

UÇUŞTA YAŞANILAN SPASYAL DEZORYANTASYON (SD) DENEYİMLERİNİN İNCELENMESİ

Abdurrahman Engin Demir*
Sağlık Bilimleri Üniversitesi/ ANKARA

Ahmet Akın†
Neoks Hiperbarik Oksijen
Tedavi Merkezi/ BURSA

ÖZET

Havacılıkta Spasyal Dezoryantasyon (Spatial Disorientation- SD), hava aracı manevralarının vestibüler sistemi etkilemesi ya da uçuş ortamının görsel ve psikolojik olarak yarattığı his yanılgıları nedeniyle, uçucunun kendisinin veya kullandığı hava aracının hareketini ve konumunu yerküre düzlemine göre veya görüş mesafesindeki bir başka hava aracına göre doğru olarak algılayamaması durumudur. SD kapsamındaki his yanılgılarının uçuşta ne sıklıkta yaşandığını ve uçuş emniyeti açısından ne düzeyde risk yarattığını saptamak amacıyla yaşları 24-46 (32,83±4,95) arasında değişen 203 pilota anket uygulanmıştır. Tehlike seviyesini belirlemek için Görsel Analog Skala kullanılmıştır. 203 pilotun 68'inin (%33,5) jet pilotu, 112'sinin (%55,2) helikopter pilotu, 23'ünün (%11,3) nakliye uçağı pilotu olduğu saptanmıştır. İniş sırasındaki his yanılgıları (%78,8), anti-collision ışıklarının bulut/ sis yansımalarından kaynaklanan his yanılgıları (%75,9) ve Gece Görüş Gözlüğü (GGG) kullanımına bağlı his yanılgıları (%72,7) en sık yaşanan his yanılgıları olarak bulunmuştur. GGG kullanımına bağlı his yanılgıları, fascination ve leans yanılgısı tüm pilotlar arasında en tehlikeli bulunan his yanılgıları olarak saptanmıştır. Genel maksat helikopterleri (8,27±1,94) ile taarruz helikopteri (6,38±1,20) arasında bu yanılgının yarattığı tehlike dereceleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmıştır (p<0,001). Pilotlar arasında yeryüzü-gökyüzü ışıklarının birbirine karıştırılması yanılgısını yaşama oranları açısından ise istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmıştır (p<0,001). Ayrıca, genel maksat helikopterleri ve taarruz helikopteri (AH-1) pilotları arasında da bu yanılgıyı yaşama oranları yönünden istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmıştır (p=0,035). Yaptığımız bu çalışmada yanılgıların ve uçuşta yarattıkları tehlikenin hava aracı tipleri ve pilotlar arasında farklılık gösterdiği saptanmış, eğitimlerde her pilota özel uçuş profillerinin geliştirilmesinin faydalı olacağı değerlendirilmiştir.

*Uzman Doktor, Hava ve Uzay Hekimliği AD, E-posta: aengindmr@hotmail.com

†Prof. Dr., Neoks Hiperbarik Oksijen Tedavi Merkezi, E-posta: ahmetakin45@gmail.com

GİRİŞ

İnsan, yeryüzünde ortalama 1G (9,8 m/s²)' lik yerçekimi kuvveti altında yaşamaya uyum sağlamıştır. Bir insanın yerküre üzerindeki pozisyonu ve konumu, çeşitli duysal veri girdilerinin özelleşmiş organ ve sistemlerce toplanıp merkezi sinir sistemi tarafından bütünleştirilmesi ve yorumlanması ile sağlanmaktadır. Bu duysal verilerin algılandığı yerler görsel sistem, vestibüler sistem ve proprioseptif sistem olup bu üç sistem, konumsal oryantasyonun sağlanmasında birbirlerinden farklı oranlarda ve belli bir uyum içinde görev yapmaktadır. Uçuş ortamında ise, harici görsel referansların tam olduğu, yetersiz kaldığı ya da hiç olmadığı bir ortamda kullanılan hava aracının hareketi, hızı ve konumundaki değişiklikler ile yetersiz ya da yanlış algılanan görsel referansların bu uyumu bozduğu, dolayısıyla normal fizyolojik oryantasyonun sağlanamadığı ya da sağlanmasında güçlük yaşandığı bir durum söz konusudur. Bu yüzden uçucuların şiddeti, süresi ve yönü değişkenlik gösteren hareketlere ve bir takım görsel illüzyonlara maruz kaldıkları hava ortamında spasyal oryantasyonlarını sağlamada sorun yaşamaları kaçınılmazdır.

