttırır ve G kuvvetinin yıkıcı etkilerine maruz kalırız.

### 2.1.3. Etki-Tepki Kanunu

Newton'un üçüncü kanunu her eylem için eşit ve ters bir reaksiyon olduğunu belirtmektedir. Bunun tipik örneği silahı ateşlediğiniz zaman geri tepmesidir. Bu kanun havacılıkta yüksek hızlı hava araçlarının uçuş dinamikleri için temel prensiptir. Yanıcı gazlar jet türbününde yanarak hızlı bir şekilde egzozdan çıkar. İşte bu sıcak gazların tepkisiyle itici güç sağlanır. Bir başka açıdan baktığımızda vücuda bir kuvvet uygulandığında, eylemsizlik kuvveti olarak adlandırılan eşit ve karşı kuvvetle direnir. Hızlanmaya maruz kaldıkça artan ağırlığın hissi eylemsizlik kuvveti yönündedir. Her eylemin eşit ve karşıt bir reaksiyona girdiğini ve insanların aksine yönde artan bir ağırlık hissi olarak uygulanmış bir hızlanma algılamasına neden olduğunu belirtmektedir.

## 2.2 Temel Kavramlar

**2.2.1. Sürat (Speed):** Sürat, cismin hareket hızını tarif eder. Süratte, yön ve doğrultu belirtilmez ve mesafe değişim oranı olarak tanımlanır. Skalere (Yalnız büyüklüğü ile ölçülebilen, doğrultusu olmayan) bir sayıdır ve birim zamanda alınan yoldur.  $Sürat = \frac{yol}{zaman}$  şeklinde gösterilir. Uluslararası Birim Sistemi (SI - The International System of Units) yolun birimi metre (m) ve zamanın birimi saniye (s) olduğundan süratin birimi metre/saniye olur.

**2.2.2. Hız (Velocity):** Bir kütleli cismin veya cismin birim zamandaki yer değişmesine hız denir. Hız vektörel bir büyüklüktür. **V** sembolü ile gösterilir. SI birim sisteminde hız birimi **m/s** dir. Sürat ve hız arasındaki fark; sürat kavramında yön ve doğrultu kullanılmaz. Yön ve doğrultu kullanılırsa hız ifade edilmiş olur.

**2.2.3. Eylemsizlik Kuvveti (Inertia):** Havacılıkta cismin yerine insanı koyduğumuzda, onun açısından da etkileyen kuvvetleri değerlendirmek gerekmektedir. Çok hızlı gitmekte olan bir araç aniden yavaşladığında geriye doğru bir kuvvet etki etmesine rağmen sanki içindikiler ileriye doğru hareket ediyormuş gibi hissederler. Yani kişilerin hissettiği kuvvet gerçekte etkileyen kuvvetin tam zıttı yöndedir ve vücutları sanki arabaya göre bu yönde ivmelenmektedir. İşte akselerasyon kuvvetinin tam zıttı yönünde etkileyen bu kuvvete eylemsizlik kuvveti diyoruz.

**2.2.4. Akselerasyon (ivmelenme):** Akselerasyon bir cismin hızında ve/veya yönünde meydana gelen bir değişiklik sonucunda oluşur. Akselerasyon kuvvetlerinin belirli bir şiddeti ve yönü vardır ve birimi **metre/saniye<sup>2</sup>** olarak ifade edilir. Uçakların hızlanma, yavaşlama, irtifa kazanma, irtifa kaybetme, yön değiştirme, dönme ve yatış gibi hareketleri sunucunda çeşitli yönlerde ve şiddetlerde akselerasyon kuvveti oluşmaktadır.

$$a = V/t \text{ (m/sn}^2\text{)}$$

a: Akselerasyon    V: Hız    T: Zaman (sn)

Formül 2.2. Akselerasyonun Formülü.

Akselerasyon kuvveti “G” denilen kuvvet birimi ile tarif edilir. Yeryüzünde bir cisim serbest düşmeye bırakılırsa 9,8m/s<sup>2</sup> lik bir akselerasyon ile yere doğru düşer. Havacılıkta bu değer 1G olarak adlandırılır ve yerçekiminden kaynaklanan akselerasyonun (G) katları olarak ifade edilir. G kuvveti arttıkça nesne üzerindeki etkisi artar. Yüksek seviyelere ulaştığında G kuvvetlerinin etkileri yıkıcı sonuçlar doğurabilir.

**2.2.4.1. Akselerasyon Çeşitleri:** Akselerasyon sırasında oluşan “G” kuvvetlerinin büyüüp gelişmesinde en önemli iki faktör “**Hız ve Yön**”dür. Bu hız ve yön ilişkileri akselerasyonun Lineer, Radyal ve Angular gibi çeşitlere ayrılarak incelenmesini gerektirir (4).

**2.2.4.1.1. Lineer (Doğrusal) Akselerasyon:** Lineer akselerasyon, yön değişikliği olmaksızın bir hız değişikliği tarafından üretilen ivmedir. Ticari ve genel havacılıkta Lineer akselerasyonun insan performansında önemli değişiklikler meydana getirecek bir büyüklüğe ulaşması nadirdir. Bununla birlikte, yaklaşık 3G ile 4G'lik doğrusal ivmeler, uçak gemilerinden kalkış (catapult-assisted), durmaya zorlandırılmış inişler (Halat bariyer ile durma) sırasında ve art yakıcının (After burn) belirli yüksek performanslı uçaklarda devreye girmesi sırasında üretilebilir.

$$a = (V_2^2 - V_1^2) / 2d$$

**a** = Lineer akselerasyon

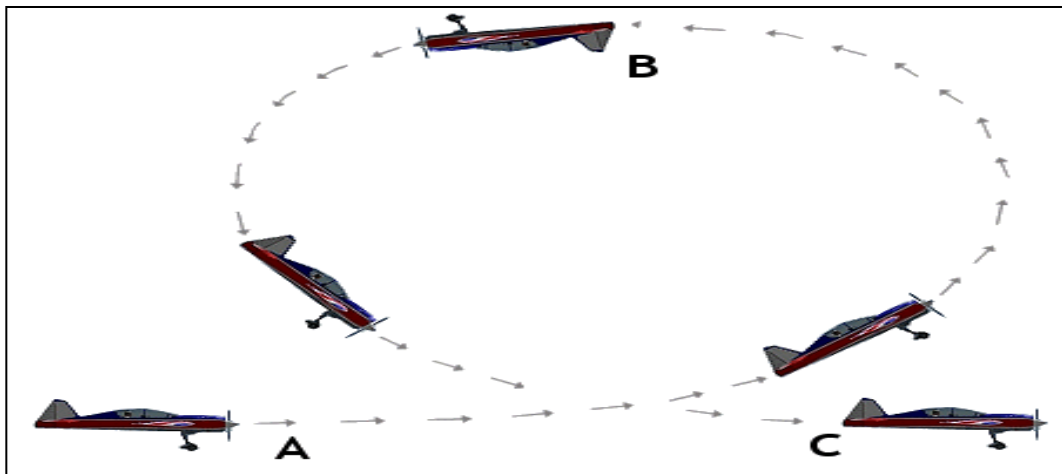
**d** = Akselerasyon mesafesi

**V<sub>1</sub>** = İlk andaki hız

**V<sub>2</sub>** = son andaki hız

Formül 2.3. Lineer Akselerasyon Formülü. (  $V_2 > V_1$  ise lineer akselerasyon,  $V_2 < V_1$  ise lineer deselerasyon).

**2.2.4.1.2. Dairesel (Radyal) Akselerasyon:** Radyal ivme, hız değişimi olmaksızın hareket yönünün değişmesiyle oluşan ivmelerdir. Havacılıkta bu tür akselerasyonlara örnek olarak sert dönüş ve loop manevraları (Şekil 2.2) sırasında ortaya çıkan akselerasyonlar gösterilebilir. Akselerasyon kuvvetlerinin insan vücudu üzerindeki etkilerini incelemek için kullanılan insan santrifüjleri de radyal ivme üretir.



Şekil 2.2. Uçağın loop hareketi şematik gösterimi (32).

Uçağın kendine has tasarımı, uçabilmesi için yerçekiminin kuvvetine karşı koyarak kanatlardan kaldırma kuvveti geliştirmelidir. Uçağa etki eden kuvvetler Şekil 2.3 de gösterilmiştir. Hızlı jet uçakları, yer çekimine karşı koymak için gerekli olandan daha fazla kaldırma kuvveti üretebilir ve bu, uçağın sürüş yönünü çok hızlı değiştirmek için kullanılabilir.



Şekil 2.3. Uçağa etki eden kuvvetlerin şematik gösterimi (33).

$$a = V^2 / r$$

<b>a</b> =Radyal Akselerasyon	<b>V</b> =Dairesel Hız	<b>r</b> = Dönüş Yarıçapı
-------------------------------	------------------------	---------------------------

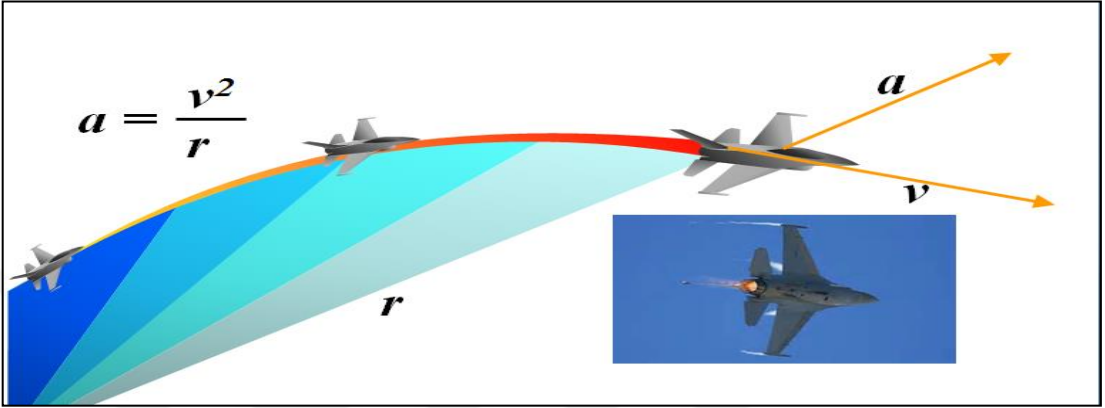
Formül 2.4. Dairesel akselerasyon formülü.

Bu denklemi kullanarak, 1 km'lik bir çapa sahip dairesel bir yol etrafında 500 knotta (258m/sn) hareket eden bir uçakta radyal ivme  $66.3 \text{ m/sn}^2$  veya 6.8G ( $1G=9,8\text{m/sn}^2$ ) olarak hesaplanabilir. Nesnenin hızındaki değişiklikler, yarıçaptaki değişikliklere oranla radyal ivme üzerinde daha büyük bir etkiye sahip olacaktır.

Newton'un ilk hareket kanunu; duran bir cisim durgunluğunu, hareket etmekte olan bir cisim de başka bir kuvvet etki edinceye kadar hareketini devam ettirme eğilimi gösterir. Dolayısıyla, dairesel bir yol boyunca hareket etmeye zorlanmış bir nesnenin, dairesel yönde bir teğet oluşturan düz bir

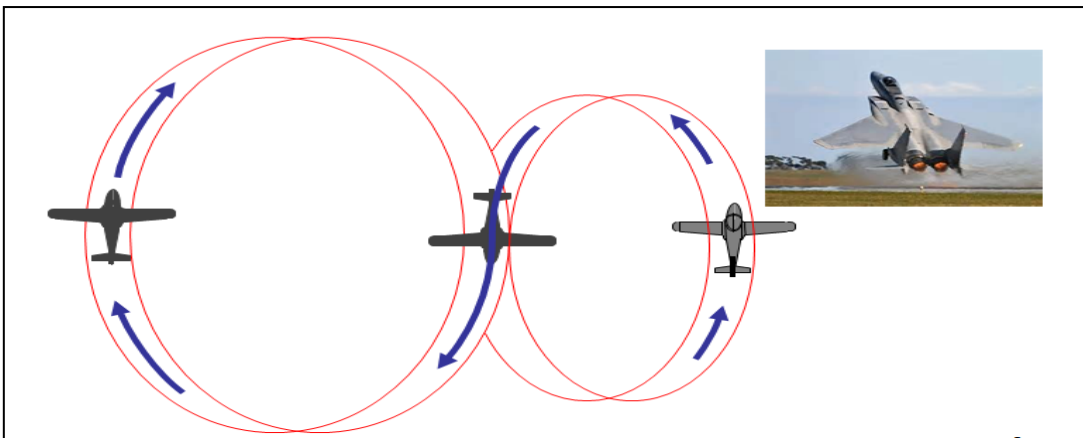


çizgide devam etme eğilimi olacaktır. Nesneyi çemberin merkezine doğru çeken ve hareket yönündeki değişikliğe eşlik eden hız değişiminden sorumlu bir kuvvetle teğetsel olarak düz bir çizgide hareket etmesi engellenir. Nesnenin dairesel yolunun merkezine (merkezcil ivme) doğru radyal ivme büyüklüğü, dairesel yol boyunca nesne dönme hızına ve izlediği yolun yarıçapına bağlıdır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Dairesel akselerasyonda etki eden faktörlerin şematik gösterimi.

**2.2.4.1.3. Açısal (Angular) Akselerasyon:** Doğrusal ve dairesel akselerasyonların bir karışımı şeklinde oluşan akselerasyonlara ise açısal akselerasyon denilmektedir. Uçağın aynı zamanda hem hızı hem de yönü değişmektedir (Şekil 2.5). Yüksek performanslı uçaklarda pilotların çoğu zaman mücadeleye etmek zorunda oldukları akselerasyonlar bu türden akselerasyonlardır. Örnek olarak viril, spiral ve yatışlı çekiş hareketleri sayılabilir.



Şekil 2.5. Angular akselerasyonun şematik gösterimi (32).

Akselerasyon, oluşma süresine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır.

**Uzun süreli akselerasyon:** Uzun süreli akselerasyon, 2 saniyeden fazla süreyle etki eden akselerasyondur. Bu tip ivmeler tipik olarak askeri ve sivil akrobatik hava aracı manevralarında karşılaşılır, ancak uzay araçlarının fırlatma esnasında ve atmosfere girişlerinde de olabilir. Uzun süreli akselerasyon, kanın akış ve dağılımını etkileyerek vücutta fizyolojik etkiler meydana getirir.

**Orta süreli akselerasyon:** Akselerasyon yaklaşık 1-2 saniye boyunca etki eder. Bu kuvvetler, uçaktan atlama olaylarında karşımıza çıkmaktadır. Uçak gemilerinden kalkış (catapult-assisted) ve güverte inişleri sırasında da meydana gelebilir.

**Kısa süreli akselerasyon:** Kısa süreli akselerasyon, 1 saniyeden daha kısa bir süre boyunca vücut üzerinde etki eder. Bu ivmeler genellikle zemin etkisi ( kaza sonucu zemine çarpma) sırasında görülür ve genellikle sadece darbe ivmelenmesi veya darbe kuvveti olarak adlandırılır. Etkileri esas olarak, üzerine etki ettikleri vücudun yapısal mukavemetine ve hız değişimine bağlıdır.

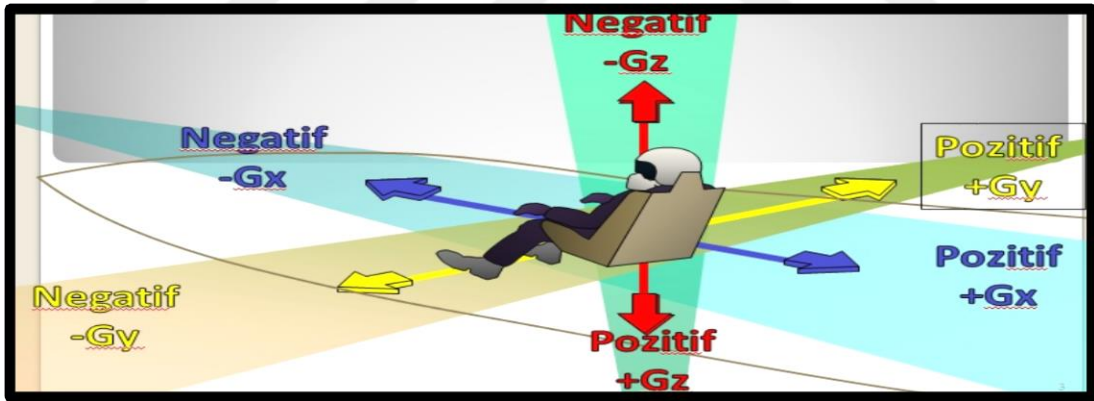
### 2.3. Akselerasyon Terminolojisi

Akselerasyonun vücuda etkisi, akseleratif kuvvetlerin vücut eksenine göre olan "yönü" ile belirlenir. Bu akselerasyon veya eylemsizlik kuvvetinin yönü 3 eksenli bir koordinat isteminin kullanımıyla açıklanabilir (5). l koordinat sisteminde dikey (Z) eksen omurga eksenine paraleldir (şekil 2.6). Değişik kaynaklarda farklı şekillerde tariflenen eksenlerin yönleri, AGARD ve Havacılık ve Uzay Hekimliği literatüründe (6,7) oğunluğu bu eksenlerin her birinin pozitif yönünü " Sol el kural" ile açıklanmaktadır. Uçak ileri doğru hızlanırsa, pozitif yönünde, hızlanma "+G<sub>x</sub> eksen" ile gösterilir. Eğer Uçağın hızlanma yönü yukarıya doğru ise +G<sub>z</sub> kullanılır. Yn sağa ise, +G<sub>y</sub> kullanılır (Tablo 1).

Tablo 1.1 Akseleratif ve eylemsizlik kuvvetlerinin yönü ve terminolojisi.

AKSELERATİF KUVVETİN YÖNÜ	EYLEMSİZLİĞİN YÖNÜ	G KUVVETİNE VERİLEN İSİM
Ayaktan - başa	Baştan - ayağa	+Gz (Pozitif G)
Baştan-ayağa	Ayaktan - başa	-Gz (Negatif G)
Sırttan- göğüse	Göğüsten - sırtta	+Gx (Transvers – Supine G)
Göğüsten -sırtta	Sırttan- göğüse	-Gx (Transvers - Prone G)
Soldan –sağa	Sağdan - sola	+Gy (Transvers -Sol lateral G)
Sağdan - sola	Sağdan - sola	-Gy (Transvers -Sağ lateral G)

Akseleratif kuvvetin yönü insan toleransını etkilemesi bakımından en önemli unsurdur. Eylemsizlik kuvveti, akselerasyonun tam tersi yönünde oluşan ve vücuda asıl etki eden "G" kuvvetidir. Bu kuvvet vücut eksenine olan yönüne göre, "Pozitif G", "Negatif G" olarak isimlendirilir (Şekil 2.6).

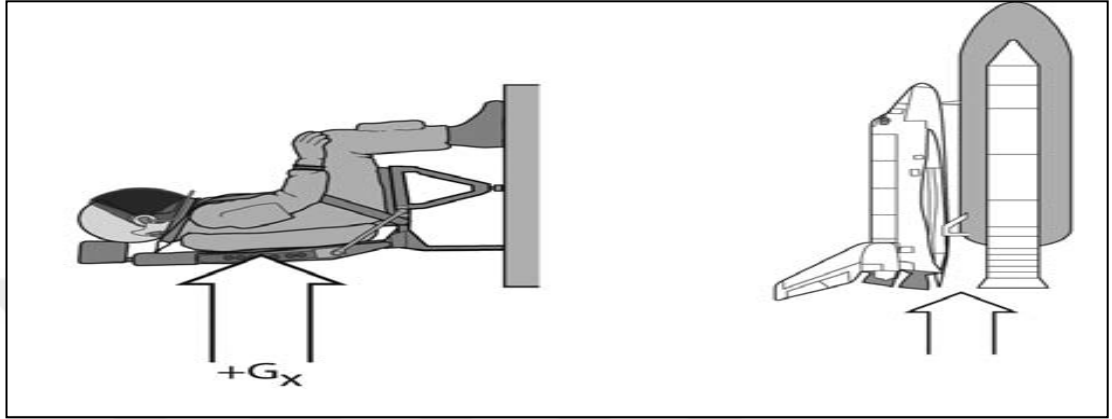


Şekil 2.6. Eylemsizlik kuvvetinin yönü 3 eksenli koordinat Sistemi şematik gösterim (4).

#### 2.4. Transvers Akselerasyon (Gx) :

Vücudun vertikal eksenine dik açılı yönlerde oluşan akselerasyon kuvvetlerine transvers akselerasyon denir. Transvers akselerasyonla daha çok, uçak gemilerinden uçakların kalkışlarında ve güverteye inişlerinde ve uzay araçlarının fırlatılışlarında karşılaşılır (şekil 2.7). Yatar pozisyonda hidrostatik basıncın kan basıncına etkisi, vücudun herhangi bir yerinde

değişmediği için transvers akselerasyona tolerans yüksektir. Pozitif ve negatif akselerasyona göre transvers akselerasyonun kardiyovasküler sisteme etkisi daha azdır. Ön-arka yönünde transvers  $15G_x$ ' e kadar kişi dayanabilmesine karşın, hareket kısıtlılığı  $5G_x$ ' de başlar (8).



Şekil 2.7. Uzay aracı fırlatılışında etkiyen  $G_x$  kuvveti şematik gösterimi (4).

## 2.5. Lateral Akselerasyon ( $G_y$ ):

Lateral akselerasyon normal uçuş koşullarında ortaya çıkmaz. Ancak geliştirilmekte olan yeni tip uçaklarda yer hedeflerine taarruzda  $\pm 1G_y$ ' i aşan manevralar yapılabilecektir. Bu düzeylerdeki transvers akselerasyonun başın hareketini zorlaştırmaktan başka önemli bir tesiri yoktur. Yüksek düzeydeki ( $\pm 3,4G_y$ ) transvers akselerasyon ise akciğerlerde sağdan-sola şant ve atelettazi gibi hava yolu kapanmalarına neden olabilir.

## 2.6. Vertikal akselerasyonun ( $+G_z$ ) insan Vücuduna Etkileri

Ayaktan-başa doğru olan akselerasyonda, baştan – ayağa doğru oluşan “eylemsizlik veya yer çekimi” pozitif  $G_z$  kuvvetlerini doğurur. Uçuculukta pozitif  $G$ , acil şartlarda uçaktan atlama sandalyesi ile atlamalarda, uçakta yatış-dönüş-çekiş manevraları ve paraşüt açılma şoku sırasında görülür.

$+G$  kuvvetinin fizyolojik etkileri 5 ana başlık altında incelenmektedir.

1. Kas iskelet sistemi üzerine etkileri
2. Kardiyovasküler sistem üzerine etkileri
3. Görsel fonksiyonlar üzerine etkileri
4. Solunum sistemi üzerindeki etkileri

## 5. Serebral dolaşım ve kognitif fonksiyonalar üzerine etkileri

### 2.6.1. Kas iskelet Sistemi Üzerine Etkileri:

+3Gz'de kollarını kaldıracabilen bir pilotun, kollarını yukarı doğru hareketi +7Gz'nin üzerinde neredeyse imkânsız hale gelir. Bununla birlikte, önkol ve el desteğiyle, bilinç kaybı olmaması durumunda, parmakların kas kütlesi daha az olduğu için hassas kontrol hareketleri +10Gz ye kadar yapılabilir. Daha da önemlisi, +3Gz'nin üstünde çoğu insanın oturmuş konumundan kalkması olanaksızdır. Böylece yardımsız kaçış (örneğin hasarlı bir uçaktan) imkânsız hale getirilir. Bu nedenle, diğerlerinin yanı sıra, yüksek performanslı uçaklarda, atlama sandalyeleri gibi yardımcı kaçış sistemleri kullanılmaktadır.