Havacılıkta Spasyal Dezoryantasyon (*Spatial Disorientation- SD*), hava aracı manevralarının vestibüler sistemi etkilemesi ya da uçuş ortamının görsel ve psikolojik olarak yarattığı his yanılgıları nedeniyle, uçucunun kendisinin veya kullandığı hava aracının hareketini ve konumunu yerküre düzlemine veya görüş mesafesindeki bir başka hava aracına göre doğru olarak algılayamaması durumudur. Neredeyse her pilot, uçuş saati ve deneyimi ne düzeyde olursa olsun SD yaşadığını beyan etmektedir [Gibb vd., 2011]. SD, uçuş güvenliğini ciddi derece tehdit ettiği ve kazaya sebebiyet verdiği için havacılık tıbbının önemli sorunlarından biri olarak karşımıza çıkmaktadır [Newman vd., 2020]. Askeri havacılıkta meydana gelen uçak kazaları incelendiğinde, SD nedenli uçak kazalarının oranının %20'lere kadar çıktığı ve bu kazaların yaklaşık %80'inin ölümlü sonuçlandığı görülmektedir [Lyons vd., 1994; Gibb vd., 2011]. 1991-2000 yılları arasındaki 10 yıllık sürede SD, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Hava Kuvvetleri'ndeki A sınıfı kazaların %20,2'sinde, SD nedenli olmayan kazalardan 3 kat fazla ölümcül kaza miktarı ile birincil neden olarak değerlendirilmiştir [Benson, 2006]. ABD Hava Kuvvetleri'nde 1987-1995 yılları arasında meydana gelen 900'ü aşkın helikopter kazasının %30'una SD'nin neden olduğu saptanmıştır [Braithwaite vd., 1997]. 2003 yılında ABD Hava Kuvvetleri'nde meydana gelen helikopter kazaları ile ilgili yapılan bir araştırmada kaza nedenleri arasında SD insidansı %27 bulunmuştur [Matthews vd., 2003].

SD kapsamındaki his yanılgılarının yaşanma sıklıkları ve uçuşta yarattıkları tehlike derecesi kullanılan hava aracının tipine ve manevra kabiliyetine, kokpit özelliğine, pilotun uçuş sırasındaki fizyolojik ve psikolojik durumuna, meteorolojik şartlara ve bunun gibi birçok faktöre bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Yapılan birçok araştırmada SD konusu bir bütün olarak araştırılmış, hemen her tip oryantasyon bozukluğu SD tanımı kapsamında ele alınmış, anket ve kaza verileri çoğunlukla SD yaşanıp yaşanmamasına göre incelenmiş ve yorumlanmıştır. Havacılığın ilk yıllarından günümüze değin en önemli problemlerden biri olan SD ve kapsamındaki her bir his yanılgısı üzerinde ayrı ayrı çalışılması, çalışılırken de SD yaşanmasını etkileyecek faktörlerin dikkatli bir şekilde incelenmesi gerekmektedir.