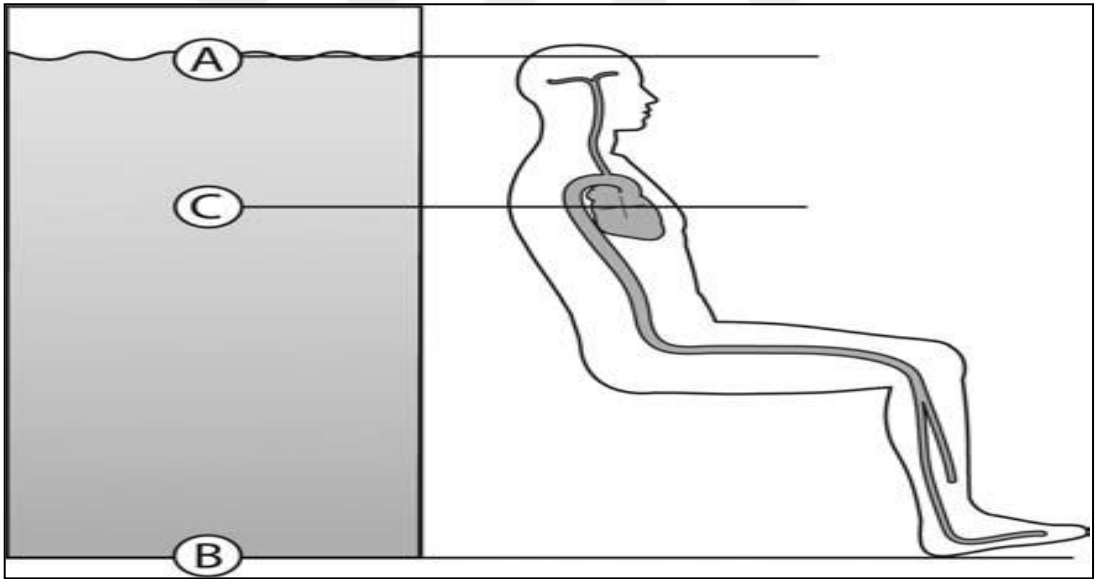
Yüzün yumuşak dokuları, +2Gz maruziyetinde bile sarkma eğilimindedir. Daha yüksek hızlanma seviyelerinde, üst göz kapağının ağırlığının artması neticesinde gözlerin istemsiz kapatılmasına neden olabilir. Uçuş kaskının ek ağırlığı olmasa bile, boynun yaklaşık +8Gz üzerindeki hızlanmalarında, bükülmesine izin verildiğinde, kişi başını kaldıramaz ve intervertebral disk yırtılması yaşanabilir. Tipik bir koruyucu kask (2 kg ağırlığında) takıldığında, bu sınırlama +4 ila +6Gz arasında gerçekleşir (9). Özellikle, atlanto-oksipital eklem ve servikal vertebra, kafanın ağırlık merkezinin korunduğu bölgelerdir. Kask, görüş ekipmanları, ekranlar ve gece görüş gözlüğü gibi başlığa bağlı techizatlar, ağırlık merkezini öne getirebilir ve kafanın +Gz ivme altındaki fleksiyonunu arttırabilir. Bütün bu nedenlerden dolayı, uzun süreli +Gz ivmelenmesine tekrarlı maruziyet yorgunluğa ve özellikle boyun ağrısına ve yumuşak doku hasarına yol açabilir (4).

Pilotların G toleransına etki eden birçok faktör vardır. Bunlar içinde en önemli olan faktör kas yorgunluğudur. Etkili bir anti-G gerilme manevrası yapma çabası son derece yorucudur ve iyi bir fiziki kondüsyon gerektirir. G Toleransını etkileyen önemli faktörlerden biri de, anti-G gerilme manevrası sonrası kas yorgunluğuna bağlı ortaya çıkan serebral perfüzyonun bozulmasıdır.

## 2.6.2. Kardiyovasküler Sisteme Etkileri

Artan +Gz ivmelenmesine maruz kalma, kardiyovasküler sistem üzerinde, görsel semptomlardan bilinç kaybına kadar geniş bir etkiye sahiptir. Sınırlı bir hacimdeki sıvıya kuvvet uygulandığında sıvı içindeki basınç yükselir. Basınç bir kuvvet ölçüsüdür ve akışkanlar tarafından iletilir. Örneğin su dolu plastik şişenin kapağını kapatıp basıncı arttırırsak sıvı, şişenin üst kapağını dışarı fırlatmak eğiliminde olacaktır. Benzer şekilde kalpte sistolik kasılma sırasında oluşan kan basıncı aort kapakçıklarını yukarı doğru açıp, aorta kan akışını başlatacaktır.

Vücudumuzda bulunan kan sıvı niteliğinde olup hidrostatik ilkeler kan içinde geçerlidir. Bir sıvı kolonunun herhangi bir derinlikte bir yüzey üzerine etki eden kuvvet üstünde kalan sıvının ağırlığı ile orantılıdır. Bu nedenle derinlik arttıkça basınç da artar. Bu basınç Pascal prensibine göre de her yere eşit dağılır.



Şekil 2.8. Hidrostatik kan basıncının farklı seviyelerdeki değerlerini anlatan şematik gösterim (4).

Şekil 2.8 de su kolonunun sağında dik oturmuş bir insan görülmekte ve kafasından ayak tabanına kadar sıvı (kan) sütunu yer almaktadır. A seviyesinde kan basıncı sıfırdır. Çünkü yukarısında ağırlık yaratacak kan sütunu yoktur. Ayakta kan basıncı (B seviyesinde) en yüksek değerdedir ve yukarıdaki sıvının ağırlığına eşittir. C seviyesi (kalp seviyesi) ölçülen kan basıncı orta seviyededir. Bu hidrostatik prensip, perikardiyal, plevral,

abdominal ve beyin omirilik sıvısı ( BOS) venöz ve arteriyel vasküler yapılar olmak üzere tüm vücut sıvılar için geçerlidir (4).

Kalbin kasılması sonucuyla oluşan basınç, kan basıncının hidrostatik komponentidir. Bu oluşan kan basıncının ventriküllerde artarak aort kapağına oradan da tüm arteriyel sisteme etki etmesi kan basıncının dinamik basınç komponentini oluşturur. Ölçülen sistolik kan basıncı yetişkin bir insanda kalp seviyesinde yaklaşık 120 mmHg dir ve bu iki basınç komponentinin toplamıdır. Hidrostatik kan basıncının sayısal tahminleri aşağıdaki denklem kullanılarak yapılabilir.

Formül 2.5. Hidrostatik basınç hesaplaması.

$$P=h \times p \times g$$

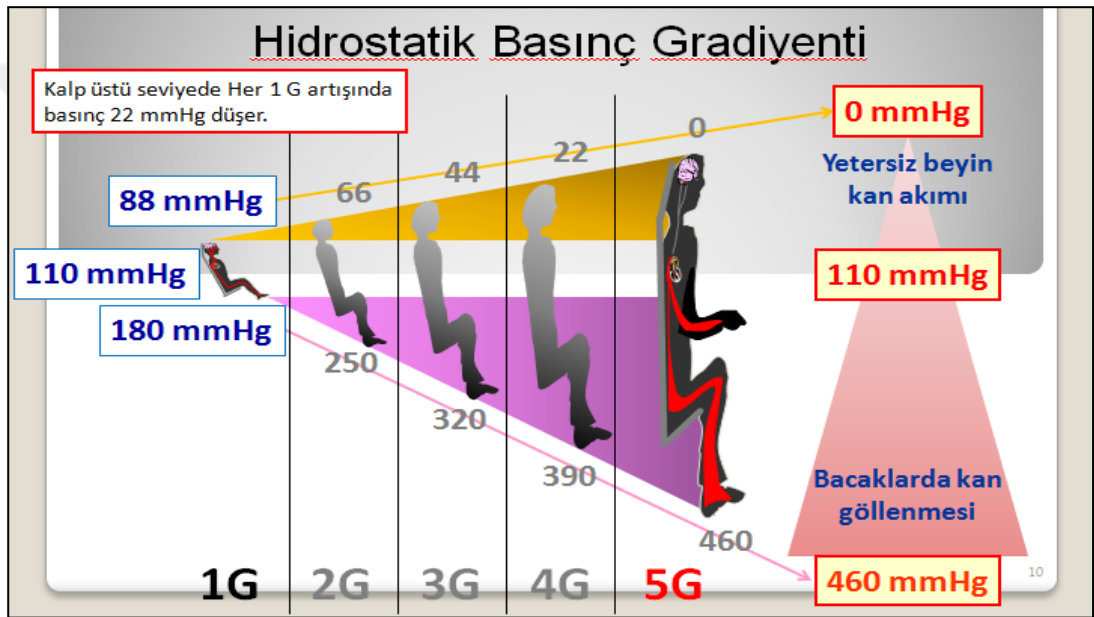
**P:** Sıvı kolonun hidrostatik basıncı  
**h:** Sıvı kolonun yüzeye olan yüksekliği  
**g:** Yerçekimi ivmesi  
**p:** Sıvının yoğunluğu

Kanın özgül ağırlığı 1.06 g/ml, bunu Pascal cinsinden mmHg ye dönüştürüldüğünde ve g de 9,81 m/sn<sup>2</sup> alındığında,

$$P= 0,78 \times h$$

Akselerasyon kalp üstündeki ve altındaki kan kolonunun ağırlığını artırır. Böylece vasküler basıncın kalp seviyesinin üstünde azalması ve kalp seviyesinin altında artması sağlanır. Oturur pozisyonda yetişkin bir insanda kalp ile baş arasındaki kan sütunu yaklaşık 30cm dir. Kan yoğunluğunu 1.06 g/ml ve g yi de 9,81 m/sn<sup>2</sup> alındığı varsayılırsa +1Gz maruziyetinde kafa seviyesindeki basıncın düşmesi yaklaşık olarak 22 mmHg olarak hesaplanır. Böylece istirahat halindeki kalp ve baş arasındaki hidrostatik basınç farkı 22 mmHg olacaktır. Benzer şekilde +5Gz maruziyeti sonrası 110 mmHg'lik (5x22 mmHg) bir hidrostatik basınç düşüklüğüyle sonuçlanacaktır. +1Gz de

baş bölgesinde hidrostatik basınç yaklaşık 88 mmHg dir. Her +Gz artışında 22 mmHg azalış gerçekleştiğinde yaklaşık +5Gz de beyinde yetersiz kan akımı oluşacak ve senkop gelişecektir (Herhangi bir anti-G gerilme manevrası yapılmadan ve koruyucu elbise giyilmeden). Aynı şekilde kalp seviyesi altında her 30cm'lik mesafe ve her +1Gz de kan basıncında 22 mmHg artış olacağından +5Gz de bacak bölgesinde hidrostatik basınç yaklaşık 460 mmHg'a ulaşacaktır. Kanın periferde göllenmesi, sağ kalbe dönüşte azalması ve süre uzadıkça venöz stazın olduğu bölgede ödem gelişecektir (4) (Şekil 2.9).



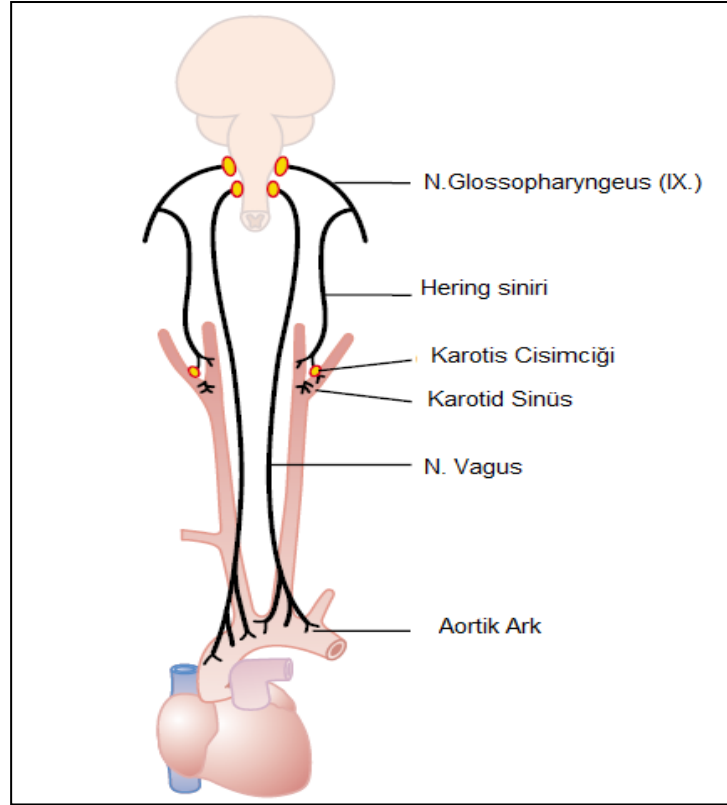
Şekil 2.9. Farklı +Gz seviyelerindeki hidrostatik basınç gradiyentini gösteren şematik gösterim.

## 2.6.3. Kan Basıncının Regülasyonu

### 2.6.3.1. Baroreseptör Refleks Mekanizma

Baroreseptörler, gerilmeye duyarlı (Stretch) mekanoreseptörlerdir. İki baroreseptör vardır. Bunlardan biri sinüs karotikustadır ve bu reseptörden Hering siniri (N.Glossopharyngeus (IX.) sinir dalı) çıkar. Diğeri arcus aortadadır ve buradan da vagus (X.sinir) çıkar (şekil 2.10). Baroreseptörlerden çıkan uyarılar IX ve X. sinir aracılığıyla beyin sapında (Meduller retiküler formasyon ve pons) bulunan kardiyovasküler merkeze (NTS-Nükleus traktus solitarius) gelir.





Şekil 2.10. Baroreseptörlerin yerleşim yerlerini gösteren şematik gösterim (34).

Kan basıncı arttığında baroreseptörler uyarılır. Bu uyarılma 9 ve 10. kafa çiftleri tarafından kardiyovasküler merkeze iletilir. Sonuç olarak damarlar üzerindeki sempatik tonus azalır. Böylece periferik damarlarda vazodilatasyon oluşur. Ayrıca vagus aracılığı ile kalp hızı yavaşlatılır. Böylelikle kan basıncı azaltılmış olmaktadır. Kan basıncı azaldığında ise baroreseptörlerin gerilmesi azaldığı için, baroreseptörden çıkan aksiyon potansiyeli azalır. Bu nedenle kardiyopulmoner merkez tansiyonu yükseltmek için perifere giden sempatik tonusu artırır (34).

+Gz altında yeterli bir kranial kan basıncı için en önemli koruma basınç baroreseptörleri. Kalbe daha yakın lokalizasyonda olduğu için artan +Gz maruziyetinde karotid baroreseptörler daha fazla öneme sahiptir (5).

Baroreseptörler arter basıncındaki değişikliklere çok hızlı yanıt verirler; ancak uyarı hızı sistol sırasında artmakta, diastol sırasında ise azalmaktadır. Dahası, baroreseptörler hızlı değişen basınçlara durağan basınçlardan çok daha fazla yanıt vermektedir. Yani ortalama arter basıncı 150 mmHg basınca hızla artış gösterirken meydana gelen uyarı iletimi, 150 mmHg da sabit iken

meydana gelen uyarı iletiminden iki kat fazla olabilir. Diğer taraftan eğer basınç düşüyorsa uyarı hızı, sabit uyarı hızının dörtte biri kadardır (9).

Bütün bu baroreseptör mekanizma, artan ivmelenme altında baş-seviyedeki kan basıncını korumak için telafi edici bir mekanizma sağlar. Bu mekanizma ivmenin başlangıcından yaklaşık 6-12 sn sonra devreye girerek etkin bir düzenleme yapabilir. +4Gz'ye maruz kalma, tipik olarak, yaklaşık 120-140 vuruş / dakika maksimum kalp atış hızı üretir. Kalp sağ tarafındaki venöz dönüş, +Gz maruziyetinin başlangıcından 10-15 saniye sonra artmaya başlar ve kardiyak output artar. Venöz dönüş ve kardiyak output gelecek 20-40 saniye içinde artmaya devam eder. +4Gz'ye 30-60 saniye maruz kaldıktan sonra kalp debisi dinlenme değerinin yaklaşık %20 oranında azalır. Genel olarak, telafi edici değişiklikler kalp seviyesi arteriyel kan basıncını düzeltme eğilimindedir. Orta derecede ivme (+3Gz ile +5Gz arası) maruz kaldıktan 40-60 saniye sonra, kalp seviyesindeki ortalama arteriyel kan basıncı maruz kalma öncesi seviyeye geri gelir. Baroreseptör duyarlılığı yaş ve arteriyel duvar esnekliği gibi çeşitli faktörler tarafından değişebilmektedir.

### **2.6.3.2. Kemoreseptör Refleks Mekanizma**

Kemoreseptör refleksler, baroreseptör ile hemen hemen aynı şekilde çalışmakla beraber yanıtın ortaya çıkışına gerim reseptörleri yerine kemoreseptörler neden olur. Kemoreseptörler kimyasal duyarlılığı olan hücrelerdir. Oksijen yokluğuna, karbondioksit artışına veya hidrojen iyonlarının artışına duyarlıdırlar. Yerleşim yerleri her bir ana karotis arterin bifurkasyon yerindeki iki karotis cismi ve aorta bitişik birkaç aortik cisimden oluşmaktadır. Buldukları yer itibariyle arter kanı ile yakın ilişki içinde bulunmaktadırlar. Arteriyel basınç kritik bir düzeyin altına düştüğü zaman, kemoreseptörlere ulaşan kan akımı azalır, buna bağlı olarak oksijen miktarı azalırken, hidrojen ve karbondioksit iyonlarını artar, bu değişiklikler kemoreseptörleri uyarır. Kemoreseptör refleks, normal arter basıncı sınırları içersinde güçlü bir arter basıncı kontrolü sağlamaz. Bunun nedeni arter basıncı 80 mmHg nin altına düşmeden güçlü olarak uyarılmamalarıdır. Bu nedenle kemoreseptör refleks özellikle düşük basınçlarda basıncın daha fazla düşmemesi için önem kazanmaktadır.

### **2.6.3.3. Endokrin Sistem Mekanizması**

Baroreseptör cevaba ek olarak endokrin sistem aracılığıyla sempatik sinir sisteminin baskın halde olması sağlanır. Epinefrin, Norepinefrin ve Serum kortizol düzeyleri artar (10). Endokrin sistem cevabı baroreseptör refleksten daha yavaştır, fakat G kuvveti maruziyetinin uzaması durumunda önemli hale gelir.

### **2.6.3.4. Vestibuler Sistem Mekanizma**

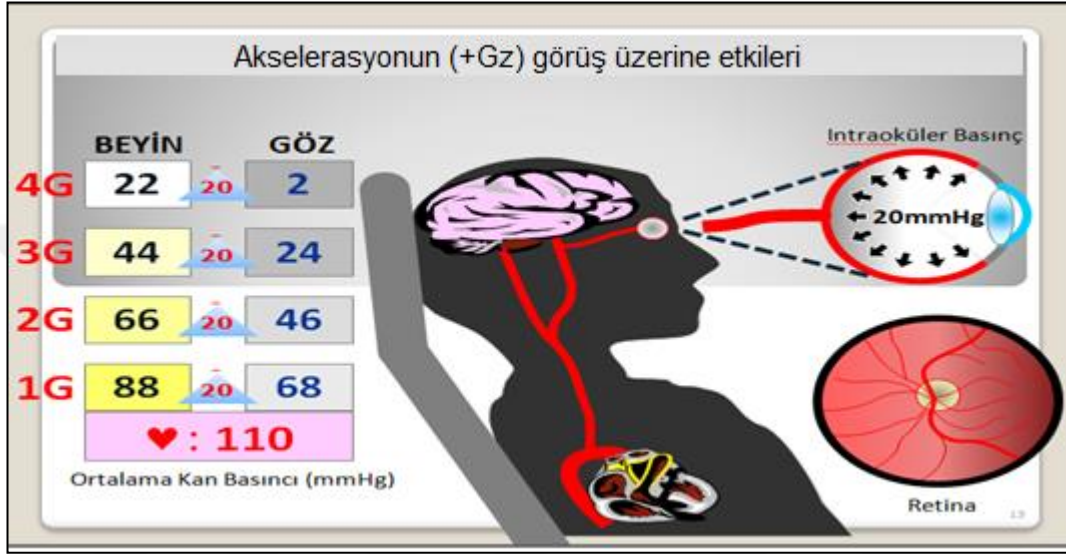
G yükü altında, kan basıncının ayarlanmasında Vestibuler sempatik sisteminde rolü vardır (11). Vestibuler otolit organın uyarılması ile adrenal medulla kaynaklı noradrenalin (MSNA) salınımı artırılabilir (12). Vestibuler sistem, kan basıncı regülasyonuna tek başına etkisinden ziyade baroreseptörler ile beraber etkisinden bahsedilebilir. Vestibuler sistem yanıtı 1dk. içinde geriye döner. Uyara bağlı ve kısa süreli bir refleks yanıtıdır.

### **2.6.4. Görsel Fonksiyonlar Üzerine Etkileri:**

+Gz kuvvetleri arttığında hissedilen ilk bulgular görsel değişikliklerdir. Akselerasyon miktarı arttıkça görüş keskinliğinin giderek azaldığı insan santrifüj deneylerinde kanıtlanmıştır. Gözün beslenmesinde ana rol oynayan İnternal Karotid arterden ayrılan dal olan Oftalmik arterdir. Oftalmik arterin ince bir dalı olan santral retinal arter, retinanın ana arteriyel beslenmesini sağlar. Lakrimal Arterden ayrılan Ön Siliyer Arter; konjonktiva ve irisin beslenmesinden sorumluyken, Oftalmik Arterin bir dalı olan Uzun arka Siliyer arter; koroid vasıtasıyla korus siliare, ön segment, konjonktiva ve irisin beslenmesinden sorumludur. Oftalmik arterin diğer bir dalı olan Arka kısa Siliyer Arterde optik diskin beslenmesinden sorumludur. Aynı zamanda insanları %20 sinde bulunan siliyoretinal arter, makülanın bir kısmını besleyerek, dolaşıma destek sağlar. Göz küresi 15-20 mmHg civarında olan intraoküler basınca maruzdur. Retinal kan perfüzyonu için arteriyel kan akımı basıncının gözün kendi iç basıncından yüksek olması gerekir. Sistolik kan basıncı göz düzeyinde 20 mmHg ye düşerse retinal kan dolaşımı durur ve görme kaybı gelişir.

Göz düzeyinde sistolik arter basıncı 50 mmHg'a düştüğünde gri görüş (Greyout) denilen periferik ve renkli görüş kaybı gelişmektedir. Göz seviyesi

sistolik arter basıncı 20 mmHg ya düştüğünde retinal kanlanma tamamen kesilmesine rağmen 4-6 saniye sonra görüş tamamen kaybedilir. Bilinç açık olsa da kişinin görmesi kaybolmuştur (Black-out). Kan akımının tamamen kesildikten sonra 4-6 sn daha görüşün devam etmesinin sebebi dokulardaki rezerv oksijendir. +Gz maruziyeti ile beyin ve göz seviyesi hidrostatik basınç değerleri yaklaşık olarak Şekil 2.11 da gösterilmiştir.



Şekil 2.11. +Gz seviyelerinde serebral ve göz seviyesindeki ortalama kan basıncını gösteren şematik gösterim.

+Gz kuvvetlerine kademeli olarak maruz kalındığında göze ulaşan kan miktarının düşmesine bağlı olarak görüş alanının periferik kısmı körelmeye ve renkli görme azalmaya başlar. Bu durum “greyout” olarak tanımlanır. Devamında “tünel görüş” olarak bilinen periferik görüşün kapandığı, merkezi görüşün korunduğu durum oluşur. G kuvveti yükselmeye devam ederse göze gelen kan akımı tamamen kesildiği, görüşün kaybolduğu “blackout” meydana gelir. Bu aşamada pilot henüz bilincini kaybetmez. +Gz maruziyeti azalırca görsel semptomlar hızlıca ortadan kalkar. Görüşün kaybolduğu Blackout durumu, acil olarak gerekli önlem alınmadığı zaman bilinç kaybının kısa bir süre sonra oluşacağını bildiren hayati bir uyarı özelliği taşır.

### 2.6.5. Solunum Sistemi Üzerine Etkileri

Akciğerler elastik yapısı nedeniyle artan +Gz maruziyetinden oldukça fazla etkilenir. Akciğerlerin ana işlevi ventilasyon ve perfüzyon sayesinde gaz alışverişini sağlamaktır. Ayakta duran bireyin +1Gz de akciğer ventilasyon ve perfüzyon oranları bölgelere göre farklılık gösterir. Akciğerin apikal bölgesindeki alveol çapları daha büyük ve ventilasyon daha fazlayken, akciğerin bazalinde alveol çapları daha küçük fakat perfüzyon daha fazladır(Yerçekimi nedeniyle). +Gz maruziyeti abdominal içeriğin ve diyafragmanın aşağıya sarkmasına neden olur, böylece fonksiyonel rezüidal kapasite (FRC) artar. FRC, +3Gz de yaklaşık 500 ml kadar artar. +Gz maruziyeti sırasında devreye giren Anti-G suitin abdominal hava kesesinin şişmesi diyafragmayı yukarı iterek bu değer büyük ölçüde azaltılır veya tersine çevrilir. Toplam akciğer kapasiteleri (TLC) +3Gye kadar ivmelenmeden etkilenmezler. Ancak TLC ve vital kapasite (VC) %15 oranında düşer. Arteriyel oksihemoglobin saturasyonu yaklaşık %85'e düşer (5). +Gz maruziyeti ile vital kapasite ve tidal volüm azalırken, solunum sayısı artar. +Gz maruziyeti artmaya devam ettiği sürece apeksdeki alveol çapları artarken bazalde bulunan alveoller neredeyse kapanma seviyelerine gelecek kadar küçülür. Bu sebepten dolayı apexde havalanması çok iyi fakat kanlanması kötü olan ve solunuma katkısı olmayan ölü bir boşluk oluşmaktadır. Yine akciğerin bazalinde perfüzyonun fazla fakat ventilasyonun çok az olduğu bir durum ortaya çıkacaktır. Akciğerin apeksinde ve bazalinde ventilasyon/perfüzyon(V/Q) uyumsuzluğu gelişecektir. Bazal alveollerde sadece reziduel bir gaz hacmi içerir ve ventilasyona katılmazlar. Rezidüel gazdaki oksijen kan içine absorbe olur ve oksijen basıncı venöz kanın oksijen basıncına eşit değerlere ulaşır. Alveol boyunca akan kan "sağdan sola doğru şant" oluşturur. Akselerasyon ile şanta doğru akan kan akımı artar ve sistemik arteriyel dolaşımda oksijen saturasyonu düşer.