Uçağın kontrolünün ve konumunun pilotun yanlış hislerine bağlı olması durumunda büyük bir tehlike söz konusudur ve düzeltilmediği takdirde kaza kaçınılmazdır. Yeni nesil hava araçlarında pilotun hemen her koşulda uçağı doğru kumanda etmesine olanak sağlayan kabin ekipmanlarındaki gelişmelere rağmen hala kazalar görülmektedir [Boyd vd., 2020]. Oryantasyon bozukluğuna bağlı kazaların büyük bir kısmı görüş mesafesinin kısıtlı olduğu, aletli uçuş gerektiren meteorolojik koşullar (IMC) altında aletli uçuş kuralları (Instrument Flight Rules-IFR) referans alınarak yapılan uçuşlar esnasında meydana gelmektedir [Kalagher vd., 2022]. Bu tip kazalar görerek uçulan şartlar (Visual Flight Rules- VFR) altında yapılan uçuşlarda, görüş alanındaki çevresel şartların hatalı yorumlanması sonucunda da meydana gelebilmektedir.

Literatürde SD'nin uçuşta yaşanma sıklığı hakkında bilgiler pilotlara uygulanan anket çalışmaları sonucunda edinilmektedir [Boril vd., 2018; Braithwaite vd., 1997; Holmes vd., 2003; Lewkowicz vd., 2020; Matthews vd., 2003; Pennings vd., 2020]. Bu anketler genellikle SD kapsamındaki his yanılgıları üzerine yoğunlaşmıştır. Söz konusu yanılgıların uçuşta yarattığı durumun tehlike derecesi ile ilgili yapılan çalışmalar [Durnford, 1992; Tormes vd., 1975; Lewkowicz vd., 2020] da havacılık tıbbi literatüründe mevcut olup sayıları SD ile ilgili yapılmış anketler kadar fazla değildir. Ülkemizde de SD konusuyla ilgili tanımlayıcı çalışmalar yapılmış, çalışmalarda sadece jet pilotlarının yaşadığı his yanılgıları genel hatlarıyla incelenmiştir. Bu çalışmada uçak ve helikopter pilotlarından uçuş sırasında karşılaştıkları spesifik his yanılgıları ve illüzyon tiplerini, bunların uçuşta ne sıklıkta yaşandığını ve illüzyonların her birinin uçuş emniyeti açısından tek başına ne seviyede tehlike oluşturduğunu saptamak amaçlanmıştır.

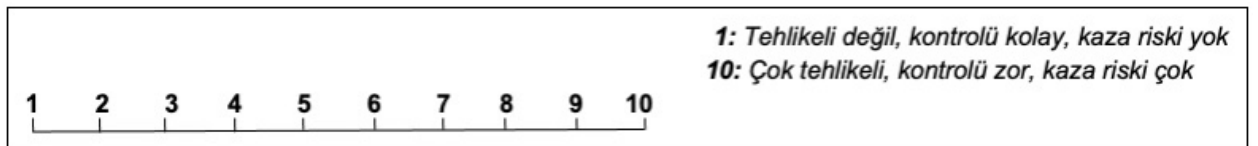
YÖNTEM

Periyodik sağlık muayenesi ve fizyolojik eğitim için Hava Kuvvetleri Komutanlığı Uçucu Sağlığı Araştırma ve Eğitim Merkezi (HvKK USAEM)/ Eskişehir' e başvuran 215 pilota anket uygulanmıştır. Ankette pilotların yaşı, boyu, kilosu, toplam uçuş saati, gece uçuş saati, kullandığı hava araçları, SD kapsamındaki his yanılgılarını (Yaklaşma ve iniş sırasında yaşanan his yanılgısı, *Anti-collision* ışıklarının bulut/ sis yansımalarının yarattığı his yanılgısı, GGG kullanımına bağlı his yanılgısı, *Leans, Fascination, Vection*, Kokpit içi ışıkların kanopi yansımalarının yarattığı his yanılgısı, Yeryüzü gökyüzü ışıklarının birbirine karıştırılması, *Coriolis* illüzyonu, *autokinesis, Head-up Display* kullanımına bağlı his yanılgısı, Hava aracını eğimli araziye/ buluta paralel tutma yanılgısı, Yıldızlara fikse olma, *Nose-down* yanılgısı, *Flicker Vertigo, G-Excess* illüzyonu, *Nose-Up* yanılgısı, *Giant Hand* fenomeni, *Graveyard spiral, Inversion* Yanılgısı, *Brownout-Whiteout* yanılgısı) aktif uçuş görevindeyken yaşayıp yaşamadıkları ve yaşadıkları his yanılgılarının uçuşta yarattığı tehlike seviyesi sorgulanmıştır.

His yanılgılarının yaşanma sıklığı sorgulanırken pilotlardan "*Hiç yaşamadım*", "*Nadiren yaşadım*", "*Çoğu uçuşta yaşadım*" ve "*Her uçuşta yaşadım*" ifadelerinden uygun olanı işaretlemeleri istenmiştir. '*Hiç yaşamadım*' ifadesini işaretleyen pilotların söz konusu yanılgıyı yaşamamış olduğu, diğer ifadelerden birini işaretleyenlerin ise yanılgıyı yaşamış olduğu kabul edilmiştir.

Tehlike derecesini belirlemek için Görsel Analog Skala (Şekil 1) kullanılmıştır ve pilotlardan yaşadıkları yanılgının uçuşta yarattığını düşündükleri tehlike seviyesini skala üzerinde işaretlemeleri istenmiştir.

Kullanım amaçları ve kanopi yapıları farklılık gösteren helikopterler Genel Maksat Helikopterleri (UH-1, UH-60, AS-532, AB-212, AB-412) ve Taarruz Helikopteri (AH-1) olarak gruplanmış, bu iki grup arasında farklılığın önemli olduğu düşünülen yanılgılar ayrıca incelenmiştir.



Şekil 1: Görsel Analog Skala

Pilotlardan yaşadıkları his yanılıgıları ile ilgili soruları yanıtlarken eğitim uçuşlarında yaşadıkları SD deneyimlerinden ziyade aktif uçuş görevlerinde yaşadıkları SD deneyimlerini dikkate almaları istenmiştir. Uçuş kariyeri boyunca farklı hava aracı tipleriyle uçan pilotlardan, en çok hangi hava aracı tipiyle aktif görev icra etmiş ise o hava aracını dikkate alarak soruları yanıtlaması istenmiştir.

UYGULAMALAR VE DEĞERLENDİRME

Yapılan incelemede 12 pilotun anketi uygun doldurulmadığı tespit edilmiş ve değerlendirme dışı bırakılmıştır. Çalışma kapsamında yaşları 24-46 ($32,83 \pm 4,95$) ve toplam uçuş saatleri 500-6200 ($1710,59 \pm 1029,53$) arasında değişen 203 pilotun anketleri değerlendirilmiştir. 203 pilotun 68'inin (%33,5) jet pilotu, 112'sinin (%55,2) helikopter pilotu, 23'ünün (%11,3) nakliye uçağı pilotu olduğu saptanmıştır (Tablo 1).

Sorgulanan bütün his yanılıgıları ve illüzyonların hava aracı tiplerine göre yaşanma sıklıkları değerlendirilmiş (Tablo 2), buna göre tüm pilotların en fazla SD'yi yaklaşma ve iniş sırasında (%78,8) yaşadığı, bunu *anti-collision* ışıklarının bulut/ sis yansımaları (%75,9) ve Gece Görüş Gözlüğü (GGG) kullanımına bağlı SD' nin (%72,7) takip ettiği bulunmuştur. Helikopter pilotlarının en fazla yaşadığı his yanılıgılarının GGG kullanımının yarattığı his yanılıgısı (%93,8) ile *brownout-whiteout* yanılıgısı (%93,8) olduğu, nakliye uçağı pilotlarının ise en fazla yaklaşma- iniş sırasında (%82,6) his yanılıgısı yaşadığı saptanmıştır. Jet pilotlarının en fazla yaşadığı yanılıgı tipleri %92,7'lik bir oranla *anti-collision* ışıklarının bulut/ sis yansımalarının yarattığı his yanılıgısı ve *leans* illüzyonudur.