Kan bazal alveollerin içeriğini belli bir oranda absorbe etmeye devam eder. Absorbsiyon genelde en az çözünen gazın (Nitrojen) oranına göre kısıtlanır. Akselerasyona maruz kalmadan önce %100 oksijen solunursa alveol içindeki oksijen gazı çok hızlı bir şekilde diffüze olur ve birçok alveol gazdan arınmış olur. Yüksek yüzey gerilimi kuvveti gazsız alveol duvarlarını

kapatır ve akselerasyon kesildikten sonra akciğerin etkilenen kısmında atelektazi meydana gelir. Buna “Akselerasyon Atalektazisi” denir.

### **2.6.6. Serebral Kan Akımı ve Kognitif Fonksiyonlar Üzerine Etkisi**

Kanamaya bağlı oluşan hipotansiyonda, arteriyel kan basıncı beyin düzeyinde 50 mmHg civarına düştüğünde bilinç bulanıklılığı gözlenir kan, +Gz akselerasyonu esnasında serebral düzeyde basınç 20 mmHg veya altına düştüğünde blackout gelişse de bilinç tamamen açık kalmaktadır. Bu farkın sifon gibi işlev gören juguler venöz drenajdan kaynaklandığı anlaşılmıştır. +4,5Gz esnasında boyundaki superfisial damarlar kollabe olmasına rağmen juguler ven basıncı kafatasından çıktıktan sonra atmosferik basıncın belirgin bir şekilde altındadır. Bu şekilde arterio-venöz basınç farkı devam eder ve serebral düzeyde olması gereken arteriyel basınçtan daha az bir basınç ile serebral kan dolaşımı sağlanır (13).

Kişisel farklılıklar göstermekle birlikte +5Gz - +5,5Gz'lerden sonra serebral kan akımı regülasyonu bozulur. Blackout'u takiben 0,5-1G sonra bilinç kaybı gelişir (14,15).

Blackout'tan sonra A-LOC ile G-LOC arasında bir inkapasitasyon (Serebral fonksiyon bozukluğu) spektrumu vardır. A-LOC (Acceleration-induced near-loss of consciousness) “G” kuvvetlerinin artmasına bağlı olarak fiziksel, kognitif ve emosyonel bulguların olduğu, duyusal anomaliler, öfori, amnezi, apati, kısa dönem hafıza kaybı, konuşurken kelimeleri toplayamama, işitme keskinliğinde azalma ve motor anomalileri gibi bulguların görülebildiği bir inkapasitasyon sürecidir. A-LOC kognitif fonksiyonlar ile motor fonksiyonlar arasındaki kopukluğun olduğu bir inkapasitasyon süreci olarak özetlenebilir. G-LOC'da ise tam bir inkapasitasyon dönemi vardır. A-LOC olan pilotların bilinçleri açık olup sadece kognitif fonksiyonlarında bozukluk vardır. Farkındalıkta bir bozukluk vardır ve bu bozulma bilincin normal fonksiyon gösterdiği yer ile G-LOC arasındadır. A-LOC, hafif düzeyde G-LOC olarak da değerlendirilebilir (16).

Uçağın yaptığı hareketler sunucunda oluşan yüksek G kuvvetine bağlı olarak beyin kan dolaşımının ani ve kritik düzeyde azalması sonucu ortaya çıkan bilinç kaybına havacılık terminolojisinde G-LOC (G Induced

Loss Of Consciousness) denir. G-LOC bir iskemik (stagnant) hipoksidir. +6Gz üzerinde 3 sn. den sonra, pilotun anti-G manevraları yapmaması ve G-suit'in çalışmaması durumunda pilot kısa bir süre içerisinde bilincini kaybedecektir. Yüksek G genellikle çok uzun süre devam etmez. Çünkü Bilinç kaybı ortaya çıktığında tümüyle kas tonüsü kaybolur ve böylelikle baş ve gövde bir tarafa doğru yıkılır. Pilotun uçak üzerindeki kontrolü tamamen kaybolur. Uçak tasarım ve fizik kuralları gereği ayrıca G kuvvetlerine neden olan uçuş kumandalarında kalkması sonrası akselerasyon sonlanır. Kan akışının normale dönmesiyle beynin oksijensiz kalma periyodu da biter. Bu sayede merkezi sinir sisteminde G-LOC nedeniyle doku tahribatı oluşmaz. G-LOC oluştuktan sonra gözlenen fizyolojik ve psikolojik belirtiler şunlardır:

#### **2.6.6.1. G - LOC. Sonrası Fizyolojik Belirtiler**

- a. İstemsiz kas kasılmaları (Ekstremitelerde)
- b. Yüz, kol ve bacaklarda karıncalanma,
- c. Motor koordinasyonda bozulma,
- d. G-LOC olunduğunun farkında olmama,
- e. Uyku veya uykuya dalma hissi.

#### **2.6.6.2. G-LOC. Sonrası Psikolojik Belirtiler**

- a. Konfüzyon (şaşkınlık) ve yönelim bozukluğu,
- b. G-LOC oluşunu inkar,
- c. Güvensizlik,
- ç. Mahcubiyet,
- d. Kişilik çözülmesi,
- e. Öfori,
- f. Eğitime ve eğitici personele karşı negatif tavır alma.

#### **2.6.6.3. G-LOC Yetmezlik (İnkapasitasyon ) Periyodu**

+Gz'in azalması sonrasında görülen G-Loc yetmezlik periyodu iki döneme ayrılır.

- Tam yetmezlik periyodu (bilinç kaybı); Santrifüj çalışmalarından elde edilen bilgilere bu periyot 12 saniye (2 – 28 sn.) sürer. Bilinç kapalıdır ve konvülsiyon gözlenmez.

- Göreceli yetmezlik periyodu; , konvülsiyon görülür ve yetmezlik süresi 15 saniye (2– 97 sn.) devam eder.





5Gz ve en çok 10 sn. dir (9). Havacılıkta ters loop (uçağın burun aşağı yaptığı 360 derecelik dairesel hareket), spin (uçuş esnasında uçağın hızının azalmasına bağlı olarak aşağıya doğru burgu hareketi yaparak irtifa kaybetmesi) ve parabolik uçuşlarda, günlük hayatta ise asansörle hızlı inişlerde yaşanan durumlarda negatif Gz ile karşılaşmaktadır.

Negative Gz altında kan, baş ve boyun kısmında toplanır. Negatif Gz den en çok etkilenen sistem kardiyovasküler sistemdir. - 2Gz üzerinde görüş kızarır (redout). Göz kapaklarında ödem olur, göz küreleri dışarı fırlayacakmış gibi hissedilir. Yüz ve boyun derisinde peteşiyel kanamalar ve burun kanaması gözlenebilir. Nefes yollarında konjesyona bağlı solunum güçlüğü olabilir. Kafa içi basıncın artması sebebiyle zonklayıcı baş ağrısı ve konfüzyon görülebilir. -4,5Gz'den yüksek ve 6 saniyeden uzun süren negatif akselerasyona maruz kalınırsa konfüzyon ve bilinç kaybı görülür (17).

## 2.8. Akselerasyon Etkilerini Değiştiren Faktörler

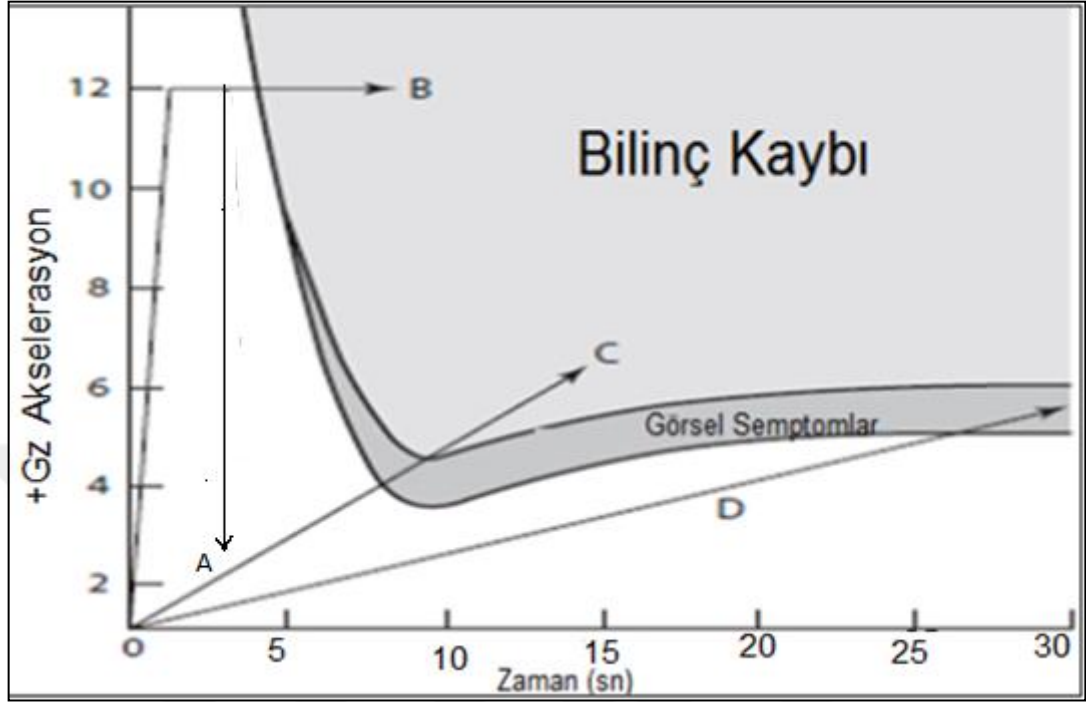
Akselerasyonun insan vücuduna olan etkilerini belirleyen birçok faktör vardır ve bunlar birbirleriyle ilişkilidir. Akselerasyonun sonuç etkisi ise bu faktörlerin kombinasyonu şeklinde olur.

**G miktarı:** Akseleratif kuvvetlerin miktarı arttıkça vücut üzerindeki etkileri artar. Genel olarak, iskelet sistemi ortalama 25G'ye kadar olan akselerasyonlara kısa bir süre için, ya hasar olmaksızın, ya da çok az bir hasarla dayanabilir (9).

**G Süresi:** Uygulanan akseleratif kuvvetlerin süresi de akselerasyonun etkisini belirleyen ikincil önemli unsurdur. Genel olarak akselerasyon 1sn. den az devam ederse kısa süreli, 1-2 sn. arasında devam ederse orta süreli, 2 sn. den çok devam ederse uzun süreli sayılır. Örneğin ejection yapan bir pilot 1saniyeden kısa süre 12-15 G' ye maruz kalır ve buna bağlı olarak vücudunda önemli bir rahatsızlık olmaz. Ancak bu süre 2 saniyeden uzun süre devam ederse, önemli hasarlara yol açabilir (9).

**G Artış Oranı:** Bu oran "JOLT" olarak isimlendirilmektedir. Jolt 1 saniye içindeki "G" artış miktarını belirler. Jolt arttıkça akselerasyonun vücuda etkileri de artmaktadır. Uygulanan toplam akselerasyon tolere

edilebilir sınırlar içinde herhangi bir rahatsızlık yapmazken, aynı miktar akselerasyonun joltu farklı ise önemli rahatsızlıklar görülebilir.



Şekil 2.13. +Gz büyüklüğü ve zaman grafiğinde farklı joint değerlerinde akselerasyonun görsel semptom ve bilinç kaybı görülme aralıkları (5).

G artışı "D" okunda olduğu gibi yavaş yükselirse kalp-damar sisteminin kompensasyonunu sağlanacak süre vardır ve G' nin daha hızlı yükseldiği "C" okuna göre 1G' lik tolerans fazlalığı söz konusudur. Her iki durumda da G-LOC' dan önce görsel semptomların olduğu bir zaman aralığı vardır. Bu görsel uyarılar pilota ya G' yi azaltması, ya da etkin bir AGSM yapması gerektiğini bildirir. Ancak savaş uçağında bulunup uçağa komuta etmeyen 2. pilot veya silah sistem operatörleri için ise yalnızca ikinci seçenek yani AGSM yapmak geçerlidir.

Şekil 2.13 deki "A,B" okunun çok hızlı ve yüksek akselerasyona ulaşmasına karşın, "A" okunun olduğu bölgede ne görsel semptomlar, ne de G-LOC ortaya çıkmamasının nedeni, kan akımı kesilmesine rağmen retina ve beyin dokusundaki rezerv şeklindeki enerjinin birkaç saniye daha yeterli olmasıdır. Fakat burada görüldüğü gibi, semptomların çıkmaması için akselerasyonun çok hızlı olmasıyla birlikte deselerasyonun da çok hızlı

olması gereklidir. Burada çok kritik ve riskli olan konu, oksijen deposunun bitimini takiben görsel semptomlar oluşmadan ani bir şekilde "G-LOC" gelişmesidir ("B" okunda olduğu gibi). İşte bu durum, F-16 gibi G artış oranı yüksek uçaklarda (6g/sn) G-LOC' ın en sık oluş biçimidir.

## 2.9. G Toleransını Arttıran Yöntemler

**Akselerasyon (G) Toleransı:** Yüksek performanslı savaş uçağı pilotlarının hava muharebelerinde başarılı olmaları için 5G' den yüksek pozitif akselerasyona görevleri süresince dayanmaları gerekmektedir. G toleransını ölçmede kullanılan parametreler, G miktarı ve maruz kalınan süredir. G düzeyi için tolerans kriterleri ise, kişide görüş ve bilinç kaybının ortaya çıkmasıdır.

**G Tolerans Düzeyi:** Akselerasyon toleransı beyne gelen kan akımının yetersizliğinde sona erer. Bu durum objektif ve subjektif kriterler için temeldir.

### **Beyin dolaşımının objektif değerlendirilmesi;**

- İnvaziv yöntem olan göz düzeyinde arteriyel kan basıncının ölçümü,
- Non-invasiv yöntem olarak Doppler tekniği ile temporal arter kan akımı ölçümü,
- Fotometrik sistemler kullanarak temporal lobun opasitesinin ölçülmesi, metotları kullanılmaktadır.

### **Subjektif değerlendirme ise;**

- Görüş kaybının (grayout, blackout) takibi ile yapılır.

Pozitif G kuvvetlerine maruz kalındığında görüş kaybı düzeyinin saptanması için birçok yöntem vardır (Şekil 2.14). Bunlardan basit ve rutin olarak kullanılan; santrifüj uçuşu eğitimi sırasında pilotun 76 cm. karşısında duran ışıklı çubuğa bakmasıdır. (Çubuğun her iki ucunda 2,5 cm. çapında 2 yeşil ve tam ortasında 1 kırmızı ışık vardır; kırmızı ışığın lüminansı yeşil ışığından iki kat daha fazladır). Pilotun artan G ile birlikte periferdeki yeşil ışıkları göremediği düzeye çevresel görüş kaybı; G'nin daha da arttığında, merkezdeki kırmızı ışığın parlaklığının yarı yarıya azaldığı düzeye ise merkezi görüş kaybı denir.



Şekil 2.14. İnsan santrifüjü cihazında periferik görüşü test eden ışıklı bar

Klasik olarak G toleransı, kişi "relaxed" yani sakin ve herhangi bir manevra yapmazken değerlendirilir. Buna temel olarak kişisel G toleransı denir. "Relaxed G Toleransı" artan G' ye karşı kardiyovasküler cevabın göstergesidir.

Relaxed G toleransı, tedrici yükselen oranlı (Gradual Onset Rate - GOR) şekilde ölçülebilir. Santrifüjdeki GOR profilinde G miktarı 10 saniyede 1G olacak şekilde yükselir. Görüş kaybı geliştiğinde tolerans sona ermiş demektir. G-suit kullanılmaz.

#### **2.10. G Toleransını Etkileyen Biyolojik Faktörler:**

Kişinin kardiyovasküler sistemi, G esnasındaki yorgunluk düzeyi, fiziksel yapısı, Fiziki kondüsyon (aerobik ve anaerobik kapasite) gibi birçok faktör G toleransını etkiler. G toleransını etkileyen 4 faktör vardır; bunlar boy, vücut yağ tabakası, kalp hacmi ve kas kitlesi olup, birbirleriyle ilişkileri şu biçimde formüle edilmiştir : "G-Toleransı, kişinin boyu ve vücut yağ tabakası yüzdesi ile ters; kalp hacmi ve kas kitlesi ile doğru orantılıdır" (18).

#### **2.11. G Toleransını Etkileyen Çevresel Faktörler:**

**Isı ve dehidratasyon:** Jet pilotları görevlerini icra ederken ısı artışına sıklıkla maruz kalırlar. Hipertermi, vazodilatasyona neden olur. Bunun sonucunda vasküler direnç ve kan akımı azalır. Düşük periferik direnç ve azalmış merkezi kan hacmi arteriyel kan basıncını azaltacak olup aynı zamanda akselerasyona maruz kalmak daha da düşürecektir. Bu durum

pilotun G toleransını düşürecektir. 1C<sup>0</sup> lik vücut ısısındaki artış akselerasyon sırasında blackout görülme seviyesini %30-40 arttırır (19).

Soğuk G toleransını hafif şekilde arttırmaktadır. Cilt ısısı 25 santigrad dereceye düştüğünde, yani titrerken G toleransı 0.4G artar. Ancak bunun, bilimsel araştırmalar dışında G toleransını arttıran bir yöntem olarak pratikte kullanılması düşünülemez.

**Beslenme:** Beslenme uçucular için dikkat edilmesi gereken önemli bir konudur. Kan şekeri konsantrasyonunun düşmesi G toleransını düşürür. Kan glukozundaki %50 azalış Blackout eşiğini yaklaşık 0,6 G azaltır (19). G toleransı açısından uçucuların beslenmesinde kan glikoz seviyesini devamlı sabit veya yüksek tutan gıdalara ağırlık verilmelidir. Kan glukoz seviyesini aniden yükselten gıdalar daha sonrasında artan insülin seviyesi ile birlikte hipoglisemi atağına sebep olacağından tercih edilmemelidir (5).

Sodyum (Na) kaybı ile gelişen dehidratasyon, hızlı yükselen oranlı (Rapid Onset Rate - ROR) ve GOR toleransında belirgin bir azalmaya neden olur. Örneğin, 60 gün 10 mEq. gibi düşük miktarda sodyum alınırsa plazma volümü %16 azalır. Bu da "relaxed GOR G toleransında" 0.5G' lik bir azalmaya neden olur (9)

**Alkol Kullanımı:** Alkol alınması G toleransını azaltır. 110mL'lik viski dozu Grayout eşik değerini 0,1G - 0,4G azaltmaktadır (19). Bunun sebebi etil alkol kaynaklı vazodilasyon ve psikomotor merkezin depresyonudur. Kandaki alkol seviyesi sıfır değerine dönse de etil alkolün yarattığı dehidratasyon G toleransının düşmesinde etkili olmaktadır. Ayrıca alkole bağlı psikomotor performans bozukluğu da G toleransına negatif etki etme ihtimali yüksektir (5).

**Hiperventilasyon ve Hipoksi:** Hiperventilasyon yanlış yapılmış AGSM veya anksiyete nedeniyle oluşabilir. Hiperventilasyon G toleransını belirgin bir şekilde azaltır. 2 dk. boyunca yapılan kuvvetli hiperventilasyon kandaki karbondioksit parsiyel basıncını 20-25 mmHg (2,6 – 3,3 kPa) kadar indirir. Bu da Greyout eşiğini 0,6G düşürür (19). Bazı pilotlarda +3G'de hafif derecede hiperventilasyon bilinç kaybı yarattığı bildirilmiştir (5). Hiperventilasyona bağlı hipokapnide serebral vasküler direnç artışı nedeniyle serebral kan akımı

hızında azalma ve beyin seviyesi arteriyel kan basıncında bir düşüş gerçekleşir. Araştırmalar %5-10 oranında karbondioksit solunması G toleransını belirgin derecede arttırdığı fakat şiddetli baş ağrısına neden olmasından dolayı pratikte kullanılmadığını göstermiştir (5).

Normal işleyen yaşam destek üniteleri olduğu sürece hipoksi pek sık gözlemlenmez. Ancak oksijen destek ünitelerindeki bir arıza nedeniyle pilotlarda gelişen hipoksik durum pilotun G toleransını önemli derecede etkiler Hipoksinin G toleransını azaltıcı etkisi vardır. 10.000 fit irtifaya eşdeğer hava solunduğunda blackout eşik değeri 0,5G azalmaktadır. Bu irtifanın altı oksijen desteksiz görev yapabilen güvenli bölge olarak tarif edilir. Arteryel oksijen basıncının 70 mmHg (9,3 kPa) düşürülmesi blackout eşiğini 0,6G azaltır. Daha ağır hipoksik koşulda (7,3 kPa, 55 mmHg) blackout eşiği 0,8G-1,2G azalır (19).

**Cinsiyet ve Vücut Morfolojisi:** Kadınların boy ortalamalarının erkek boy ortalamalarına kıyasla daha düşük olması ve kalp ile baş seviyesi arasındaki mesafenin daha kısa olmasından dolayı G toleransında bir farklılık gösterilebilir. Ayrıca kadınların dinlenme durumundaki arteriyel kan basınçları erkeklerinkinden daha düşüktür. Bu tür farklılıklar ile yaş, diyet v.b özellikler her iki cinsiyette farklılık gösterebileceklerinden dolayı bu özelliklere bakarak hangi cinsiyetin G toleransı daha iyidir şeklinde bakmak doğru olmayacaktır. Yapılan araştırmalar kadın ve erkek cinsiyetin G toleransları arasında fark olmadığını göstermiştir (20,21).

**Push-Pull Etkisi:** 0G veya negatif G' nin hemen ardından pozitif G'ye maruz kalındığında G toleransı önemli ölçüde azalmakta ve oldukça düşük G seviyelerinde bilinç kaybı (G-LOC) ortaya çıkabilmektedir. Bu fenomene "**push-pull effect**" (itme çekme etkisi) ismi verilmektedir ( 22).

Pilot rölatif  $-G_z$  (0 ve  $-1G_z$  aralığı) veya  $-G_z$  maruz kaldığında saniyeler içinde parasempatik aktivite aktive olur ve uçucuda bradikardi, kalbin negatif inotropik etkisinde azalma ve periferik vazodilasyon meydana gelir. Eğer pilot  $-G_z$  maruziyeti sonrasında hemen  $+1G_z$  üstünde bir manevra yaptığında kan baş bölgesinden ekstremitelere doğru hızlı bir kayma yapacaktır. Çünkü  $-G_z$  den dolayı gerçekleşen vazodilasyon intravasküler boşluğu arttırmıştır. Bu sebepten dolayı baş seviyesindeki kan basıncı düşüşü daha dramatik

olacaktır. Bu koşullarda gerçekleşecek olan kompensatuvar cevap mekanizması en az 8-10sn süre sonra gerçekleşecektir. Bu süre –Gz'in şiddeti ve süresiyle doğru orantılıdır. Beyin hücrelerinin hipoksiye dayanıklılık süresi 4-6sn. olduğu göz önüne alındığında, +Gz ye bağlı semptomların oluşma potansiyeli beklenenden daha düşük +Gz seviyelerinde ortaya çıkacaktır (5).

## **2.12. Akselerasyon Kuvvetlerinin Etkisinden Korunma Yöntemleri**

Dik oturur pozisyonda, bir kişinin G toleransı yaklaşık + 4G' dir. Ancak +9G kapasiteli savaş uçaklarında uçması beklenen pilotların G toleranslarını ortalama 5G daha arttırmaları gerekmektedir. Bunu sağlayabilmek üzere bazı sistem ve yöntemler geliştirilmiştir.

### **2.12.1. Anti - G Suit:**

+Gz maruziyeti sırasında kanın vücudun alt bölgelerine doğru hızla yer değiştirmesini veya vücudun alt bölgesinde göllenmesini engelleyerek kalp seviyesinde hidrostatik basıncı arttırmak için geliştirilmiş bir giysidir. Çalışma prensibi açısından Hidrostatik ve pnömatik anti-G suit olarak adlandırılan 2 tip anti-G suit vardır. Su ile çalışan hidrostatik anti-G suitler daha yavaş reaksiyon vermeleri, ısı artışı ile ilgili sorunlar ve giyilmesinin zorluğu nedeniyle günümüzde yerini pnömatik anti-G suitlere bırakmıştır.