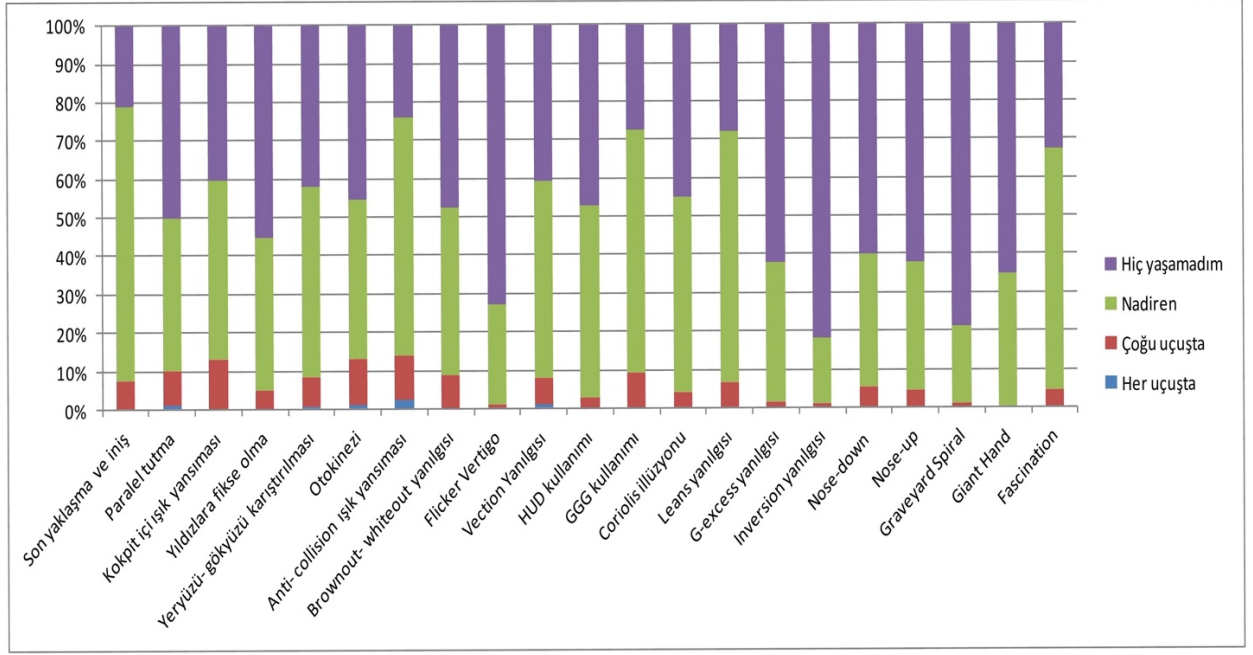
Hava aracı tipi	Hava aracı	Sayı (Yüzde)
Jet	F-16	33 (%48,5)
	F-4	29 (%42,6)
	F-5	4 (%5,9)
	T-38	2 (%2,9)
Helikopter	UH-1	62 (%55,4)
	AH-1	16 (%14,3)
	AS-532	12 (%10,7)
	UH-60	11 (%9,8)
	AB-212	8 (%7,1)
	AB-412	3 (%2,7)
Nakliye Uçağı	CN-235	14 (%60,9)
	C-130	4 (%17,4)
	C-160	4 (%17,4)
	KC-135R	1 (%4,3)

Tablo 1: Hava aracı tipleri ve hava araçlarının dağılımı

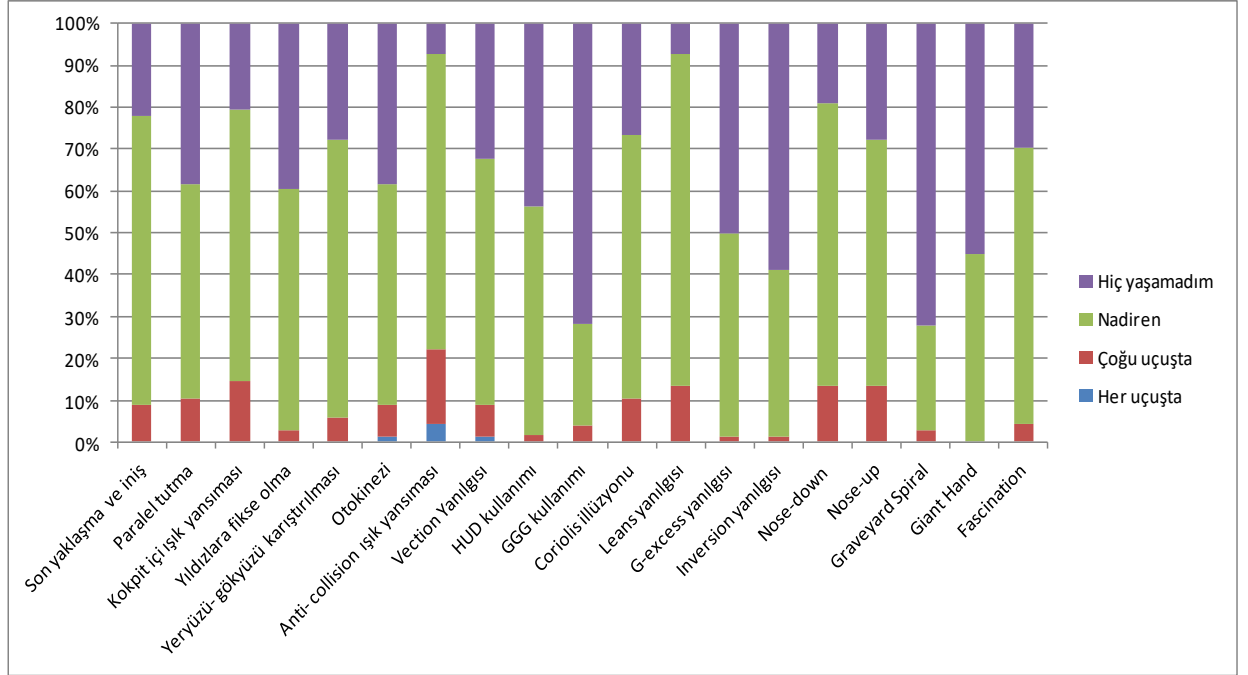
His yanılgıları ve illüzyonlar	Jet (n=68)	Helikopter (n=112)	Nakliye (n=23)	Toplam (n=203)
Yaklaşma ve iniş sırasında yaşanan his yanılgısı	53 (%77,9)	88 (%72,1)	19 (%82,6)	160 (%78,8)
<i>Anti-collision</i> ışıklarının bulut/sis yansımalarının yarattığı his yanılgısı	63 (%92,7)	79 (%70,6)	12 (%52,2)	154 (%75,9)
GGG kullanımına bağlı his yanılgısı	15 (%28,3)	105 (%93,8)	-	120 (%72,7)
<i>Leans</i> Yanılgısı	63 (%92,7)	62 (%55,4)	18 (%81,3)	146 (%71,9)
<i>Fascination</i> yanılgısı	47 (%70,2)	74 (%66,1)	15 (%65,3)	136 (%67,7)
<i>Vection</i> Yanılgısı	46 (%67,7)	71 (%63,4)	9 (%39,2)	126 (%62,1)
Kokpit içi ışıkların kanopi yansımalarının yarattığı his yanılgısı	54 (%79,5)	61 (%54,5)	6 (%26,1)	121(%59,6)
Yeryüzü gökyüzü ışıklarının birbirine karıştırılması yanılgısı	49 (%72,1)	64 (%57,2)	5 (%21,8)	118 (%58,1)
<i>Coriolis</i> illüzyonu	50 (%73,6)	49 (%43,8)	13 (%56,6)	112 (%55,2)
Otokinezi illüzyonu	42 (%61,8)	60 (%53,6)	9 (%39,2)	111 (%54,7)
HUD kullanımına bağlı his yanılgısı	36 (%56,3)	19 (%48,8)	-	55 (%53,3)
Hava aracını eğimli araziye/ buluta paralel tutma yanılgısı	42 (%61,8)	46 (%41,1)	13 (%56,6)	101 (%49,8)
Yıldızlara fikse olma yanılgısı	41 (%60,29)	48 (%42,9)	2 (%8,7)	91 (%44,8)
<i>Nose-down</i> yanılgısı	50 (%78,9)	14 (%12,5)	12 (%52,2)	81 (%39,9)
<i>Flicker Vertigo</i>	-	54 (%48,5)	-	-
<i>G Excess illüzyonu</i>	34 (%50)	35 (%31,3)	8 (%34,8)	77 (%37,9)
<i>Nose-Up</i> yanılgısı	49 (%72,1)	13 (%11,7)	15 (%65,3)	77 (%37,9)
<i>Giant Hand</i> fenomeni	31 (%45,6)	30 (%26,8)	10 (%43,5)	71 (%35)
<i>Graveyard spiral</i>	19 (%28)	22 (%19,7)	2 (%8,7)	43 (%21,2)
<i>Inversion</i> Yanılgısı	28 (%41,2)	2 (%1,8)	7 (%30,5)	37 (%18,2)
<i>Brownout-Whiteout</i> yanılgısı	-	105 (%93,8)	-	-