Günümüzde kullanılan anti-G suit'lerin prototipi David M. Clark, Dr.E.J.Baldes ve Earl Wood tarafından geliştirilmiştir. Hareket kabiliyetini arttırmak ve ısı yükünden korunmak için kasık ve diz bölgesinden kesik, kişiye göre ayarlanabilen bu giysi, şişirilen 5 tane keseden oluşmaktadır (şekil 2.15). Abdominal bölgede bir adet, her iki bacak uyluk ve baldır bölgesinde dört adet olmak üzere beş adet hava yastığı G maruziyeti sırasında şişmektedir. G suit için gerekli olan hava desteği uçak tarafından üretilerek bir hortum vasıtasıyla G suite iletilmektedir.



Şekil 2.15. Anti-G suit ve hava keseleri bölgeleri (35).

G toleransında maksimum 1-1,5G'lik bir kazanım sağlarken, uygun bir AGSM ile birlikte kullanıldığında bu etki daha da fazla olacaktır (5). Anti-G suitler etkilerini farklı etki mekanizmalar üzerinden gösterirler. Mekanik doku kompresyonu yaparak ve periferik arter direncini arttırarak kanın alt bölgede göllenmesini engellerler. Kanın toraksa dönüşü arttırarak kalp debisini arttırırlar. Bunun tamamen etkili olabilmesi için sistemin hızlı çalışması ve 1sn içinde %90 oranında cevap vermesi gerekmektedir (5). G suitin abdominal hava kesesi diyafragmanın daha da aşağıya inmesini engelleyerek beyin kalp mesafesini kısaltarak G toleransına etki göstermektedir. Ayrıca anti-G suit, venöz dönüşü arttırmak yoluyla da kalp debisini destekler. Bunun da yorgunluğu azalttığı kabul edilir.

Anti-G suitler ROR ve GOR toleransına 1-1,5G katkı sağlar. Bu nedenle +5Gz relaks G toleransı olan bir pilot anti-G suit ve uygun bir AGSM ile +9GZ ile +10GZ arasında bir G maruziyetini tolere etmesi beklenir (4).

### 2.12.2. İleri Teknoloji Anti- G Suit' ler (ATAGS)

ABD Hava Kuvvetleri Brooks Hava Üssü Armstrong Laboratuvarı bilim insanları tarafından 1988 yılından itibaren hem insan santrifijü hem de F-15/ F-16 uçaklarında geliştirilen yüksek G kuvvetlerine dayanıklılığı arttıran bu suite ATAGS (Advanced Technology Anti-G Suits ) denmektedir. İleri



teknolojiye uygun olarak özel bir kumaştan imal edilen bu G-suit'ler yukarıda göğüs hizasından başlamakta, karın boşluğunun tamamını sarmakta, bacakları tamamen çevrelemekte ve ayağa giyilecek botlarla ayak ve bilek bölümlerini de içine almaktadır. Bu sayede daha büyük bir vücut bölümü sarılmakta, böylece yüksek ve devamlı G' ye maruz kalınan manevralarda kanın vücudun alt yarısında göllenmesini önlemekte ve muhtemel G-LOC' a daha az müsaade edilmektedir. Karın boşluğunun tamamını, pilotu rahatsız etmeyecek şekilde saran "Abdominal Kısım", bacakları boylu boyunca çepeçevre saran ve tam olarak basınçlayan "Bacak Kısımları", ayakların basınçlamasını sağlayan ilave ayak basınç çorapları; "Ayak Kısımları" mevcuttur (Şekil 2.16).

Bu özellikleriyle vücudun alt yarısını tam olarak saran sistem, yüksek G altında kalındığında kanın vücudun alt kısmında göllenmesini engellemekte; kalbe dönmesini, arteriyel sisteme girmesini ve sonuçta beyin perfüzyonunu sağlamaktadır. Böylece G toleransı artmakta, yüksek G kuvvetlerinde yapılması gereken kuvvetli anti-G straining manevrasına daha az gerek kalmaktadır. Dolayısıyla yorgunluk azalmakta, performans artmakta, yüksek G nedeniyle meydana gelebilecek G-LOC ihtimali azalmaktadır.

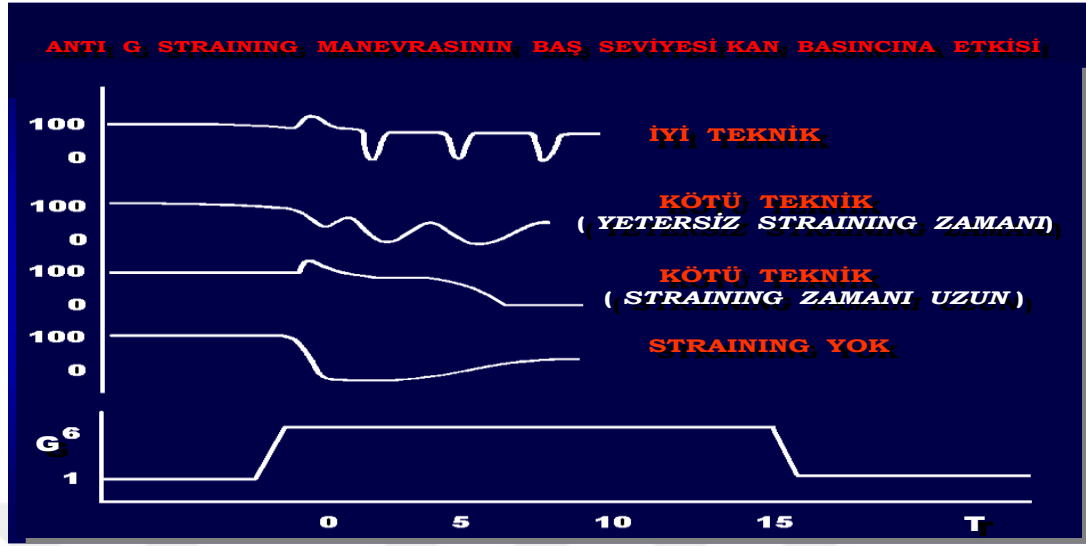


Şekil 2.16. İleri Teknoloji Anti-G Suit'ler (Advanced Technology Anti-G Suits-ATAGS) (37).

### 2.13.3. Anti - G Straining Manevrası ( AGSM )

2. Dünya savaşı başlangıcında, savaş uçağı pilotlarının yüksek G manevraları esnasında kendilerini blackout ve G-LOC olmaktan kurtaracak düzeyde G toleranslarının olmadığı ortaya çıktı. Hava taktik muharebeleri sırasında pilotların G toleransı önem arz etmesi nedeniyle bu konuda yoğunlaşıldı. Bu araştırmalar sırasında, kısmen kapalı glottise karşı zorlu ekspirasyon ile koordineli olarak istemli kas kasılmasının G toleransını belirgin bir şekilde arttırdığını buldular. M-1 manevrası adı verildi. Yüksek G esnasında kısa aralıklarla uygulanan bu manevra pilotlara "Hey!" sesi tekrar ettirilerek öğretildi. 1970'li yılların sonlarına doğru ABD Hava Kuvvetleri Hava ve Uzay Hekimliği Okulu, "M-1 manevrası" nın bir varyasyonu olan "L -1 manevrasını" geliştirdi.

L-1 manevrasında istemli kas kasılmasının yanı sıra, M-1 den farklı olarak tam kapalı olan glottise karşı zorlu ekspirasyon yapılmaktadır (4). Bunun en önemli avantajı, uzun süre G' ye maruz kalındığında boğazı M-1 manevrasına göre daha az tahriş etmesidir. Genel tıpta Valsalva manevrası olarak bilinen M-1 ve L-1 manevraları günümüzde beraberce "Anti-G Straining Manevraları (AGSM ) olarak tanımlanmaktadır (23). Bu manevrada yüksek ve uzun süreli G kuvvetlerine maruz kalınması sırasında veya hemen öncesinde kol-bacak ve karın kaslarının kasılması, kısmen veya tamamen kapalı glottise karşı zorlu nefes vermeyi kapsar. Nefes alma süresi 1 saniye veya daha az sürerken, nefes tutma ve ıkınma 3-4 saniye devam ettirilerek göğüs içi basıncı yüksek tutulmaya çalışılır. Bu yöntem ile intratorasik ve intraabdominal basınç artar. Artan basınç doğrudan kalp ve büyük damarlara yansır ve sistemik arteriyel basınç yükselerek aort kapağı seviyesindeki kan basıncı artar. Artmış G maruziyetinde kan basıncı yükselerek baş seviyesindeki hidrostatik basınç azalmasını en az seviyeye indirir. Böylece serebral perfüzyon korunur. Bu manevranın kuralına tam uygun yapılması, 3G tolerans artışı sağlar (24) (Şekil 2.17). AGSM' nin hangi şekilde yapılırsa yapılsın, etkinliğini azaltan en önemli etken, bir süre sonra uçucunun yorulmasıdır. Bu nedenle G toleransı, uçucunun kas gücü ve anaerobik kapasitesi ile çok yakından ilgilidir (25).



Şekil 2.17. Anti-G straining manevrasının baş seviyesi kan basıncına etkisini gösteren grafik (9).

#### 2.12.4. G Kuvvetlerine Karşı Korunmada Pozitif Basıncılı Solunum:

Pozitif basınçlı solunum (Positive Pressure Breathing - PPB), bir regülatör vasıtasıyla solunan gaza basınçlama yapılmasıdır. Bu solunumun G toleransını attırmak üzere bir sistem şeklinde kullanılması ise, G kuvvetlerine karşı korunmada pozitif basınçlı solunum (Positive pressure breathing for G protection - PBG) olarak isimlendirilmektedir (26). Esasen 40.000 ft yüksek irtifalara çıktığında hipoksiden korunmak üzere bu sistem kullanılmaktadır ve buna "irtifaya karşı korunma sağlayan pozitif basınçlı solunum" (Positive Pressure Breathing for Altitude Protection - PBA) denilmektedir. Böylelikle aynı teknikle çalışan PBA ve PBG kullanım amacına göre farklılıklar göstermektedir.

Artan göğüs içi basınç kalbi etkileyerek arter basıncında yükselmeye yol açar. 1G koşullarında bu durumu takiben ortalama arter ve nabız basıncında önce hafif bir düşüş, 10-15 sn. sonra tekrar artış olur. PPB devam ettiği sürece ortalama arter basıncı, uygulanan solunum basıncının %50-100'ü kadar artar. Böylece PPB, beyin düzeyindeki kan basıncını koruyarak, AGSM'ye benzer bir işlev görür. Fizyolojik olarak akciğerler 20-25 mmHg. basınçta gerilirler. 80-100 mmHg. düzeyini aştığında ise yırtılmalar oluşabilir. Maske basıncı 30 mmHg. düzeyine 10-20 dakika dayanılabilir; bunun

üstündeki basınçlarda solunum güçleşir ve pilot yorulur. PPB basıncının 30 mmHg. düzeyini aşması durumunda akciğerlerin aşırı gerilmesi ve yırtılmasını önlemek üzere, “göğüs karşı basıncı” uygulanması gerekir. Ernsting bu yöntemle arteriyel basıncın daha fazla artacağını, nabız basıncının ise daha az düşeceğini kanıtlamıştır (9).

Bu sistem kullanılırken maske yüze tam oturmalı ve hiçbir kaçak olmamalıdır. Fakat bu sıkılık rahatsız edecek ve uzun süre dayanılmayacak kadar da sıkı olmamalıdır (Şekil 2.18). Bu amaçla kullanılan 2 yaygın sistem vardır. Birinci sistemde kaskın içinde ense kısmına yerleştirilmiş olan bir kese solunum basıncı ile aynı oranda şişerek kaskı arkaya doğru çekmekte, maske yüze iyice oturmaktadır. İkinci sistemde maskenin dış iskeleti ile yüze bakan kısmı arasına yerleştirilmiş olan kese şişince maskeyi yüze doğru itmektedir. Her iki sistem de bazı araştırma laboratuvarlarında denenmektedir. Bununla beraber emniyetli olarak maskenin yüze oturmasını sağlamadığı ve sistemin basıncının kişisel olarak tam bir kask ve maske uyumuna bağlı olduğu için yazarlar her iki sistemi de yeterli görmemektedirler (9).



Şekil 2.18. Pozitif Basıncılı Solunum (Positive Pressure Breathing for G Protection - PBG)

### 2.12.5. G Toleransını Arttırıcı Fiziki Kondüsyon Eğitimi

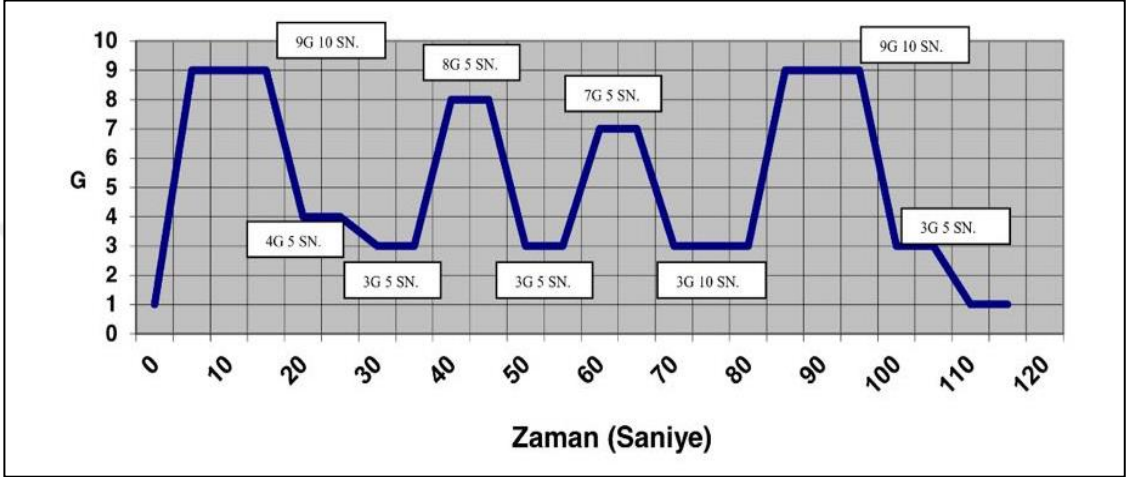
Kuvvetlendirilmiş kas gücü ve dayanıklılık, G kuvvetlerine karşı koymada uçucunun yaptığı manevraları daha az kas gücü ile yapmayı ve böylece uçuş sırasında görüşü ve bilinci korumak için daha az zihinsel çaba harcamayı sağlar. Uçuş görevleri sırasında G karşıtı germe hareketleri (AGSM) yaparken dikkat dağılması ve konsantrasyon kaybı olabileceği için, ancak iyi bir AGSM pratiğine ve kuvvetli kaslara sahip olan uçucular fazla zorlanmadan ve G-LOC olmadan bu görevleri tamamlayabilirler.

Uçucularda fiziksel performans, kavrama ve değerlendirme performansı olmak üzere iki ana başlık üzerinde durulmaktadır (28). Pilotlar, uçuş doğası bakımından yüksek bir fiziksel ve düşünsel yeteneğe gereksinim duymaktadır. Uçuş güvenliğinin sağlanması ve görevin başarıyla tamamlanabilmesi için performansın yüksek olması gerekmektedir (27). Uçakta bulunan birçok kontrol düğmesi, durum göstergesi ve silah sistemlerinin aynı anda tam bir koordinasyon içinde uçucu personel tarafından kontrol edilmesi ve kullanılması gerekmektedir. Yeterli fiziksel ve kavrama becerisinin olmaması bu görevlerin icrasını önemli ölçüde zorlaştırmaktadır.

Bilindiği gibi G toleransı anaerobik kapasitenin bir göstergesidir. AGSM hangi şekilde yapılırsa yapılsın, etkinliğini azaltan en önemli etken, bir süre sonra uçucunun yorulmasıdır. Bu nedenle G toleransı, uçucunun kas gücü ve anaerobik kapasitesi ile çok yakından ilgilidir (29,30). Dolayısıyla anaerobik ağırlıklı uygulanan antrenman programları sonucunda, kas gücünün artması ve anaerobik kapasitenin yükselişi pilotların G tolerans düzeylerini de yükseltecektir. Aerobik ve anaerobik enerji kaynakları yapılan sporun niteliğine göre değişik oranlarda kullanılmaktadır. Bu durum göz önünde bulundurularak anaerobik eşik tayininin performans değerlendirmesinde önemi sürekli vurgulanmaktadır.

ABD Hava Kuvvetlerine bağlı Hava ve Uzay Hekimliği Okulunda 24 erkek pilot üzerinde 1978'de yapılan bir araştırmada; 12 haftalık bir antrenman periyodu boyunca; ağırlık çalışması yapan, uzun mesafe koşu yapan ve antrenman yapmayan (kontrol) 3 grubun G toleransları karşılaştırılmıştır. Bu 3 grubun santrifüj laboratuvarında benzetilmiş hava

muharebesi (SACM) profili (Şekil 2.19) uçurulması ile G'ye dayanma süreleri, kas güçleri, vücut kompozisyonları ve maksimum oksijen kapasiteleri periyodik olarak ölçülmüştür. SACM toleransına dayanabilme (ortalama süre) koşanlarda ve kontrol grubunda elde edilen tecrübeden dolayı haftada 4sn artış gösterirken, ağırlık çalışan grupta haftada 15 sn artış göstermiş ve sonuç istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.



Şekil 2.19. Benzetilmiş hava muharebe manevrası (SCAM) profili (40).

Sonuç olarak G toleransını arttırmada ağırlıklı olarak anaerob egzersiz olmak koşuluyla, aerobik programlar ile destekli, antrenmanlara daha çok önem verilmelidir (31).

### 2.13. İnsan Santrifüjü Laboratuvarı (G-LAB)

G-LAB cihazı emniyetli laboratuvar şartlarında yüksek G kuvvetini yaratabilme kabiliyetine sahip bir eğitim cihazıdır (Şekil 2.20). Bu cihazda yapılan eğitimler yüksek performanslı uçaklarda uçan pilotların, G kuvvetlerine dayanıklılıkları ölçülebilmekte ve yüksek G kuvvetlerine karşı pilotların etkili ve doğru AGSM manevrasını öğrenmeleri sağlanmaktadır. Güvenlik endişesi olmaksızın, eksikliklerin pilotla tartışıldığı ve tıbbi monitorizasyon altında yapılan santrifüj uçuşları, modern havacılığın vazgeçilmez eğitim metotlarından birisidir. Maksimum +15Gz akselerasyon kapasitesi olan cihazın aynı zamanda Maksimum +6Gz/sn anlık G arttırma (ROR) kabiliyeti vardır. Eğitimde maksimum +9Gz uygulanmaktadır.



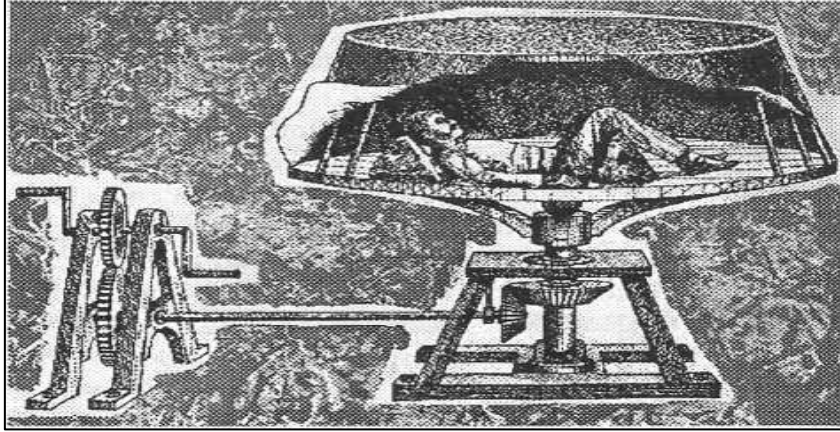


Şekil 2.20. İnsan santrifüjü cihazı iç, dış ve komuta kontrol odası resimleri (38).

### 2.13.1.İnsan Santrifüjünün Tarihçesi

Santrifüjlerin ilk modelini 1795 yıllarında Erasmus Darwin'in kullandığı söylenir. Erasmus Darwin rahatsız olan insanın değirmen taşı üstünde yatar pozisyonda döndürerek kanın baş ve ayak bölgelerinde toplanacağını ve böylelikle beynin baskı altında kalıp kişinin uyuyacağını savunmuştur (Şekil 2.21). Santrifüj, özellikle 19. yüzyılda akıl hastalıklarının tedavisinde yaygın bir şekilde kullanılmıştır. O zamanki cihazlar içindeki kişinin yatış pozisyonuna göre +/- 5 "G" kapasitelere sahipti. 19. yüzyılın ortalarına doğru kendilerini de denek olarak kullanan doktorlar tarafından akselerasyonun önemli fizyolojik etkileri anlaşılmaya çalışıldı. Bu çalışmalarda özellikle

solunum, nabız ve kan dolaşımına akselerasyonun etkileri incelendi ve değişik dolaşım hastalıklarının tedavisinde kullanıldı.



Şekil 2.21. Erasmus Darwin'in kullandığı ilk santrifüj modeli (39).

1970'lerin ortalarında F-15'ler ABD Hava Kuvvetleri filolarında uçmaya başlayınca, G-LOC'in muhtemel sebep olarak düşünüldüğü bazı uçak olayları ile kazalar, gerek pilotlar ve gerekse kaza inceleme kurulları tarafından rapor edilmiştir. Bu sebepten dolayı USAFSAM (ABD Hava Kuvvetleri Hava ve Uzay Hekimliği Okulu) yüksek performanslı uçaklarda uçan uçucular için santrifüj eğitimi önerdi. Fakat komutanlık bazı lojistik problemler nedeniyle bu öneriyi geri çevirdi. 1980'lerin başlarında G-LOC olayları F-16'da da rapor edilmeye başlandı ve 1983'te bir ay içinde G-LOC nedeniyle 2 ölümlü F-16 kazası oldu ABD Hava Kuvvetleri Komutanlığı G-LOC probleminin önemini kabul etti ve bunun üzerine uçucular için santrifüj eğitimi başlatıldı.

### **2.13.1. İnsan Santrifüjünün Türkiye'deki Tarihçesi**

Ülkemizde ilk insan santrifüjü cihazı 1991 yılında Eskişehir'de bulunan Uçucu Sağlığı Araştırma ve Eğitim Merkezinde hizmete başlamıştır. 2012 yılının mayıs ayında üretici firma ETC (Environmental Tectonics Corporation) tarafından yarı ömür modernizasyonuna başlanılmış olup 2014 yılında tamamlanarak yeni kabiliyetler ile eğitime başlamıştır. Cihaz halihazırda Uçucu Sağlığı Araştırma ve Eğitim Merkezi envanterinde G-LAB® Model G-LAB-2 Yüksek G Başlangıçlı İnsan Santrifüjü adı altında hizmet vermeye devam etmektedir.



Santrifüj Eğitiminin temel amacı, uçucunun harp kabiliyetini ve uçuş emniyetini artırmaktır. Bu amaca yönelik olarak uçucuya etkili bir anti-G manevrası öğretilerek G toleransı yükseltilir. İkincil amaçlar ise, G fiziolojisinin ve yüksek G ortamının daha iyi anlaşılması, yüksek G streslerini tolere etmede kendine güven kazanılmasıdır. Eğitime alınacak uçucuların sağlık kurulundan sağlam raporu almaları gerekmektedir. Sağlık problemleri olanlar tıbbi olarak uygun hale gelene kadar eğitime alınmazlar. Santrifüj eğitimi 1 gün sürer ve akademik eğitim programı ile başlar. Teorik eğitim yüksek G fiziolojisi, fizyolojik ve mekanik korunma yöntemleri, anti-G manevrası, eğitim profilleri ve gondolanın dizayn özelliklerini kapsar..

Bütün uçucular santrifüj eğitiminde anti-G suit giyerler. Sandalye pilotun uçtuğu uçak tipine göre ayarlanabilmelidir. F-16 pilotları için 30° geriye yatışlı sandalye, diğer uçak tipleri için 13° yatışlı sandalye ve ayarlanabilir direksiyon pedalları (rudder); kullanılır. Eğitim, hava fiziyojisi konusunda bilgili ve deneyimli fizyolojik eğitim subayı/uçuş fiziyoğu tarafından yaptırılır. Profiller sırasında eğitimin tıbbi yönünden sorumlu bir doktor (Uçuş Tabibi, Hava ve Uzay Hekimliği uzmanı) bulunmalı, EKG ve nabız değerleri izlenilmelidir. Uçucu ve eğitici arasında ses ve görüntü bağlantısı olmalı; bütün eğitimlerin, (dibrifingde kullanılmak üzere) video kaydı yapılmalıdır. Uygulamalı eğitim sonrasında (Dibrifing) kötü veya iyi yapılan bir anti-G manevrasını video gösterimini de pilot ve eğitici beraber değerlendirir.

## **2.14. Nöropsikoloji ve Bilişsel Fonksiyonlar**

Nöropsikoloji, bilişsel ve genelde zihinsel süreçlerin sinir sistemi ve özellikle de beyindeki karşılığını inceleyen disiplinler arası bir daldır. Bilimsel çalışmalar, zihin ve beynin birbiriyle etkileştiğini ortaya koymaktadır. Nöropsikolojik yaklaşım, bir anlamda, zihin hakkında bilinenlerin beyin temelinde; beyin hakkında bilinenlerin de zihin temelinde test edilmesini sağlamaktadır. Nöropsikoloji biliminde bilişsel süreçler konusundaki bilimsel veriler nöropsikolojik testler yoluyla elde edilmektedir. Bu doğası ile nöropsikoloji bilimi, bir yandan bilişsel işlevlere ışık tutabilmekte, nöropsikolojik testler yoluyla da, söz konusu işlevlerin bileşenlerine ayrıştırılması mümkün olmaktadır (41).

Nöropsikolojik değerlendirme beyin işleyişinin organizasyonunu, bu organizasyonun davranışa nasıl aktarıldığını ve özel beyin bozukluklarıyla davranışsal yetersizlikler arasındaki ilişkiyi araştırmak amacıyla yapılır. Nöropsikolojik değerlendirmede genellikle her bir zihinsel işlev tek tek ele alınır. Bunlar; genel zeka, yüksek seviye yürütücü işlevler (problem çözme, akıl yürütme, kavramsallaştırma, planlama, organizasyon vb.), dikkat ve konsantrasyon, öğrenme ve bellek, dil, görsel-uzaysal beceriler (algılama), motor-duyusal yetenekler ve kişiliktir. Tüm bu zihinsel beceriler, farklı beyin yapı ve bölgelerinin normal işleyişi ile gerçekleşir. Frontal loblarda, yürütücü işlevler gibi kendine özgü becerilerin gerçekleştirilmesine katkıda bulunmaktadır.

Bilişsel fonksiyonlar, bir durumu veya olayı algılama, anlama, yorumlama ve yanıt oluşturma gibi sinir sistemindeki süreçlerin tamamı şeklinde tanımlanabilmektedir. Sınırları çok belirgin olarak ayrılmayan ve birbiri ile yakın ilişki içinde olan, hatta bazen bir biliş fonksiyonunun tek parçası gibi çalışan alt yapılardan oluşmaktadır. Bilinç, dikkat, yönelim, algı, bellek, yargılama ve içgörü bilişsel fonksiyonların en temel olanlarıdır.

Çalışmamızda kullandığımız Time Wall Psikomotor Testi sözel olmayan bir dikkat ve karar verme testidir (46). Time-Wall görevinin amacı, sabit bir hızda dikey olarak hareket eden bir hedefin belirli bir mesafeyi ve hareket ettiği zamanı tahmin etme yeteneğini değerlendirmektir. Hareket algısı ve tahmin ile ilgili becerilere dayanır. Bu sebepten dolayı çalışmamızda incelenen bilişsel fonksiyonlar dikkat, karar verme ve görsel mekansal algıdır.

#### **2.14.1. Bellek (Hafıza)**

Bellek, yaşanılanları, öğrenilen konuları, bunların geçmişle ilişkisini bilinçli olarak zihinde saklama gücüdür. Psikolojide hafıza, bir organizmanın bilgiyi depolama, saklama ve sonrasında ise geri çağırma yeteneği olarak tanımlanmıştır. Hafızayla ilgili ilk çalışmalar felsefe alanında yapılmış olup daha çok hafıza geliştirme teknikleri üzerinde yoğunlaşmıştır. 19. yüzyılın sonlarında ve 20. yüzyılın başlarında hafıza konusu daha çok algılama psikolojisinin (cognitive psychology) paradigması içerisinde ele alınmıştır. Son yıllarda ise algılama psikolojisi ve nörolojik bilimler ile bağlantılı bir bilim dalı olan algısal-nörolojik bilimlerin başlıca dallarından biri haline gelmiştir.

Hafızanın sınıflandırılmasında süreye, bilginin doğasına ve geri çağırılmasına bağlı olan birkaç sınıflandırma yolu vardır. Bilgi işlem prosedürü perspektifinden bakıldığında hafızanın oluşturulması ve bilginin geri çağırılmasında üç ana safha vardır:

1. Kodlama ve kaydetme (Alınan bilginin işlenmesi ve birleştirilmesi)
2. Depolama (Kodlanan bilginin sürekli bir kaydının oluşturulması)
3. Geri çağırılma veya hatırlama (Aktivite veya işlem sonucu oluşan ipucunun bilgiyi depodan geri çağırması veya hatırlatması)

#### **2.14.1.1. Duyusal Bellek**

Bir nesne algılandıktan sonra ilk 200-500 milisaniye (kişiden kişiye değişebilir) içerisinde duyusal hafıza devrededir. O nesneye bakabilme ve bir iki saniyelik gözlem sonrasında neye benzediğinin hatırlanması veya ezberlenmesi duyusal hafızanın örnekleridir. Denekler, kendilerine çok kısa bir süre için gösterilen nesnelere hakkında genellikle gözlem sonrası hatırlayıcı rapor edebileceklerinden daha fazlasını gördüklerini iddia ederler.

#### **2.14.1.2. Kısa Süreli Bellek**

Duyusal hafıza ile elde edilen bilginin bir kısmı kısa süreli hafızaya iletilir. Kısa süreli hafıza hatırlama denemesi veya prova yapmadan birkaç saniye içerisinde bazen bir dakikaya kadar geri çağırılabilme mümkün kılabilir. Fakat bunun da kapasitesi çok sınırlıdır. George A. Miller Bell laboratuvarlarında yaptığı deneylerde kısa süreli hafızanın depolama kapasitesinin  $7 \pm 2$  nesne olduğunu meşhur "Sihirli sayı:  $7 \pm 2$ " listesiyle göstermiştir. Günümüzde yapılan tahminler ise kısa süreli hafızanın kapasitesinin daha az (4-5) olduğu yönündedir kadar. Ancak gruplama yoluyla artırılabilirliğini de belirtmektedir.

#### **2.14.1.3. Uzun Süreli Bellek**

Kısa süreli hafıza ve duyusal hafızaya zıt olarak, uzun süreli hafızada daha çok bilgi uzun süreler boyunca (bazen ömür boyu) saklanabilir. Örneğin, 7 haneli bir sayıyı okuduktan birkaç saniye içerisinde hemen unutulabilir ve kısa süreli hafızada ancak bu kadar tutulmuş olur. Ancak telefon numaralarını tekrar yoluyla ezberleyip yıllar boyunca ezberde tutabiliriz ki bu da uzun süreli hafızada depolanmasından kaynaklanır. Kısa

sürelî hafıza şifrelemeyi akustik olarak yaparken, uzun sürelî hafıza semantik olarak (anlamsal) şifreleme yapar.

#### **2.14.1.4. Çalışma Belleği**

Çalışma belleği (İngilizce: working memory), bellekte temsillerin geçici olarak tutulduğu ve üzerlerinde manipülasyonların yapıldığı bellek bileşenidir. Kimi araştırmacılar çalışan bellek ve kısa sürelî bellek terimlerini aynı anlama gelecek şekilde kullanırken bazı araştırmacılar için çalışan bellek, bellek temsillerinin depolandığı ve manipüle edildiği bileşen olarak, temsillerin yalnızca depolandığı kısa sürelî bellekten farklılık gösterir veya araştırmacılar benzer süreçlerin farklı yanlarına vurgu yaparken farklı terimler kullanmayı tercih ederler. Bunun yanı sıra, kimi bellek modellerince, çalışan belleğin uzun sürelî bellek temsilleri üzerinde çalışma becerisinin oluşuyla da çalışan bellek, yalnızca depolama işleviyle tanımlanan bir kısa sürelî bellek bileşeninden ayrıştırılabilir. Daha keskin bir görüşe göreyse, çalışan bellek kısa sürelî bellekten ayrıştırılabilir bir bileşendir ve yalnızca dikkatle ilgili işlevlerle ilgilidir.

#### **2.14.2. Dikkat**

Düşünceyi belli bir şey üstünde yoğunlaştırabilme gücüdür. Dikkat, bilincin odağıdır. Nesnel olarak, bütün duyumsal ya da belleğe yerleştirilmiş bilgilerden, daha sonra kullanmak için bir bölümünü seçmeyi gerektirir. Bir toplantıda konuşan çeşitli kişiler arasında yalnızca birini dinlerken bir resme bakarken şekilleri dikkate almaksızın yalnızca renklere yoğunlaşırken, kalabalıkta bir tanıdığı ararken ya da akıl bir problemi çözmeye yoğunlaştırılırken, farklı verimlilik derecelerinde farklı dikkatler söz konusudur. Bireyin seçmek zorunda kalması algılamanın, düşünmenin ya da birçok şeyin aynı anda yapmanın bir sınırı olduğunu gösterir.

Dikkat, odak ve bilgi işleme akışını kontrol eden bir süreçtir. Dikkatin nöroanatomik bölgelerden kaynaklanan birçok yönü vardır. Dikkati, seçicilik, kapasite ve sürdürme becerisi olarak 3 ayrı parçada incelemek mümkündür. Seçici dikkat, dışsal uyarın ya da içsel temsiller üzerine metaforik olarak bir sahne ışığıyla odaklanmasıdır. Seçicilik üç boyutta yaşanır. Filtre etme (belli uyarana odaklanma), bütüne odaklanma, tasnif etme... Sürdürülen

dikkate Vijilans denir ve birkaç dakikadan birkaç saate kadar uzayan bir süreyi temsil eder. Nöropsikolojik bataryalarda dikkati bu açılardan değerlendirmek mümkün olmaktadır. Dikkatin geliştirilmesi ise dikkat gerektiren uyanlarla karşılaşmanın denetlenmesine bağlıdır.

### **2.14.3. Algı**

İnsanın yapay çevresi ile uyumu, dış fiziksel uyarılara (etkilere) karşı tepki göstererek biyolojik, fizyolojik ve psikolojik bir denge kurması ile mümkün olabilir. İnsanın bu uyumu gösterebilmesi öncelikle çevreyi tanımasını, kısaca algılamasını gerektirir (42). İnsan bir algı, biliş ve davranış mekanizmasıdır. Algı, duyu yoluyla çevreden bilgi edinme eylemi; biliş, algılanan şeyin uyumlandırılıp kavranmasıdır (43). Algılama, duyu yardımıyla bilgi ve tecrübelerin yorumlanma sürecidir.

Algı, insanların çevresi ile etkileşim içinde olduğu ve duyu yoluyla sürekli olarak çevresinden bilgi aldığı aktif bir olaydır. Çevreden toplanan bu algıları %80'inin görme yoluyla beyne iletildiği düşünülürse, göz-beyin arasında gerçekleşen iletim, çevreden bilgi almanın en etkili yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Algı duyu organlarının fiziksel uyarılmasıyla oluşan sinir sistemindeki sinyallerden oluşur. Örneğin; görsel algı gözün retinasına düşen ışık, işitsel algı kulağa gelen ses ile oluşur. Fakat bu sinyallerin pasif olarak alınmasıyla değil öğrenme, hafıza ve beklenti ile şekillendirilmiş haline algı denilmektedir.

Bizim çalışmamızda kullandığımız Time Wall psikomotor testinde algının; görsel ve mekansal algı bileşenleri değerlendirilmiştir.

#### **2.14.3.1. Görsel ve Mekansal Algı**

Bir mekân oluşturulması için onun mutlaka her yönden kesin engellerle sınırlanmış olması gerekmez. Bir mekânı bir hacimden ayıran en önemli fark da aslında bu noktada ortaya çıkmaktadır. Mekânı oluşturan sınırlama, hareketi önleyici şekilde fiziksel olabileceği gibi yalnızca başka duyuyla algılanabilecek biçimde, örneğin sadece zemindeki bir doku gibi görsel de olabilir. Önemli olan mekânın net veya net olmayan sınırlarının algılanabilir olmasıdır. Mekân algısı ele alınırken her ne kadar ilk başta görme duyusu

kaynaklı algıya ağırlık verilse ve diğer duyumlama şekilleri ihmal edilse de, algılama aslında tüm duyulardan farklı oranlarda etkilenir.

Mekan algısı psikolojisi temel olarak; kişinin mekan içerisinde veya çevresinde kısa veya uzun süreli deneyim kazanması ve bu doğrultuda mekanın hatırlanması ile ilgilidir. Bu deneyim hareket ve zaman kavramına bağlı olarak değişir ve gelişir. Aynı zamanda kişinin mekan içindeki konumunun mekansal ilişkileri çözümüyle de bağlantılı olduğu gözlenmiştir (44).

Görsel algı, algılanan kavramı görsel özellikleri çerçevesinde duysal ayırimsama yoluyla seçme, düzenleme, tanımlama gibi bir takım yaklaşımları içermektedir. Bir başka deyişle görsel algılama, bireylerin kavramlara ilişkin farkına varma sürecidir. Görsel algı süreci Gal ve Linchevski" ye göre ise duysal ve zihinsel süreçlerden gelen görsel bilgilerin algılanması ve işlenmesi süreci olarak tanımlanmaktadır (45).

#### **2.14.4. Yürütücü işlevler**

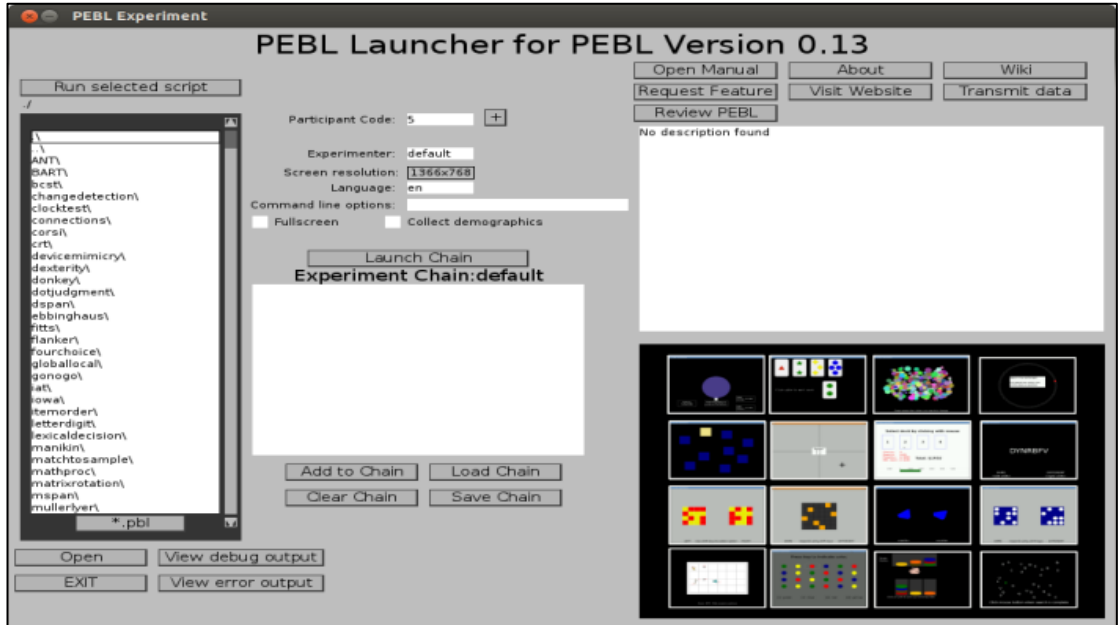
İnsanın yapmayı dilediği şeyleri başarabilmesi için amaçlarına yönelik davranışları düzenleyebilme becerisidir. Bilişsel psikoloji literatürünün önemli kavramlarından biri olan yürütücü işlevler, amaca yönelik davranışın gerçekleştirilmesinde dikkatin odaklanması, planlama, strateji kurma, çalışma belleğinde ilgili bilginin kodlanması ve işlenmesi, ardışık görevlerde bir sonraki basamağın belirlenmesi olarak tanımlanmaktadır. Yürütücü işlevler, bireyin amacından uzaklaşmasını önler, amacı hatırlatır, amaca ulaşmak için gerekli basamakları takip etmesini sağlar.

İyi bir yöneticinin sahip olması beklenen karar verebilme, problem çözebilme, hedef ve öncelik belirleme, strateji geliştirme vb. beceriler aslında bir çocuğun üstüne düşen görevleri yerine getirmesi için yapması gereken beceriler ile aynıdır. Yürütücü işlevler, tüm diğer becerilerde olduğu gibi basitten karmaşığa doğru gelişme gösterir. Yürütücü işlevlerin gelişimi ve kullanılması bireyden bireye farklılık gösterebilir. Yürütücü işlevler tam olarak işlemediğinde bireyin akademik ve sosyal hayata uyumu olumsuz olarak etkilenmektedir.

## 2.15. Kognitif ve Psikomotor Fonksiyonların Ölçülmesi: Psychology Experiment Building Language (PEBL)

PEBL psikolojik davranış testlerinin uygulanabildiği, tasarlanabildiği ve paylaşılabilirliği araştırmacılar ve klinisyenler için açık kaynak kodlu bir yazılım sistemidir. Esasında deneysel bir ortamda çalışan bir programlama dilidir. Çapraz bir platform özelliğinde, C++ programlama dilinde yazılan, Flex/Bison derleyici kullanılan program kodu ile uyarı sunumu, cevap toplama ve veri kaydetme fonksiyonları yorumlanabilmektedir. PEBL, GNU public lisans 2.0 ile lisanslandırılmıştır ve kullanıcılar bu sayede lisans kaygısı olmadan bu yazılımı istedikleri kadar bilgisayara yükleyebilme ve paylaşma imkânlarına sahiptir. PEBL test bataryası yaklaşık 80 adet kabul edilmiş davranış testi içermektedir (Şekil 2.22).

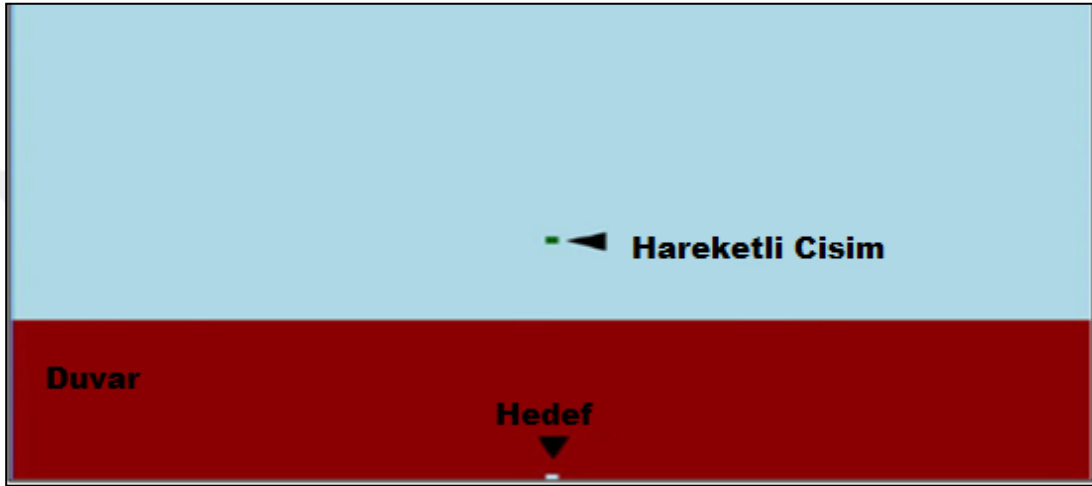
PEBL deneyleri söz konusu testlerin ne şekilde çalışacağını belirlenebildiği (ekran çözünürlüğü, katılımcı kayıt kodu vb.), test zinciri şeklinde testlerin ardı sıra başlamasına olanak veren başlatıcı bir yazılım arayüzü ile çalıştırılmaktadır. Bu arayüz yazılımının ekran görüntüsü Şekil 1.21'da gösterilmiştir. PEBL test bataryasında soru-cevap tabanlı kişilik testlerinden daha ziyade sayısal tabanlı kognitif ve psikomotor testlere ağırlık verilmiştir. Söz konusu testler dikkat, bellek ve yürütücü kontrol işlevlerini değerlendirmeye yönelik tasarlanmıştır.



Şekil 2.22. PEBL test bataryası ana sayfa fotoğraf görüntüsü.

### 2.15.1. Time Wall Kognitif Fonksiyon Testi

Time-Wall, sabit bir hızda dikey olarak hareket eden bir hedefin belirli bir mesafeyi geçeceği zamanı değerlendirmeyi içeren dikkat ve karar verme görevidir (Şekil 2.23). Katılımcının yanıt süresi ile doğru süre arasındaki farkın doğru süreye bölümü sonucundaki mutlak değer olarak (Minimum = 0.00) tanımlanan hata, birincil bağımlı ölçümdür. Doğru süre her 10 denemeden sonra elde edilen geri bildirimle ("Çok kısa" veya "Çok uzun") 2.0 ile 9.2 saniye aralığında değişmektedir.



Şekil 2. 23. Time Wall Psikomotor Test Görüntüsü.

Görev talimatı şu şekildedir;

Bu testin amacı hareketli bir kare hedefin hızını ne kadar iyi tahmin edebildiğinizi görmektir. Kare şeklindeki hedef her seferinde ekranın üstünden başlayarak ekranın altına doğru sabit bir hızda inecektir. Hedef, mesafenin üçte ikisini geçtikten sonra bir duvarın arkasından geçip görünmez olur. Sizin göreviniz, hareketli hedefin ekranın alt kısmında işaretlenmiş çentikten geçtiği anda bir düğmeye basmaktır. Bu kararı verirken, kararınızı kolaylaştırmak için saymamalı veya başka herhangi bir ritm yöntemini kullanmamalısınız. Bunun yerine, hedefi gözlerinizle takip edin ve duvarın arkasından düz bir şekilde çentiğe doğru devam ettiğini hayal edin. Tuşa bastıktan sonra, hedefin gerçekte nerede olduğuna, zaman aralığını aştığınıza veya eksik tahmin ettiğinize dair geri bildirim alacaksınız. Hazır olduğunuzda klavyedeki bir tuşa basın ve bir sonraki hedef üst kısımdan ortaya çıkacaktır.



## GEREÇ VE YÖNTEM

Bu araştırma, uçuş görevlerini icra eden pilotların sık sık karşılaştıkları, görevin başarısını ve uçuş emniyetini doğrudan etkileyen akseleratif kuvvetlerin bilişsel fonksiyonlar üzerindeki etkisini araştırmak üzere anket ve bilgisayar destekli psikomotor test ile yapılmış klinik araştırmadır. Gülhane Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu kararı ile onayı alınan araştırmanın, etik kurul izni Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından verilmiştir.

Çalışmamız, Uçucu Sağlık Araştırma ve Eğitim Merkezi envanterinde bulunan G-LAB® Model G-LAB-2 Yüksek G Başlangıçlı İnsan Santrifüjü'nü destekleyen cihazda yapılmıştır. Bu cihaz sabit bir ekseninde dönme hareketi yaparak suni bir akselerasyon kuvveti oluşturmaya yarayan bir cihazdır. G-LAB-2'nin tasarımı, manüel operasyon sırasında ya da önceden programlanmış bir eğitim profili sırasında komut verilmiş olan bir G seviyesini muhafaza etme becerisi ile hızlı G başlangıçları için gerçekleştirilmiştir. Bu durum da, Anti-G Gerginlik Manevrasının (AGSM) ve/veya Pozitif Basıncılı Sonulum (PPB) tekniklerinin, yüksek G koşulları altında iken pratik yapılmak sureti ile öğrenilmesine izin verir (Şekil 2.24).



Şekil2.24. İnsan santrifüjü cihazı ve cihaz kontrol odası

Araştırmamızda kullanılan diğer bir cihaz ise; Klavyeli ve dokunmatik ekranlı tablet bilgisayar, 1.33 GHz işlemci ve 2GB Ram olup işletim sistemi Microsoft® Windows 8.1dir. Tablet bilgisayar üzerine Psychology Experiment

Building Language (PEBL) 0.13 versiyonu test yazılımı ile bu yazılımda zincir şeklinde programlanmış Time Wall psikometrik test bataryası yüklenmiştir. Psychology Experiment Building Language (PEBL) psikolojik davranış testlerinin uygulanabildiği, tasarlanabildiği ve paylaşılabilirdiği araştırmacılar ve klinisyenler için açık kaynak kodlu bir yazılım sistemidir.

Bu araştırmada, halen Türk Silahlı Kuvvetleri'nde görev yapmakta olan ve 4 yıllık periyodik muayene sonrasında Uçuş Fizyolojisi Eğitim Merkezine eğitim için başvuran 40 yaş altı, 29 sağlıklı, gönüllü erkek F-16 ve F-4 pilotlarına yapıldı. Uygulamalar sırasında, çalışmaya katılan her pilot ile birebir görüşülmüş, anlaşılmayan kısımlar tekrar açıklanmış ve katılımcıların çalışmayla ilgili farkındalığı sağlanmıştır.

Pilot katılımcılar, Yunus Emre Devlet Hastanesi 2 Eylül binasındaki Uçucu sağlık kuruluna başvurarak gerekli tetkik ve muayenelerini tamamladılar. Uçucu Sağlık Kurulundan "Uçuşa Elverişlidir" kararı alan pilotlar uçuş fizyolojisi eğitimi almak üzere Uçucu Sağlığı Araştırma ve Eğitim Merkezi (USAEM) sevk edilmiştir. Sağlık Kurulundan Onay alamayan uçucular araştırmaya dahil edilmemiştir. Katılımcılar, alışma hakkında detaylı olarak bilgilendirildikten sonra sağlık öykülerinin, özgeçmişlerinin, demografik bilgilerinin, sigara kullanıp kullanmadıklarının, uçuş saatlerinin ne kadar olduğunun sorgulandığı bir anket doldurdular. Ayrıca katılımcılara, Beck Depresyon Anketi, Fagerström Nikotin Bağımlılık Testi ve Berlin Uyku Bozukluğu Testi uygulandı. Araştırmaya başlamadan önce katılımcılara TC Sağlık Bakanlığı'nın "Asgari Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Onam Form" verildi ve onayları alındı.

Katılımcı personele bir gün öncesinden 30dk. süren, araştırmanın amacı ve nasıl yürütülmesi gerektiği konusunda bilgilendirme brifingi yapıldı. Bu brifingde ayrıca araştırmada kullanılacak olan "Time Wall" testi tanıtıldı. Bir gün öncesinden kafein ve türevleri ihtiva eden içeceklerden kullanmamaları, teste girmeden en az 12 saat önce sigara ve türevlerini kullanmamaları konusunda uyarılarda bulunuldu.

Araştırmanın yapılacağı gün katılımcılara G-LAB başında, cihazın tanıtımı ve yapılması gerekenler konusunda 10dk süren brifing verildi. Sandalye açısı 13 dereceye ayarlanarak, pilot 3 nokta bağlantısı ile sandalye bağlandı. Yardımcı personel tarafından EKG probrları takılan uçucunun sol el

işaret parmağına nabız verileri almak üzere nabız ölçer takıldı. Sol koldan tansiyon ve nabız ölçümü yapılarak değerler kayıt altına alındı. Eğitim öncesinde katılımcılara dokunmatik tablet bilgisayarda yüklü olan PEBL (The Psychology Experiment Building Language) tabanlı toplam tamamlama süresi 3 dakikayı geçmeyen "Time Wall" kognitif ve psikomotor testi uygulandı ve bu test skorları bazal değerler olarak kaydedildi. Daha sonra katılımcı rutin fizyolojik eğitim profili olan relax G ve 15sn 7G'lik, yaklaşık 6dk süren G-LAB profilini icra etti. Eğitim bitiminde katılımcı cihazdan çıkmadan tekrar tansiyon ve nabız değerlerine bakılarak akabinde "Time Wall" kognitif ve psikomotor testi tekrarlandı ve bu test skorları kaydedildi (G maruziyeti bitimiyle, katılımcıya uyguladığımız "Time Wall" kognitif ve psikomotor testi arasındaki zaman her katılımcıda 1dk yi geçmeyecek şekilde ayarlandı).

Çalışma verileri Microsoft excel programında düzenlemip SSPS programında analiz edildi. Komogrorov-Simirnov Normal dağılıma Uygunluk testi (Normality test) uygulandı. Gruplar arası değerlendirmede normal dağılım gösteren sürekli değişkenler bağımsız gruplarda (Independent Samples) t Test ile normal dağılım göstermeyen sürekli değişkenler ise Nonparametrik Mann-Whitney U testi ile analiz edildi. Grup içi değerlendirmede öncesi ve sonrası verileri arasındaki farkların karşılaştırılmasında normal dağılım gösteren veriler Paired t test ile Normal dağılım göstermeyen veriler ise Wilcoxon T testi ile analiz edilmiştir (36).

## BULGULAR

Çalışmamız, Uçucu Sağlığı Araştırma ve Eğitim Merkezi'ne 4 yıllık periyodik fizyolojik eğitim için başvuran 29 gönüllü erkek pilot katılımıyla gerçekleştirilmiştir. Katılımcılara, demografik, sosyal ve alışkanlıklarını sorgulayan 6 soruluk bir anket formu, "Fagerström Nikotin Bağımlılık Testi", "Beck Depresyon Anketi" ve "Berlin Uyku Bozukluğu Testi" uygulanmıştır. Kognitif ve psikomotor fonksiyonları değerlendirmek amacıyla "Time Wall" testi uygulanarak veriler toplanmıştır.

Katılımcıların yaşlarına göre frekans dağılımı Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Pilotların yaş gruplarına göre dağılımı.

Yaş Grupları (Yıl)	Pilot Sayısı (N)	Yüzde (%)
<=24	2	6,89
25-29	7	24,19
30-34	7	24,19
35-39	12	41,38
40+	1	3,45
Toplam	29	100,00

Çalışmaya alınan pilotların yaşları 24-40 yaşları arasında olup ortalama  $32,83 \pm 4,856$  yıldır. Uçuş saatleri ise 0 saat ile 3250 saat arasında olup, ortalama  $1534,04 \pm 1188,974$  saattir (Tablo 4.2).

Tablo 4.2. Pilotların yaş ve uçuş saati istatistikleri.

	Katılımcı sayısı (N)	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Yaş	29	24	40	32,83	$\pm 4,856$
Uçuş saati	29	0	3250 (Saat)	1534,04 (saat)	$\pm 1188,974$

Katılımcı pilotların boy uzunlukları 170 cm ile 190 cm arasında olup boy ortalaması  $180,24 \pm 5,22$  olarak saptanmıştır. Vücut ağırlıkları ise 66 kg ile 95 kg arasında olup ortalaması  $82,45 \pm 7,62$  kg olarak bulunmuştur. Vücut Kitle İndeksi 21,0 ile 29,4 arasında olup, ortalaması  $25,20 \pm 2,00$  dır (Tablo 4.3).

Tablo 4.3. Pilotların boy, kilo ve vücut kitle indeksleri (VKİ) ortalamaları.

	<b>Katılımcı Sayısı (N)</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maksimum</b>	<b>Ortalama</b>	<b>Standart Sapma</b>
Boy	29	170cm	190,0cm	180,24cm	$\pm 5,22$
Kilo	29	66kg	95,0kg	82,45kg	$\pm 7,62$
VKİ	29	21	29,4	25,21	$\pm 2,00$

Çalışmaya katılan pilotların nikotin bağımlılık derecelerini ölçmek amacıyla, “Fagerström Nikotin Bağımlılık Testi” bulguları Tablo 4.4’de verilmiştir.

Tablo 4.4. Nikotin bağımlılık seviyesi

	<b>Fagerström Skoru</b>	<b>Kişi sayısı</b>	<b>Yüzde (%)</b>
Sigara kullanan	1	2	6,9
	2	1	3,4
	3	-	0,0
	4	2	6,9
	<b>Toplam</b>	<b>5</b>	<b>17,2</b>
Sigara kullanmayan	-	24	82,8

Tablo 4.4’e göre pilotların 24 (%82,8)’i sigara kullanmadıklarını, 5 (%17,20)’i ise sigara kullandıklarını belirtmişlerdir. Sigara kullanan pilotlara uygulanan Fagerström Nikotin Bağımlılık Testi sonucuna göre bağımlılık seviyeleri 1 seviyesinde 2 kişi, 2 seviyesinde 1 kişi, 4 seviyesinde 2 kişi bağımlılık düzeyinde oldukları saptanmıştır.

Katılımcıların tümüne test öncesi homojeniteyi sağlamak amaçlı “Berlin Uyku Anketi” ve “Beck Depresyon Anketi” uygulanmıştır. Her iki anketin verileri istatistiksel olarak değerlendirildiğinde sonuçlar kesme değerlerinin

altında çıkmış olup katılımcıların tümünde depresyon riski ve uyku bozukluğu tespit edilmemiştir.

Çalışmaya alınan 29 pilotun tamamı görevleri yerine getirirken, İnsan santrifjü eğitimi sırasında 3 (%10,3) kişi, 7G 15 sn. profili de G-LOC olmuştur (Tablo 4.5). Kaldıkları yerden tekrar eğitime devam eden 3 pilot da eğitimi sorunsuz olarak tamamlanmıştır.

Tablo 4.5. G-LOC yaşayan/yaşamayan pilot yüzdeleri.

<b>G-LOC</b>	<b>Kişi Sayısı (N)</b>	<b>Yüzdesi (%)</b>
Hayır	26	89,7
Evet	3	10,3
Toplam	29	100,0

Yapılan yazılı anket uygulamalarından elde edilen bilgiye göre; çalışmaya katılan 29 pilottan 13 (%44,8)'ünün spor ile uğraşmadığı,16 (%55,2) pilotun ise aktif olarak spor yaptığı bilgisine ulaşılmıştır (Tablo 4.6).

Tablo 4.6. Katılımcıların düzenli spor yapma durumları istatistikleri.

<b>Düzenli Spor Yapma Durumu</b>	<b>Kişi Sayısı (N)</b>	<b>Yüzdesi (%)</b>
Hayır	13	44,8
Evet	16	55,2
Toplam	29	100,0

Çalışmaya alınan 29 pilotun, İnsan santrifjü eğitimi sırasında akselerasyon tolerans limitleri (ATL) kayıt altına alınmıştır. Bu kapsamda ATL değeri 4,5G ve altında kaydedilen pilot sayısı 16 (%55,18), 4,6G ve üstü kaydedilen pilot sayısı 13 (%44,82) dir (Tablo 4.7).

Tablo 4.7. Pilotların akselerasyon tolerans limitleri (ATL) istatistikleri.

ATL 4,5G ve altı	Kişi sayısı (N)	Ortalama	Standart sapma	Yüzdesi (%)
	16	4,1938 G	± 0,29770	55,18
ATL 4,6G ve Küstü	13	5,2538 G	± 0,46479	44,82

Kolmogorov-Smirnov normal dağılıma uygunluk testine göre reaksiyon zamanları tüm alt gruplarda normal dağılıma uygunluk göstermekte iken OACCU ve SACCU değerleri ise tüm alt gruplarda normal dağılıma uygunluk göstermemektedir.

Katılımcılar yaş değişkenine göre gruplandırıldığında, öncesi ve sonrası doğruluk puanı (accuracy) değerleri değerlendirilmiş olup, 35 yaş ve üstü katılımcıların sonraki accuracy değerleri önceki accuracy değerlerine göre azalmış( hedefe ne kadar yakın mesafede basılırsa bilişsel fonksiyonlar daha az etkilenmiş olarak kabul edilir yani accuracy değeri 0 değerine yaklaştıkça başarı oranı artar) olarak tespit edilmiş olup istatistiksel olarak anlamlı değildir. 34 yaş ve altı katılımcıların sonrası accuracy değerleri artmış olup istatistiksel olarak önemli derecede farklılık göstermiştir (**P= 0,044**). 34 yaş ve altı katılımcılar ile 35 yaş ve üzeri katılımcıların accuracy değerleri bakımından karşılaştırıldığında, SACCU değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (**P= 0,014**). (Tablo 4.8).

Tablo 4.8. 34 yaş ve altı katılımcılar ile 35 yaş ve üzeri katılımcıların, öncesi ve sonrası accuracy değerleri.

	N		OACCU	SACCU	*p
34 yaş ve altı	16	Ortalama	0,0688	0,1549	<b>0,044</b>
		Standart sapma	± 0,0371	± 0,2295	
35 yaş ve üstü	13	Ortalama	0,053	0,0472	0,650
		Standart sapma	± 0,0215	± 0,0121	
<b>**p</b>			0,188	<b>0,014</b>	

\* grup içi öncesi ve sonrası değerlendirme ( Wilcoxon Signed Ranks Test ).

\*\* gruplar arası değerlendirme (Mann-Whitney U testi).

34 yaş ve altı ile 35yaş ve üstü pilotların önceki reaksiyon zamanları ile sonraki reaksiyon zamanları arasında bir artış tespit edilmiş olup istatistiksel olarak bir anlam değildir (Tablo 4.9).

Tablo 4.9. 34 yaş ve altı katılımcılar ile 35 yaş ve üzeri katılımcıların reaksiyon zamanları tablosu

34 yaş ve altı	N		Önce reaksiyon zamanı	Sonra reaksiyon zamanı	*p
		16	Ortalama	5941,987	6003,678
Standart sapma	± 473,063		± 741,643		
35 yaş ve üstü	13	Ortalama	5851,338	6082,792	0,17
		Standart sapma	± 401,548	± 539,292	
<b>**p</b>			0,588	0,750	

\* grup içi öncesi-sonrası değerlendirme (Paired t test)

\*\* gruplar arası değerlendirme (Independent sample t test)

Katılımcıların boylarına göre, önceki ve sonraki reaksiyon zamanı, öncesi ve sonrası accuracy değerlerine “Kolmogorov-Smirnov” normal dağılıma uygunluk testi uygulandı. Önceki ve sonraki reaksiyon zamanı değerlendirmesi için bağımlı gruplarda t testi (Paired t test) (Tablo 4.10), öncesi ve sonrası accuracy değerleri için “Wilcoxon Signed Ranks Test” uygulanmıştır (Tablo 4.11). Her iki gruptaki boy uzunluklarının, önceki ve sonraki reaksiyon zamanı değerlerinde ve öncesi ve sonrası accuracy değerlerinde artma saptanmış olup statiksel olarak anlamlı bir fark yansıtmamıştır.



Tablo 4.10. Boylarına göre önceki ve sonraki reaksiyon zamanı değerlendirilmesi.

Boy 179 cm ve altı	N		Önce reaksiyon zamanı(ms)	Sonra reaksiyon zamanı(ms)	*p
Boy 179 cm ve altı	14	Ortalama	5858,700	6051,597	0,28
		Standart sapma	± 340,63	± 666,26	
Boy 180 cm ve üstü	15	Ortalama	5941,160	6027,520	0,69
		Standart sapma	± 520,50	± 655,22	
<b>**p</b>			0,621	0,923	

\* grup içi öncesi-sonrası değerlendirme (Paired t test)

\*\* gruplar arası değerlendirme (Independent sample t test)

Tablo 4.11. Boylarına göre öncesi ve sonrası accuracy değerleri.

Boy 179 cm ve altı	N		OACCU	SACCU	*p
Boy 179 cm ve altı	14	Ortalama	± 0,0537	0,0559	0,638
		Standart sapma	± 0,0218	0,0292	
Boy 180 cm ve üstü	15	Ortalama	± 0,0693	0,1540	0,233
		Standart sapma	± 0,0378	0,2382	
<b>**p</b>			0,337	0,111	

\* grup içi öncesi ve sonrası değerlendirme ( Wilcoxon Signed Ranks Test ).

\*\* gruplar arası değerlendirme (Mann-Whitney U testi).

Çalışmaya katılan 29 pilotun uçuş saatleri, 1499 ve altı ile uçuş saatleri 1500 ve üstü olmak üzere iki gruba ayrılarak değerlendirme yapıldı. Yapılan analiz sonrasında uçuş saati 1499 ve altı olan pilotlarda öncesi ve sonrası reaksiyon zamanlarına baktığımızda bir artış tespit edilmiş fakat bu artış istatistiksel olarak anlamlı değildir. Uçuş saati 1500 ve üstü olan pilotlarda da öncesi ve sonrası reaksiyon zamanları arasında anlamlı derecede fark olmadığı gösterilmiştir (Tablo 4.12). Her iki grupta öncesi ve sonrası accuracy

değerlerine bakıldığında uçuş saati 1499 ve altı olan pilotlarda sonrası accuracy değeri daha yüksek olup istatistiksel olarak anlamlı değildir (Tablo 4.13).

Tablo 4.12. Uçuş saatleri 1499 ve altı ile uçuş saatleri 1500 ve üstü katılımcıların öncesi ve sonrası reaksiyon zamanları.

Uçuş saati	N		Önce reaksiyon zamanı(ms)	Sonra reaksiyon zamanı(ms)	*p
Uçuş saati 1499 ve altı	13	Ortalama	5947,111	6044,293	0,69
		Standart sapma	± 507,943	± 632,973	
Uçuş saati 1500 ve üstü	13	Ortalama	5898,088	6056,976	0,35
		Standart sapma	± 386,539	± 605,928	
<b>**p</b>			0,784	0,959	

\* grup içi öncesi-sonrası değerlendirme (Paired t test).

\*\* gruplar arası değerlendirme (Independent sample t test).

Tablo 4.13. Uçuş saatleri 1499 ve altı ile Uçuş saatleri 1500 ve üstü katılımcıların öncesi ve sonrası accuracy değerleri.

Uçuş saati	N		OACCU	SACCU	*p
Uçuş saati 1499 ve altı	13	Ortalama	0,0527	0,1299	0,116
		Standart sapma	± 0,0219	± 0,2479	
Uçuş saati 1500 ve üstü	13	Ortalama	0,0681	0,0888	0,972
		Standart sapma	± 0,0374	± 0,9922	
<b>**p</b>			0,191	0,817	

\* Grup içi öncesi ve sonrası değerlendirme ( Wilcoxon Signed Ranks Test ).

\*\* Gruplar arası değerlendirme (Mann-Whitney U testi).

Katılımcıların vücut kitle endeksleri 25,9 ve altı (%51,72) ile 26 ve üstü (%48,28) olarak iki gruba ayrıldık. Vücut kitle endeksleri 25,9 ve altı olan grubun öncesi ve sonrası reaksiyon zamanları arasında anlamlı ölçüde fark saptanmadı. Vücut kitle endeksleri 26 ve üstü olan grubun öncesi ve sonrası reaksiyon zamanları arasında da anlamlı ölçüde fark saptanmadı (Tablo 4.14).

Tablo 4.14. Vücut kitle endeksine göre önceki ve sonraki reaksiyon zamanı değerleri istatistikleri.

VKİ	N		Önce reaksiyon zamanı(ms)	Sonra reaksiyon zamanı(ms)	*p
25,9 ve altı	15	Ortalama	5950,646	6112,964	0,35
		Standart sapma	± 354,264	± 654,309	
26 ve üstü	14	Ortalama	5848,535	5960,050	0,62
		Standart sapma	± 520,215	± 657,644	
<b>**p</b>			0,539	0,536	

\* Grup içi öncesi-sonrası değerlendirme (Paired t test)

\*\* Gruplar arası değerlendirme (Independent sample t test)

Katılımcılarım vücut kitle endeksleri baz alınarak yapılan öncesi ve sonrası accuracy değerleri incelendiğinde; Vücut kitle endeksleri 25,9 ve altı olan grubun öncesi ve sonrası accuracy değerleri arasında anlamlı ölçüde fark saptanmadı. Vücut kitle endeksleri 26 ve üstü olan grubun öncesi ve sonrası accuracy değerlerinde artma saptanmış olup istatistiksel olarak anlamlı değildi. (Tablo 4.15).

Tablo 4.15. Vücut kitle endekslerine göre öncesi ve sonrası accuracy istatistikleri.

Vücut kitle endeksleri	N		OACCU	SACCU	*p
	25,9 ve altı	15	Ortalama	0,0640	0,0865
Standart sapma			± 0,027	±0,0937	
26 ve üstü	14	Ortalama	0,0569	0,12820	0,158
		Standart sapma	± 0,036	± 0,23856	
<b>**p</b>			0,127	0,930	

\*Grup içi öncesi ve sonrası değerlendirme ( Wilcoxon Signed Ranks Test ).

\* Gruplar arası değerlendirme (Mann-Whitney U testi).

Katılımcıların sistolik ve diastolik basınç değerleri kullanılarak hesaplanan insan sanrifüjüne girmeden ve girdikten sonraki ortalama arteriyel basınçlarının (OAB), öncesi ve sonrası reaksiyon zamanlarına olan etkisi araştırılmış olup, her iki grupta (OAB değeri; 100 ve altı - 100 üstü ) reaksiyon zamanlarında artış bulunmuş olup istatistiksel olarak anlamlı bir fark gösterilmemiştir (Tablo 4.16).

Tablo 4.16. Ortalama arteriyel basınç (OAB) değerlerine göre öncesi ve sonrası reaksiyon zamanı istatistikleri.

OAB	N		Önce reaksiyon zamanı(ms)	Sonra reaksiyon zamanı(ms)	*p
100 ve altı	9	Ortalama	5977,950	6165,2056	0,56
		Standart sapma	± 580,1354	± 820,8269	
100 üstü	20	Ortalama	5866,882	5982,4155	0,43
		Standart sapma	± 368,6132	± 570,6887	
<b>**p</b>			0,537	0,493	

\* Grup içi öncesi-sonrası değerlendirme (Paired t test)

\*\* Gruplar arası değerlendirme (Independent sample t test)

Katılımcıların Sistolik ve diastolik basınç değerleri kullanılarak hesaplanan insan santrifüjüne girmeden ve girdikten sonraki ortalama arteriyel basınçlarının (OAB), öncesi ve sonrası accuracy'e olan etkisi araştırılmış olup, her iki grupta (OAB değeri; 100 ve altı - 100 üstü ) istatistiksel olarak anlamlı bir fark gösterilmemiştir (Tablo 4.17).

Tablo 4.17. Ortalama arteriyel basınç (OAB) değerlerine göre öncesi ve sonrası accuracy istatistikleri.

	<b>N</b>		<b>OACCU</b>	<b>SACCU</b>	<b>*p</b>
OAB 100 ve altı	9	Ortalama	0,063	0,061	0,85
		Standart sapma	± 0,0466	±0,0369	
OAB 100 üstü	20	Ortalama	0,061	0,126	0,24
		Standart sapma	± 0,0236	± 0,2100	
<b>**p</b>			0,370	0,741	

\* Grup içi öncesi ve sonrası değerlendirme ( Wilcoxon Signed Ranks Test ).

\*\* Gruplar arası değerlendirme (Mann-Whitney U testi).

İnsan santrifüjü cihazındaki G-LAB eğitimleri sırasında, periferik görüş kaybının yaşandığı G seviyeleri, pilotların akselerasyon tolerans limitleri (ATL) olarak kabul edildi. Pilotlar akselerasyon tolerans limitleri 4,5G ve altı ile 4,6G ve üstü olarak 2 gruba ayrılarak, önceki ve sonraki reaksiyon zamanları (Tablo 4.18) ve accuracy değerleri istatistiksel olarak değerlendirildi (Tablo 4.19). Yapılan analiz sonucunda her iki grupta ATL değerlerinin reaksiyon zamanları uzamış ve hata oranları artmış olup istatistiksel olarak anlamlı değildir.

Tablo 4.18. Akselerasyon tolerans limitlerinin öncesi ve sonrası, reaksiyon zamanlarına göre istatistikleri.

ATL	N		OACCU	SACCU	*p
			4,5G ve altı	16	
	Standart sapma	± 0,0357	±0,2244		0,56
ATL 4,6 ve üstü	13	Ortalama	0,064	0,091	0,24
		Standart sapma	± 0,2692	± 0,098	
<b>**p</b>			0,236	0,497	

\* Grup içi öncesi-sonrası değerlendirme (Paired t test)

\*\* Gruplar arası değerlendirme (Independent sample t test)

Tablo 4.19. Akselerasyon tolerans limitlerinin öncesi ve sonrası accuracy istatistikleri.

ATL	N		Önce reaksiyon zamanı(ms)	Sonra reaksiyon zamanı(ms)	*p
			4,5G ve altı	16	
	Standart sapma	± 392,624	± 685,671		0,33
ATL 4,6 ve üstü	13	Ortalama	5866,882	5982,4155	0,67
		Standart sapma	±502,3271	±627,4163	
<b>**p</b>			0,821	0,884	

\* Grup içi öncesi ve sonrası değerlendirme ( Wilcoxon Signed Ranks Test ).

\*\* Gruplar arası değerlendirme (Mann-Whitney U testi).

Katılımcılara uygulanan anket sonuçlarına göre, düzenli spor yapan 16 (%55,2) ile spor yapmayan 13 (%44,8) pilotun G-LAB öncesi ve sonrası accuracy değerleri (Tablo 4.20) ve reaksiyon zamanı süreleri (Tablo 4.21) değerlendirildiğinde artma saptanmış olup İstatistiksel olarak anlamlı değildir.

Tablo 4.20. Düzenli spor yapma durumlarının öncesi ve sonrası accuracy istatistikleri

	N		OACCU	SACCU	*p
Spor yapmayan	13	Ortalama	0,062	0,064	0,972
		Standart sapma	± 0,0258	±0,3794	
Düzenli Spor yapan	16	Ortalama	0,061	0,141	0,179
		Standart sapma	± 0,3646	± 0,2332	
<b>**p</b>			0,539	0,511	

\* Grup içi öncesi ve sonrası değerlendirme ( Wilcoxon Signed Ranks Test ).

\*\*Gruplar arası değerlendirme (Mann-Whitney U testi).

Tablo 4.21. Düzenli spor yapma durumlarının öncesi ve sonrası reaksiyon zamanlarına göre istatistikleri.

	N		Önce reaksiyon zamanı(ms)	Sonra reaksiyon zamanı(ms)	*p
Spor yapmayan	13	Ortalama	5958,234	5843,43	0,57
		Standart sapma	± 463,7819	± 627,3904	
Düzenli Spor yapan	16	Ortalama	5855,134	6198,15	0,06
		Standart sapma	± 423,737	± 640,8080	
<b>**p</b>			0,537	0,146	

\* Grup içi öncesi-sonrası değerlendirme (Paired t test).

\*\* Gruplar arası değerlendirme (Independent sample t test).

Yapılan korelasyon analizinde; Yaş, boy, VKİ, toplam uçuş saati, düzenli spor yapma/yapmama, OAB, ATL gibi değişkenler ile test öncesi ve sonrası reaksiyon zamanı ve accuracy değerleri arasında istatistiksel olarak korelasyon saptanmamıştır(Her biri için  $p < 0,05$ ).

## TARTIŞMA

Çalışmamızda akselerasyon kuvvetlerinin bilişsel fonksiyonlar üzerine etkisini araştırdık. Teknik kısıtlamalar nedeniyle testler cihaz içerisinde akselerasyon kuvvetleri maruziyeti esnasında yapılamamıştır. Bu nedenle daha çok akselerasyon kuvvetlerinin artık etkisi değerlendirilebilmiştir. Uçucuların G kuvvetlerine dayanma güçleri, onların G nin olumsuz etkilerinden korunmalarıyla pozitif korelasyon gösterir. Dolayısıyla G kuvvetlerine dayanıklılığı arttıran faktörler direkt olarak G'nin kognitif bozukluk yapma potansiyelini etkileyecektir. Bu çalışmamızda, akselerasyon kuvvetlerinin kognitif fonksiyonlar üzerine etkilerini araştırırken diğer faktörlerin de (yaş, uçuş saati, boy, kilo, akselerasyon tolerans limit - ATL değerleri, ortalama arteriyel basıncı- OAB ve spor yapma durumları) bu etkiye katkılarını araştırdık.

Bu çalışmada; yaşın ve toplam uçuş saatinin, boy ve kilo ölçülerinin, G maruziyeti sonrası bilişsel fonksiyonlar üzerine etkilerinin olup olmadığını değerlendirdik. Çalışmamızda yukarıdaki faktörlerin tek başlarına, G maruziyeti sonrası yüksek kortikal fonksiyonlar üzerine anlamlı bir etki göstermediğini gördük. Bu bulgular Webb ve arkadaşları (47) ve Forster ve arkadaşlarının (48) yayınladıkları çalışmalar ile de tutarlıdır. Örneğin; Forster ve arkadaşları ABD Hava Kuvvetlerinde uçuş görevi yapan, yaşları 20-60 arasında olan 1120 (%74 pilot) mürettebat ile yaptıkları çalışmada, katılımcılara insan santrifüjü eğitim cihazında GOR ve ROR profilleri uygulayarak G toleranslarını değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda her iki profilde de yaşın (20-60yaş) G toleransına belirgin bir etkisinin olmadığı değerlendirilmiştir. Webb ve arkadaşlarının yayınladıkları araştırmada ise Korelasyon ve regresyon analizleri kullanılarak yüksek G eğitimi sırasında 1434 savaş uçağı pilotunun G toleransları ile yaş, boy, kilo, VKİ ve fizyolojik değişkenler arasındaki ilişki incelenmiştir. Yaş, boy, kilo, VKİ, diyastolik ve sistolik basınç ve kolestrol değerleri tespit edilerek G toleransına etkileri araştırılmıştır. Çalışmalarında antropometrik değerlerin tek başına G toleransının değerlendirilmesinde güvenilir bir parametre olduğu ancak birlikte değerlendirildiğinde genel bir öngörü sağlayabileceği görüşünü



bildirmişlerdir. Aynı zamanda AGSM'nin bir kişinin G toleransının ana belirleyicisi olduğunu belirtmişlerdir.

Yaş ile birlikte zorunlu vital kapasitesinde azalma, genel kas kitlesinde azalma, vasküler periferik dirençte azalma ve kardiyak output düşüşü gözlemlenebilir (48). Tüm bu fizyolojik değişiklikler insanın G toleransını olumsuz etkiler. Fakat bu yaşa bağlı veriler genel popülasyondan elde edilen parametrelerdir. Uçucuların sağlıklarının devamlı kontrol altında tutulması ve yaşlarının ortalama 60 yaş ile sınırlanmasından dolayı uçucularda yaşın G toleransına etkisini görmemekteyiz. Bizim çalışmamızda pilotları 34 yaş ve altı ile 35 yaş ve üstü olarak gruplandırdık ve her iki grupta accuracy ve reaksiyon zamanının G maruziyeti öncesi ve sonrası değerlerini karşılatırdık. 34 yaş altı pilotlarda sonraki accuracy değerlerinde öncesi accuracy değerlerine göre artış tespit edilmiş (bilişsel fonksiyonları daha çok etkilediği) olup istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (**p<0,05**). 35 yaş ve üzeri yaşlarda accuracy değerlerinde bir azalma tespit edilse de istatistiksel olarak anlamlı değildi. Aynı şekilde test sonrası ölçülen reaksiyon zamanı, test öncesi reaksiyon zamanına göre daha fazla çıkmasına rağmen istatistiksel olarak anlamlı bir fark yaratmamıştır ( $p>0,05$ ). Her iki grubun, gruplar arası öncesi ve sonrası accuracy değerleri istatistiksel olarak değerlendirildiğinde 35 yaş ve üzeri sonrası accuracy değerinde azalma tespit edilmiş olup istatistiksel olarak anlamlıdır (**p<0,05**). İleri yaş bağlı kognisyonun daha az etkilenmesini; uçuş tecrübesi ve yaşa bağlı fizyolojik etkilerin (Arteriyel kan basıncındaki yükseklik, diyafragmanın daha az aşağıya inmesi ve arteiyel duvar kalınlaşması v.b) G toleransına olan olumlu etkisinden kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Sevilla NL ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada da 30 yaş altı pilotlarda aynı nedenler ile G-Loc görülme sıklığının 4,5 kat arttığı belirtmişlerdir (65).

Park ve arkadaşları G toleransının boy, kilo ve fizyolojik faktörler ile ilişkisini analiz etmek için Kore Hava Kuvvetlerindeki 38 savaş pilotunu yüksek +Gz'e maruz bırakmışlardır (49). Korelasyon analizi ile değerlendirilen verilerin sonucunda G toleransının antropometrik ve fizyolojik faktörler ile istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon göstermediği ortaya koyulmuştur.

Aynı çalışmada uçuş saati süresinin +Gz'e dayanıklılıkta anlamlı bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdi (49). Newman ve arkadaşlarının 14 pilota (9'u 1000 saat üstü, 5'ü 500 saat altında) yaptığı bir başka çalışmada, deneyimli pilotların yüksek +Gz ortamında daha güçlü kardiyovasküler performans gösterdiklerini dolayısıyla G'ye karşı toleranslarının daha kuvvetli olacağı öngörmüşlerdir (50). Bizim çalışmamız sonucunda elde ettiğimiz verilere göre 1499 saat ve altı ile 1500 saat ve üstü olarak iki gruba ayırdığımızda, özellikle 1499 saat ve altı olan grupta daha fazla olmak üzere, her iki grupta +Gz maruziyeti sonrası yapılan accuracy değerlerinde artma tespit edilse de istatistiksel olarak anlamlı değildir. Aynı şekilde +Gz maruziyeti sonrası ölçülen reaksiyon zamanının, maruziyet öncesi reaksiyon zamanına göre daha fazla çıkmasına rağmen istatistiksel olarak anlamlı değildi. Uçucuların uçuş saatleri arttıkça akselerasyon kuvvetleri ile karşılaşma insidansı da nispeten artacaktır. Buna bağlı olarak akselerasyon kuvvetlerini tanıma ve onun ile başa çıkabilme yeteneklerinin de artacağı değerlendirilmektedir. Fakat bu uçuş tecrübesinin tek başına G'ye karşı koymada yeterli olmadığı, diğer faktörler ile birlikte (yorgunluk, antropometrik özellikler, toplam uçuş saati oluşturan uçuş görevlerinin nitelikleri v.b.) değerlendirildiğinde bir sonuca varılabileceği kanısına varılmıştır.

Akseleratif kuvvetlere karşı dayanıklılıkta boy uzunluğu negatif korelasyon gösterir (51,52). Göz ile kalp seviyesi arasındaki uzaklık arttıkça, +Gz maruziyet sırasında serebral hipoksiye maruz kalma riski de artmaktadır. Çünkü kalp, serebral perfüzyonu devam ettirmek için kanı daha uzun bir yoldan beyne gönderecektir. Klein ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, kişinin kalp-göz mesafesi ile G kuvvet toleransı arasında negatif ilişki bulmuştur (52). Fakat bu değişkenin G yüküne olan dayanıklılıkta çok zayıf olduğunu bildirilmiştir. Bizim çalışmamızda, katılımcıların boyları birbirine çok yakındı (170 cm ile 190cm arasında ortalama  $180.24 \pm 5.22$ ). Katılımcıları boy uzunluklarına göre 179cm ve altı ve 180cm ve üstü olarak iki gruba ayırdığımızda sonraki reaksiyon zamanlarında bir artış tespit edilmiş fakat istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Boyu 180cm ve üstü olan pilotlarda sonraki accuracy değerinin daha yüksek olduğu görülse de istatistiksel olarak anlamlı değildir. Aynı zamanda vücut kitle endeksi değerleri karşılaştırıldığında; vücut kitle endeksi 26 ve üzeri olan pilotlarda

accuracy değerinin daha yüksek çıkmasına rağmen istatistiksel olarak anlamlı olmayıp, bu değişkenin de akseleratif kuvvetlerin bilişsel fonksiyonlara olan etkisinde bir role sahip olmadığı görülmüştür. Deneyimlerimiz sonucunda, G yüküne karşı dayanıklılıkta antropometrik özelliklerin etkinliklerinin azımsanacak kadar az olduğu, kaliteli bir AGSM' nin antropometrik değişikliklerden daha ön planda sayılmakta olduğunu düşünmekteyiz.

Katılımcıların, G-LAB cihazında ilk etap olan relaks-G profilinde akselerasyon tolerans limitleri (ATL) ölçülmektedir. Periferik görüşün kaybolduğu anda kayıt edilen değer aynı zamanda serebral hipoksinin de başlamak üzere olduğunu gösteren değerdir. Akselerasyon tolerans limit değerlerinin G maruziyeti sırasında bilişsel fonksiyonlar üzerine etkisi az sayıda yayında araştırılmıştır. Akselerasyon süresi uzadıkça kan, serebral damarlardan ve göz seviyesi damarlardan çekilerek vücudun alt kısımlarına yönelir. Böylelikle bu bölgeler hipoksik kalır. Bizim test koşullarımızla sürekli ivmelenmede buradaki hipoksiyi derecelendirmemiz zordur. Ancak yayınlanmış olan literatürlerde reaksiyon zamanı, cerebral ve göz seviyesindeki hipoksi derecesi maruziyeti ilişkisi gösterilmiştir (53,54). Sürekli G maruziyetin son periyotların da AGSM nedeniyle yorgunluk da işin içine gireceğinden dolayı reaksiyon zamanı daha da bozulacaktır. Akselerasyon sona erdikten 1 dk. sonra reaksiyon zamanı tekrar başlangıç seviyelerine inmektedir (55). En uzun reaksiyon zamanı süresi sürekli hızlanmanın bitimine en yakın zamandır. Pilotlarda uzun süren G maruziyeti sırasında süre uzadıkça reaksiyon zamanlarında uzama daha fazla olmakta ve psikofizyolojik bozukluklar görülmektedir (56). Yine aynı yayında ATL değerinin pilotun G performansı için güvenilir bir belirteç olduğu belirtilmektedir. Bizim çalışmamızda katılımcıları ATL değerlerine göre 4,5G ve altı ile 4,6G ve üstü olmak üzere iki gruba ayırdık. Her iki grupta accuracy değerleri arasında ve reaksiyon zamanı sürelerinde bir artış tespit edilse de istatistiksel olarak anlamlı değildi. Bu nedenle ATL seviyesinin, +Gz'e bağlı kognitif fonksiyon bozukluğunu değerlendirmede yeterli bir parametre olmadığı değerlendirilmektedir.

Angevaren ve arkadaşlarının yayınladıkları bir çalışmada araştırdıkları 11 yayının 8'inde, düzenli spor yapmanın, kardiyorespiratuvar uyumu

yaklaşık %14 arttığını bildirmiş ve bu iyileşmenin bilişsel kapasitede iyileşmeye neden olduğunu bulmuşlardır (62). Bilişsel işlev üzerindeki en büyük etkisinin, motor fonksiyon ve işitme dikkatinde olduğunu bulmuşlardır. Bilişsel hız ve görsel dikkat için orta derecede etkiler gözlenmiştir. Bizim çalışmamızda katılımcıları düzenli spor yapma ve yapmama kriterine göre iki gruba ayırdık. Her iki gruba uyguladığımız G-Lab öncesi ve sonrası kognitif ve psikomotor testlerle reaksiyon zamanı ve accuracy değerlerini inceledik. Her iki grup için aldığımız veriler incelendiğinde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmamıştır. Daha kesin yargılara varabilmek için katılımcıların spor performanslarını laboratuvar ortamında ölçerek gruplara ayırmak ve homojen gruplar oluşturarak değerlendirme yapılmasının gerekli olduğunu değerlendirdik.

+Gz maruziyeti sırasında kan basıncındaki düşüşü dengelemek ve serebral kan akımını düzenlemek için baroreseptörler devreye girerek refleks taşikardi ve periferik vazokontrüksiyona neden olurlar. Yüksek hızlı jet pilotlarında bu baroreseptörlerin duyarlılığı artmıştır (50). Berry ve arkadaşlarının yaptıkları bir araştırmada tekrarlayan HUT (head up tilt) testlerinde dinlenme pozisyonuna göre ortalama kan basıncı %11 ve sistolik kan basıncında %8 arttığı, çömelleme testinde ise başlangıç pozisyonuna göre TPR'in %30 arttığı gözlemlenmiştir (63). Yine Stevenson A. ve arkadaşlarının yaptıkları diğer bir yayında ilk GOR den sonra kalp seviyesi kan basıncında %7 ve TPR ise %9 artış saptamışlardır (64). Bu artışın +Gz toleransında 0,3G'lik bir kazançta neden olacağını öngörmüşlerdir. Bizim çalışmamızda pilotların insan satrifüjü eğitimi öncesi ve sonrası diastolik ve sistolik kan basınçları ölçüldü. Daha sonra bu değerler üzerinden ortalama arteriyel basınçları (OAB) hesaplandı. OAB'ı 100 ve altı olanlar ile 100 üstü olanlar diye iki gruba ayırarak eğitim öncesi ve sonrası reaksiyon zamanlarına ve accuracy değerlerine bakıldı. Test öncesi ortalama arteriyel basınçları 100 ve altı olan pilotların önceki ve sonraki reaksiyon zamanları 100 üstü olanlara göre daha uzun çıkmakla birlikte veriler analiz edildiğinde her iki grupta istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmedi. Kan basıncı değerlerinin yüksekliği G toleransına artı yönde bir etkisinin olduğu düşünülse de bu etkinin azımsanacak kadar küçük katkılar sağladığı değerlendirildi.

Akselerasyon kuvvetlerinin indüklediği kognitif fonksiyon bozuklukları konusunda kısıtlı sayıda çalışmada daha çok A-LOC ve G-LOC üzerinde durulmuştur (57). Bir başka çalışmada Avustralya Kraliyet Hava Kuvvetleri (Royal Australian Air Force- RRAF) pilotlarının %9'unun G-LOC olayı, %52 sinin ise en az bir A-LOC semptomu yaşadığı anketler ile tespit edilmiştir. Yine aynı çalışmada pilotların %98'inin G'nin indüklediği grayout ve blackout dahil olmak üzere görme bozuklukları geçirdiği sonucu bulunmuştur (58). Şimdiye kadarki mevcut verilerin çoğunluğu +Gz yükünün bilişsel bozukluklara etkisi ağırlıklı olarak görme bozukluklarında odaklanır (59, 60).

Yüksek performanslı uçaklarda görev yapan uçucular için görme bozuklukları, bilişsel bozukluklar ve psikomotor bozukluklar günlük görevlerinin bir parçasıdır. Bu problemlerin yaşanmaması için önemli olan gerekli tedbirlerin önceden tespit etmek ya da karşılaşıldığında koruyucu önlemlerin neler olduğu konusunun üzerinde durmaktır. Çalışmamızda da akseleratif kuvvetlerini tanıma ve onun olumsuz etkilerinden korunmak için merkezimize başvuran pilotlar üzerinde kognitif ve psikomotor değerlendirme yapılmıştır.

Levin B ve arkadaşlarının yayınladıkları bir araştırmada, +Gz yükünün yürütücü işlevler üzerine etkisinin farklılık gösterdiği belirtilmiştir. Bu çalışmaya göre +Gz yükü dikkat sürecini olumlu etkilerken viziospesial hafızayı negatif yönde etkilediği belirtilmektedir. +Gz yükü altında dikkatin artması ve buna bağlı olarak toplam reaksiyon zamanlarında azalma meydana getirmektedir (61). Önceden görsel olarak algılanan bir cismin ve akılda tutulan bilginin serebral iskemi sırasında zarar görüp tekrar hatırlanmasında sıkıntılar yaratacağı öngörülerek visiospasial hafızada (görsel-uzaysal hafıza) azalma olabileceği öngörülmüştür (61). Bizim çalışmamızda +7Gz yükü öncesi ve sonrası yapılan reaksiyon zamanı ölçümlerinde bir miktar uzama tespit edilmiş olsa da istatistiksel olarak anlamlı değildir. Test bitiminde 60sn sonra yapılan reaksiyon zamanı testi sırasında pilotlar +Gz stresinden kurtulmuş ve serebral iskemileri otopregülasyon ile tekrar fizyolojik sınırlara geldiğinden dolayı reaksiyon zamanlarında bir farkın ortaya çıkmadığı öngörülmüştür.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamızda akselerasyon kuvvetlerinin kognif fonksiyonlar üzerine olan etkilerini araştırırken aynı zamanda diğer etkenlerinde (Yaş, boy, uçuş saati, vucut kitle indeksi, ortalama arteriyel basınç, akselerasyon tolerans limiti ve spor) bu etkiye olan katkılarını araştırdık.

Çalışmamızda, 34 yaş altı pilotlarda sonraki accuracy değerlerinde öncesi accuracy değerlerine göre istatistiksel olarak anlamlı artış tespit ettik. Aynı zamanda 35 yaş ve üzerindeki uçucuların sonrası accuracy değerinde de anlamlı bir azalma tespit edilmiştir. Diğer parametreler ile yapılan istatistiksel analizlerin tümünde akselerasyon kuvvetlerine maruziyetten sonra reaksiyon zamanlarında ve accuracy değerlerinde artma gözlenmiş fakat istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Çalışmamızda akselerasyon kuvvetlerinin (+Gz) bilişsel fonksiyonları olumsuz yönde etkilediği, etkili ve doğru yapılmış bir AGSM'nin +Gz'e karşı bilişsel fonksiyonları korumada en etkili faktör olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca boy, kilo, uçuş saati, vücut kitle indeksi, ortalama arteriyel basınç, akselerasyon tolerans limiti ve sporun tek başlarına +Gz'e karşı bilişsel fonksiyonları korumada güvenilir bir parametre olamadığı tespit edilmiştir.

Kognitif ve psikomotor değerlendirme testlerinin cihaz içinde G maruziyeti esnasında yapılamaması ve eğitime gelen pilot sayısının az olması çalışmamızın kısıtlamaları olarak gösterilebilir. Çalışmanın G maruziyeti sırasında yapılamamasından dolayı +Gz'nin yüksek kortikal fonksiyonlara olan etkisi +Gz kuvvetlerinin bitimini müteakip birinci dakikasında bakılmıştır. Maruziyetten bir dakika sonrası serebral perfüzyonun düzelmesi ve otheregülasyonun ortadan kalmasından dolayı daha çok +Gz'in artık etkileri değerlendirilmiştir. Bu sebepten dolayı araştırmanın daha büyük çalışma gruplarıyla ve G maruziyeti sırasında yapılmasının uygun olacağı değerlendirilmiştir.

## KAYNAKLAR

1. Nullmeyer, R., Stella, D., Montijo, G.A., & Harden, S.W. (2005). Human factors in air force flight mishaps: Implications for change. Proceedings of the Interservice/Industry Training, Simulation, and Education Conference, Orlando FL.
2. Biernacki MP, Tarnowski A, Lengsfeld K, Lewkowicz R, Kowalczyk K, Deren M. +Gz load and executive functions. Aviat Space Environ Med. 2013; 84:511–5.
3. Rickards CA, Newman DG . G-induced visual and cognitive disturbances in a survey of 65 operational fighter pilots . Aviat Space Environ Med 2005 ; 76 : 496 – 500 .
4. 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.
5. Benson AJ., Stott JR. Effects of long duration acceleration ,Ernsting's Aviation Medicine ,5th Edition, Edward Arnold Ltd,New York,2016,131-156.
6. Fryer DI. Glossary of aerospace terms. AGARDograph No 153. Aerospace Medicine Panel, 1971.
7. Gell CF. Table of equivalents for acceleration terminology. Aerosp Med 1961;32: 1109–1111.
8. Clarke NP, Bondurant S, Leverett SD. Human tolerance to prolonged forward and backward acceleration. JAviatMed 1959;30: 1–21.
9. HKEK 435-1-1 Hava Fizyolojisi El Kitabı. Ankara: Hv.Bas.ve Neş.Md.lüğü;1998.

10. Whitby LG, Axelrod J, Weil-Malherbe H . The fate of H3-norepinephrine in animals. *J Pharmacol Exp Ther* 1961; 132: 193 – 201.
11. Ray CA . Interaction of the vestibular system and baroreflexes on sympathetic nerve activity in humans . *Am J Physiol* 2000 ; 279 : H2399 – 404.
12. Yates BJ, Miller AD . Properties of sympathetic reflexes elicited by natural vestibular stimulation: implications for cardiovascular control . *J Neurophysiol* 1994 ; 71 : 2087 – 92 .
13. Henry, J. P., O. H. Gauer, S. S. Kety and K. Kramer, Factors maintaining cerebral circulation during gravitational stress. *J. clin. Invest.* 1951. 30. 292–300.
14. Barker PD. Reduced G tolerance associated with supplement use. *Aviat Space Environ Med.* 2011 Feb;82(2):140-3.
15. . Morrissette KL, McGowan DG. Further support for the concept of a G-LOC syndrome: a survey of military high-performance aviators. *Aviat Space Environ Med* 2000; 71:496 –500.
16. Shender BS1, Forster EM, Hrebien L, Ryoo HC, R. Acceleration-induced near-loss of consciousness: the "A-LOC" syndrome. *Aviat Space Environ Med.* 2003 Oct;74(10):1021-8.
17. Reinhart RO. *Basic Flight Physiology.* 3rd Edit. McGraw Hill, NY, USA.2008. pp. 50-68,100-152, 216, 234-239.
18. High-G physiological protection training. AGARD graph no: 3322, AMP Working Group 11, 1990.



19. Howard P. The Physiology of Positive Acceleration. In: Gillies JA (ed). A Textbook of Aviation Physiology. Oxford: Pergamon Press, 1965: 551–687.
20. Wiegman JF, Burton RR, Forster EM. The role of anaerobic power in human tolerance to simulated air combat maneuvers. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 1995; 66: 938–42.
21. Heaps CL, Fischer MD, Hill RC. Female acceleration tolerance: effects of menstrual state and physical condition. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 1997; 68(6): 525–30.
22. Banks RD, Grissett JD, Turnipseed GT, et al. The “push-pull effect” *Aviat Space Environ Med* 1994;65: 699–704.
23. Bain JB. Muscle fatigue during exposure to headward (+Gz) acceleration. Doctor of Philosophy. Toronto: Graduate Department of Community Health University of Toronto; 1997.
24. Wood EH. Contributions of aeromedical research to flight and biomedical science. *Aviat Space Environ Med* 1986;57(Suppl 10): A13–A23.
25. Bain JB. Muscle fatigue during exposure to headward (+Gz) acceleration. Doctor of Philosophy. Toronto: Graduate Department of Community Health University of Toronto; 1997.
26. Wei YT. Integration of an Expert System and Experimental Facility for Advanced Anti-G Protection of Jet Fighter Pilots. Masters of Applied Science. Toronto: Department of Mechanical and Industrial Engineering University of Toronto; 2000.
27. Fernandes L, Linder J, Krock LP, Balldin UI, Harms-Ringdahl K. Muscle activity in pilots with and without pressure breathing during acceleration. *Aviat Space Environ Med.* 2003 Jun;74(6 Pt 1):626-32.

28. Erad ÇF. Türk Hava Kuvvetleri Pilotlarında Performans Eğitimi ile İlgili Faktörlere Mevsimsel Değişikliklerin Etkisi. Yüksek Lisans. Ankara: Gazi Üniversitesi;2003.
29. Wei YT.Integration of an Expert System and Experimental Facility for Advanced Anti-G Protection of Jet Fighter Pilots. Masters of applied science. Toronto: Department of Mechanical and Industrial Engineering University of Toronto;2000.
30. Açıkada C,Cinemre A,Koruç Z,Hazır T,Aşçı A,Alpar R ve ark.Yıldız ve Genç Elit Sutopu Oyuncularının Bir Kısım Performans Kriterlerinin Karşılaştırılması. Bizim Büro Basımevi. Ankara: Spor Bilimleri Dergisi 2001;Cilt 12.
31. Epperson WL, Burton RR, Bernauer EM, et al. The Influence of differential physical conditioning regimens on simulated aerial combat maneuvering tolerance. Aviat Space Environ Med.1982 Nov;53(11):1091-7.
32. <http://www.hobimerkezi.com/tr/akrobasi-hareketleri/temel-hareket.html>.
33. <http://www.freepist.com/temel-aerodinamik-bilgileri>.
34. Guyton AC., Hall JE. Vestibular Sensations and Maintenance of Equilibrium, Textbook of Medical Physiology. 11th ed. Elsevier Saunders, Philadelphia, 2006, sf.109.
35. <http://www.gforces.com/military.html>.
36. Özdamar, K. (2016). SPSS ile Biyoistatistik, 10.Baskı. Eskişehir: Nisan Kitabevi.
37. <https://thaimilitaryandasianregion.wordpress.com/2016/02/27/lockheed-martin-f-22-raptor/>

38. Uçucu Sağlığı Araştırma ve Eğitim Merkezi Tanıtım Broşürü.
39. Advisory Group For Aerospace Research &Development (AGARD) no: 332.
40. Uçuş fizyolojisi eğitimi ve uçucu sağlığı araştırmalar yönergesi.
41. Karakaş S (2004) Bilnot Bataryası El Kitabı: Nöropsikolojik Testler İçin Araştırma ve Geliştirme Çalışmaları, Ankara S:17-20.
42. Altan, İ. 1993. Mimarlıkta Mekan Kavramı. İstanbul Üniversitesi Psikoloji Çalışmaları Dergisi, 19(1):78-88.
43. Göler, S. 2009. Biçim, Renk, Malzeme, Doku ve Işığın Mekân Algısına Etkisi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Mimar Sinan G.S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
44. Özen, A. 2006. Mimari Sanal Gerçeklik Ortamlarında Algı Psikolojisi. Bilgi Teknolojileri Kongresi IV, Akademik Bilişim 2006, Denizli, ab.org.tr/ab06/bildiri/81.doc.
45. Gal, H. ve Linchevski, L. (2010). To see or not to see: Analyzing difficulties in geometry from the perspective of visual perception. Educational Studies in Mathematics, 74, 163-183.
46. Perez, W. A., Masline, P. J., Ramsey, E. G. and Urban, K. E. (1987). Unified Tri-services cognitive performance assessment battery: Review and methodology, DTIC Document ADA181697.
47. Webb JT, Oakley CJ, Meeker LJ . Unpredictability of fighter pilot G tolerance using anthropometric and physiological variables . Aviat Space Environ Med. 1991; 62(2): 128 – 135.

48. Forster EM, Shender BS, Forster EC . The effect of aircrew age on +Gz tolerance as measured in a human-use centrifuge. Proceedings of the RTO HFM Symposium; 1999 October 11-14; Toulon, France. Neuilly-sur-Seine (France): NATO STO; 2000 . RTO MP-33.
49. Park M, Yoo S, Seol H, Kim C, Hong Y. Unpredictability of fighter pilots' G duration tolerance by anthropometric and physiological characteristics . *Aerosp Med Hum Perform*. 2015; 86(4):397–401.
50. Newman DG1, Callister R. Flying Experience and Cardiovascular Response to Rapid Head-up Tilt in Fighter Pilots. *Aviat Space Environ Med*. 2009 Aug;80(8):723-6.
51. GILLINGHAM K, SCHADE C, JACKSON W, GILSTRAP L. Women's G tolerance. *Aviat. Space Environ. Med*. 1986; 57:745-53.
52. Klein KE, Bruner H, Jovy D, Vogt L, Wegmann HM . Influence of stature and physical fitness on tilt-table and acceleration tolerance . *Aerosp Med*. 1969 ; 40 (3): 293 – 297 .
53. Duane TD, Beckman EL, Coburn KR . Limitation of ocular motility and pupillary dilatation in human beings during positive acceleration . *Invest Ophthalmol* 1962 ; 1 : 136 – 41.
54. Yilmaz U, Cetinguc M, Akin A . Visual symptoms and G-LOC in the operational environment and during centrifuge training of Turkish jet pilots . *Aviat Space Environ Med* 1999 ; 70 :709 – 12.
55. Truszczyński O, Wojtkowiak M, Kowalczyk K, Biernacki M, Lewkowicz R . Percepcja wzrokowa u pilotów w warunkach niedotlenienia wysoko ściowego [Visual perception of pilots in high altitude hypoxia] . *Polski Przegląd Medycyny Lotniczej* 2010 ; 2 : 141 – 9 (in Polish).

56. Ruszczyński O, Wojtkowiak M, Lewkowicz R, Biernacki MP, Kowalczyk K. Reaction time in pilots at sustained acceleration of 1 4.5 G z . Aviat Space Environ Med 2013; 84: 845 – 9.
57. Morrissette KL, McGowan DG. Further support for the concept of a G-LOC syndrome: a survey of military high-performance aviators. Aviat Space Environ Med 2000; 71:496 –500.
58. RICKARDS CA, NEWMAN DG. G-induced visual and cognitive disturbances in a survey of 65 operational fighter pilots. Aviat Space Environ Med 2005; 76:496 –500.
59. Houghton JO, McBride DK, Hannah K . Performance and physiological effects of acceleration-induced ( + Gz) loss of consciousness . Aviat Space Environ Med 1985 ; 56 : 956 – 65 .
60. Levin B, Andersson J, Karlsson T . Memory performance during G exposure as assessed by a word recognition task . Aviat Space Environ Med 2007 ; 78 : 587 – 92.
61. Biernacki MP, T Arnowski A, L Engsfeld K, Lewkowicz R, Kowalczyk K, Deren M. +G z load and executive functions. Aviat Space Environ Med 2013; 84:511 – 5.
62. Angevaren M, Aufdemkampe G, Verhaar HJ, Aleman A, Vanhees L. Physical activity and enhanced fitness to improve cognitive function in older people without known cognitive impairment. Cochrane Database Syst Rev. 2008 Jul 16;(3):CD005381. doi: 10.1002/14651858.CD005381.pub3.
63. Berry NM, Rickards CA, Newman DG . Acute cardiovascular adaptation to 10 consecutive episodes of head-up tilt . Aviat Space Environ Med 2006 ; 77 : 494 – 9 .)

64. Stevenson AT, SCOTT JPR, CHIESAS, SIND, COATESG, B AGSHAW M, H ARRIDGE S. Blood pressure, vascular resistance, and 1 G z tolerance during repeated 1 G z exposures. Aviat Space Environ Med 2014; 85: 536 – 42 .

65. Sevilla NL, Gardner JW. G-induced loss of consciousness: case-control study of 78 G-LoCs in the F-15, F-16, and A-10. Aviat Space Environ Med. 2005 Apr;76(4):370-4.



## EKLER

### BECK DEPRESYON ENVANTERİ

#### AÇIKLAMA:

Sayın cevaplayıcı aşağıda gruplar halinde cümleler verilmektedir. Öncelikle her gruptaki cümleleri dikkatle okuyarak, BUGÜN DÂHİL GEÇEN HAFTA içinde kendinizi nasıl hissettiğini en iyi anlatan cümleyi seçiniz. Eğer bir grupta durumunuzu, duygularınızı tarif eden birden fazla cümle varsa her birini daire içine alarak işaretleyiniz.

Soruları vereceğiniz samimi ve dürüst cevaplar araştırmanın bilimsel niteliği açısından son derece önemlidir. Bilimsel katkı ve yardımlarınız için sonsuz teşekkürler.

1. (0) Kendimi üzüntülü ve sıkıntılı hissetmiyorum.  
(1) Kendimi üzüntülü ve sıkıntılı hissediyorum.  
(2) Hep üzüntülü ve sıkıntılıyım.  
(3) O kadar üzüntülü ve sıkıntılıyım ki artık dayanamıyorum.
2. (0) Gelecek hakkında umutsuz ve karamsar değilim.  
(1) Gelecek hakkında karamsarım.  
(2) Gelecekte beklediğim hiçbir şey yok.  
(3) Geleceğim hakkında umutsuzum ve sanki hiçbir şey düzelmeyecekmiş gibi geliyor.
3. (0) Kendimi başarısız bir insan olarak görmüyorum.  
(1) Çevremdeki birçok kişiden daha çok başarısızlıklarım olmuş gibi hissediyorum.  
(2) Geçmişime baktığımda başarısızlıklarla dolu olduğunu görüyorum.  
(3) Kendimi tümüyle başarısız bir kişi olarak görüyorum.
4. (0) Birçok şeyden eskisi kadar zevk almıyorum.  
(1) Eskiden olduğu gibi her şeyden hoşlanmıyorum.  
(2) Artık hiçbir şey bana tam anlamıyla zevk vermiyor.  
(3) Her şeyden sıkılıyorum.

5. (0) Kendimi herhangi bir şekilde suçlu hissetmiyorum.  
(1) Kendimi zaman zaman suçlu hissediyorum.  
(2) Çoğu zaman kendimi suçlu hissediyorum.  
(3) Kendimi her zaman suçlu hissediyorum.
6. (0) Bana cezalandırılmışım gibi gelmiyor.  
(1) Cezalandırılabilceğimi seziyorum.  
(2) Cezalandırılmayı bekliyorum.  
(3) Cezalandırıldığımı hissediyorum.
7. (0) Kendimden memnunum.  
(1) Kendi kendimden pek memnun değilim.  
(2) Kendime çok kızıyorum.  
(3) Kendimden nefret ediyorum.
8. (0) Başkalarından daha kötü olduğumu sanmıyorum.  
(1) Zayıf yanlarım veya hatalarım için kendi kendimi eleştiririm.  
(2) Hatalarımdan dolayı her zaman kendimi kabahatli bulurum.  
(3) Her aksilik karşısında kendimi kabahatli bulurum
9. (0) Kendimi öldürmek gibi düşüncelerim yok.  
(1) Zaman zaman kendimi öldürmeyi düşündüğüm oluyor fakat yapmıyorum.  
(2) Kendimi öldürmek isterdim.  
(3) Fırsatını bulsam kendimi öldürürüm.
10. (0) Her zamankinden fazla içimden ağlamak gelmiyor.  
(1) Zaman zaman içimden ağlamak geliyor.  
(2) Çoğu zaman ağlıyorum.  
(3) Eskiden ağlayabilirdim şimdi istesem de ağlayamıyorum.
11. (0) Şimdi her zaman olduğundan daha sinirli değilim.  
(1) Eskisine kıyasla kolay kızıyor ya da sinirleniyorum.  
(2) Şimdi hep sinirliyim.  
(3) Bir zamanlar



12. (0) Başkaları ile görüşmek, konuşmak isteğimi kaybetmedim.  
(1) Başkaları ile eskiden daha az konuşmak, görüşmek istiyorum.  
(2) Başkalarıyla konuşma ve görüşme isteğimi kaybettim.  
(3) Hiç kimseyle görüşüp konuşmak istemiyorum.
13. (0) Eskiden olduğu kadar kolay karar verebiliyorum.  
(1) Eskiden olduğu kadar kolay karar veremiyorum.  
(2) Karar verirken eskisine kıyasla çok güçlük çekiyorum.  
(3) Artık hiç karar veremiyorum.
14. (0) Aynada kendime baktığımda bir değişiklik görmüyorum.  
(1) Daha yaşlanmışım ve çirkinleşmiş gibi geliyor.  
(2) Görünüşümün çok değiştiğini ve daha çirkinleştiğimi hissediyorum.  
(3) Kendimi çok çirkin buluyorum.
15. (0) Eskisi kadar iyi çalışabiliyorum.  
(1) Bir şeyler yapabilmek için gayret göstermek gerekir.  
(2) Herhangi bir şeyi yapabilmek için kendimi çok zorlamam gerekiyor.  
(3) Hiçbir şey yapamıyorum.
16. (0) Her zamanki gibi uyuyabiliyorum.  
(1) Eskiden olduğu gibi uyuyamıyorum.  
(2) Her zamankinden 1-2 saat daha erken uyanıyorum ve tekrar uyuyamıyorum.  
(3) Her zamankinden çok daha erken uyanıyorum ve tekrar uyuyamıyorum.
- 17.(0) Her zamankinden daha çabuk yorulmuyorum.  
(1) Her zamankinden daha çabuk yoruluyorum.  
(2) Yaptığım hemen her şey beni yoruyor.  
(3) Kendimi hiçbir şey yapamayacak kadar yorgun hissediyorum.

18. (0) İştahım her zamanki gibi.

(1) İştahım eskisi kadar iyi değil.

(2) İştahım çok azaldı.

(3) Artık hiç iştahım yok.

19. (0) Son zamanlarda kilo vermedim.

(1) İki kilodan fazla kilo verdim.

(2) Dört kilodan fazla kilo verdim.

(3) Altı kilodan fazla kilo verdim.

Daha az yiyerek kilo vermeye çalışıyorum. ( ) Evet ( ) Hayır

19. (0) Sağlığım beni fazla endişelendirmiyor.

(1) Ağrı, sancı, mide bozukluğu ve kabızlık gibi rahatsızlıklar beni endişelendiriyor.

(2) Saęlıęım beni endiřelendirdięi için bařka Őeyleri dűřünmek zorlařıyor.

(3) Saęlıęım hakkında o kadar endiřeliyim ki bařka hiçbir Őey dűřünemiyorum.

20. (0) Son zamanlarda cinsel konulara olan ilгимde bir değişme fark etmedim.

(1) Cinsel konularla eskisinden daha az ilgiliyim.

(2) Cinsel konularla Şimdi çok daha az ilgiliyim.

(3) Cinsel konulara olan ilgimi tamamen kaybettim

## Fagerström Nikotin Bağımlılık Testi

1. Günün ilk sigarasını sabah uyandıktan ne kadar sonra içersiniz?

- a. İlk 5 dakika içinde  
b. 6-30 dakika içinde  
c. 31-60 dakika içinde  
d. 1 saatten sonra

2. Sigara içmenin yasak olduğu yerlerde sigara içmemek sizi zorlar mı?

- a. Evet      b. Hayır

3. Günün hangi sigarasından vazgeçmek sizin için daha zordur?

- a. Sabah ilk içilen sigara      b. Diğer zamanlarda içilen sigaralar

4. Günde kaç adet sigara içiyorsunuz?

- a. 31 ve daha fazla      b. 21-30 adet  
c. 11-20 adet      d. 10 ve daha az

5. Sabahları günün diğer zamanlarına göre daha fazla sigara içiyor musunuz?

- a. Evet      b. Hayır

6. Yatmanızı gerektirecek kadar hasta olduğunuz zamanlarda da sigara içer misiniz?

- a. Evet      b. Hayır

# BERLİN UYKU DEĞERLENDİRME ANKETİ

## Kategori 1

1. Horlamanız var mı?    **a.** Evet    **b.** Hayır    **c.** Bilmiyorum
2. Horlamanızın şiddeti ne kadardır?
  - a.** Nefes alma sesinden biraz fazladır
  - b.** Konuşma sesi gibidir
  - c.** Konuşma sesinden daha şiddetlidir
  - d.** Çok şiddetlidir, yan odadan duyulabilir
3. Horlama sıklığınız nedir?
  - a.** Hemen her gece (1 puan)
  - b.** Haftada 3-4 gece (1 puan)
  - c.** Haftada 1-2 gece
  - d.** Ayda 1-2 gece
  - e.** Hemen hemen hiçbir zaman
4. Horlamanızdan diğer insanlar rahatsız olur mu?
  - a)**Evet    **b )**Hayır    **c )**Bilmiyorum
5. Uyku sırasında nefesinizin durduğunu söyleyen oldu mu?
  - a.** Hemen her gece
  - b.** Haftada 3-4 gece
  - c.** Haftada 1-2 gece
  - d.** Ayda 1-2 gece
  - e.** Hemen hemen hiçbir zaman

## Kategori 2

6. Uykudan uyandıığınızda kendinizi ne kadar sıklıkla yorgun ve halsiz hissedersiniz?
  - a.** Hemen her sabah    **b.** Haftada 3-4 sabah    **c.** Haftada 1-2 sabah
  - d.** Ayda 1-2 sabah    **e.** Hemen hemen hiçbir zaman
7. Gündüz saatlerinde kendinizi ne kadar sıklıkla yorgun ve halsiz hissedersiniz?
  - a.** Hemen her gün    **b.** Haftada 3-4 gün    **c.** Haftada 1-2 gün
  - d.** Ayda 1-2 gün    **e.** Hemen hemen hiçbir zaman
8. Hiç araç kullanırken uyuyakaldığınız veya uyumak üzere iken fark ettiğiniz oldu mu?
  - a.** Evet    **b.** Hayır    **c.** Bilmiyorum

9. Araç kullanırken aşırı uykululuk veya uyuyakalma ne kadar sıklıkla olur?

a. Hemen her gün

b. Haftada 3-4 gün

c. Haftada 1-2 gün

d. Ayda 1-2 gün

e. Hemen hemen hiçbir zaman

### Kategori 3

10. Hipertansiyon veya obezite (beden kitle indeksi>30kg/m<sup>2</sup>)

a. Evet

b. Hayır



**SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ HAVA VE UZAY HEKİMLİĞİ AD.**  
**BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ ONAM FORMU**

**“AKSELERASYON KUVVETLERİNİN BİLİŞSEL FONKSİYONLAR  
ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ”**

Bir bilimsel araştırma çalışmasına katılmanız istenmektedir. Çalışmaya katılıp katılmama kararı tamamen size aittir. Katılmak isteyip istemediğinize karar vermeden önce araştırmanın neden yapıldığını, bilgilerinizin nasıl kullanılacağını, çalışmanın neleri içerdiğini ve olası yararlarını, risklerini ve rahatsızlık verebilecek konuları anlamanız önemlidir. Lütfen aşağıdaki bilgileri dikkatlice okumak için zaman ayırınız. Eğer çalışmaya katılmaya karar verirsiniz imzalamanız için size bu Bilgilendirilmiş Gönüllü Onam Formu verilecektir. Çalışmadan herhangi bir zamanda hiçbir gerekçe sunmadan ayrılmakta özgürsünüz.

**ÇALIŞMANIN KONUSU VE AMACI:**

Akselerasyon kuvvetlerinin bilişsel fonksiyon kaybına etkisinin olup olmadığını tespit etmektir.

**ÇALIŞMA İŞLEMLERİ:**

Çalışmaya katılmayı kabul ettiğiniz takdirde sağlık özgeçmişiniz, sigara kullanıp kullanmadığınız, spor faaliyetleriniz ve alışkanlıklarınızın sorgulandığı 6 sorudan oluşan bir anket dolduracaksınız. Daha sonra **BECK Depresyon anketi**, **FAGERSTRÖM Nikotin Bağımlılık Testi** ve **BERLİN Uyku Bozukluk Testi** sırasıyla yazılı olarak doldurulacaktır. Ardından dokunmatik tablet bilgisayarda yüklü olan PEBL (The Psychology Experiment Building Language) tabanlı toplam tamamlama süresi 3 dakikayı geçmeyecek **“Time Wall”** kognitif performans ölçüm testine alınacaksınız. Sonraki aşamada eğitiminiz gereği G-Lab cihazında yönerge gereği yapmanız gereken G profilini alacaksınız. Eğitimin sonunda tekrar Time Wall kognitif performans testi yapılacaktır. G profili öncesi ve hemen sonrası tansiyon değerleriniz ölçülerek kayıt altına alınacaktır. Elde edilen kognitif test performans verileri istatistiksel olarak analiz edilecektir.

### **ÇALIŞMAYA KATILMAMIN OLASI YARARLARI NELERDİR?**

Yapılan çalışmaya katılımın sonrasında alınan sonuçlar ile akselerasyon kuvvetlerinin beyin fonksiyonlarına etkileri araştırılarak uçuş emniyeti ve uçucu farkındalığının artırılması planlanmaktadır.

### **ÇALIŞMAYA KATILMAMIN OLASI RİSKLERİ NELERDİR?**

Yapılan çalışmaya katılımınız rutin periyodik uçuş fizyolojisi eğitiminizin sahip olduğu risklerden daha fazla bir risk içermemektedir.

### **KİŞİSEL BİLGİLERİM NASIL KULLANILACAK?**

Kimlik bilgileriniz çalışmanın herhangi bir aşamasında hiçbir zaman kullanılmayacaktır. Doldurduğunuz anketlere verdiğiniz cevaplar ve araştırma süresince görsel/işitsel cihaz kullanılarak edinilen her türlü bilgi yalnızca bilimsel amaçlar için kullanılacaktır. Bilgileriniz hiçbir kimse ile ve herhangi bir amaç için asla paylaşılmayacaktır.

### **SORU VE PROBLEMLER İÇİN BAŞVURULACAK KİŞİLER:**

Dr. Şükrü Hakan GÜNDÜZ

Cep Tel: 0 542 673 2421

### **Çalışmaya Katılma Onayı**

Bu bilgilendirilmiş olur belgesini “**OKUDUM, ANLADIM VE ONAY VERİYORUM. BU BELGENİN BİR NÜSHASINI TESLİM ALDIM.** Bu araştırmaya katılmayı kabul ediyorum ve bu onay belgesini kendi hür irademle imzalıyorum. Bu onay, ilgili hiçbir kanun ve yönetmeliği geçersiz kılmaz. Araştırmacı saklamam için bu belgenin bir kopyasını çalışma sırasında dikkat edeceğim noktaları da içerecek şekilde bana teslim etmiştir.

Gönüllü Adı Soyadı:		İmza:

Araştırmacı Adı Soyadı:		Tarih ve İmza:
Adres ve Telefon:		

**SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ HAVA VE UZAY HEKİMLİĞİ AD.  
ARAŞTIRMA ANKET FORMU**

Doğum Yılıınız :

Boy:

Kilo:

Toplam uçuş Saatiniz:

Son 6 ay içindeki uçuş saati:

Muayene tipi:  **YILLIK**

**4 YILLIK**

1- **Düzenli spor yapıyor musunuz?**

Hayır, yapmıyorum.

Evet, ..... yıldır düzenli spor yapıyorum.

I-Her gün

III-Haftada 1 kez

II-Haftada 2-3 kez

IV-Ayda 2-3 kez

2- **Hangi spor branşı veya branşlar ile uğraşıyorsunuz?(Birden fazla seçenek işaretleyebilirsiniz)**

Atletizm

Kross-Koşu

Masa Tenisi

Judo

Vücut Geliştirme

Yüzme

Güreş

Bisiklet

Diğer



3- **Sigara kullanıyor musunuz?**

- Hayır, hiç kullanmadım.
- Hayır, ...yıl önce bıraktım.(Bırakmadan önce sıklık.....tane/gün
- Evet, ..... yıldır sigara kullanıyorum.
- I- Günde 1-3 tane                      III- Günde 1 paket
- II- Günde 5-10 tane                      IV- Günde .....paket

4- **SOLUNUM:**

- Nefes Darlığı     Boğaz Ağrısı     Tükürükte Kan
- Öksürük             Balgam             Hırıltılı Nefes

5- **KARDİYOVASKÜLER**

- Göğüs Ağrısı     Bayılma     Ayakta Şişlik     Çarpıntı

6- **NÖROLOJİK:**

- Ellerde ve ayaklarda uyuşma     Halsizlik     Konuşmada Bozukluk
- Baş Dönmesi                       Baş Ağrısı     Dengesizlik