Tablo 2: His yanılgıları ve illüzyonların hava aracı tiplerine göre yaşanma sıklıkları

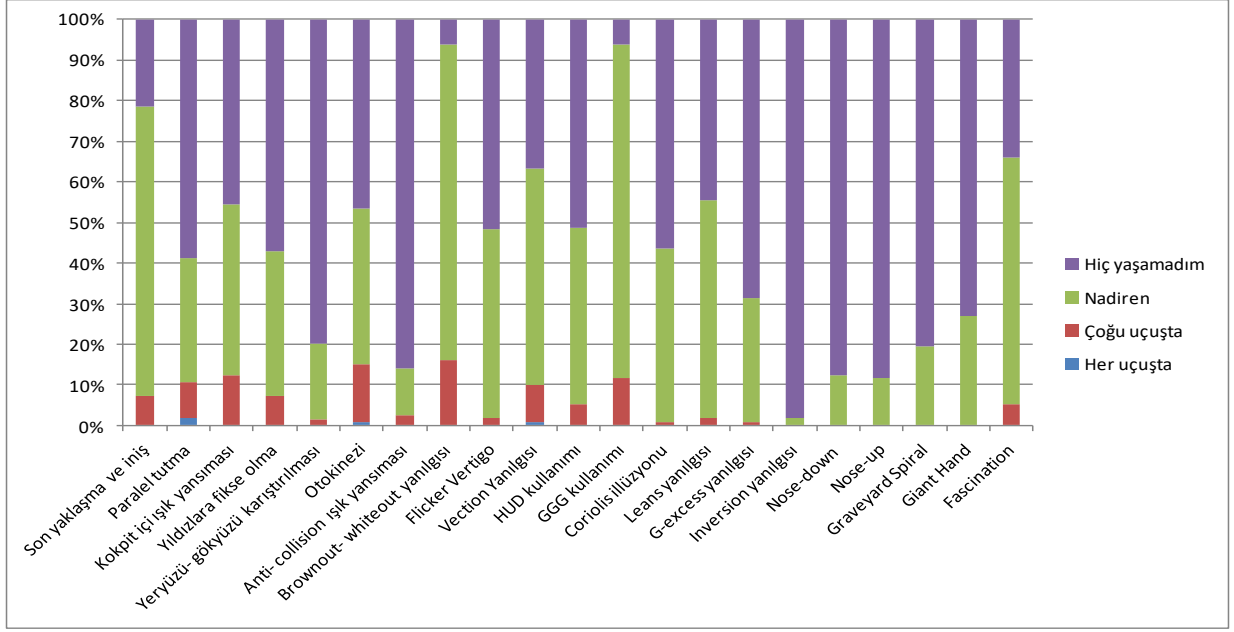
His yanılgıları ve illüzyonların tüm pilotlarda yaşanma sıklıkları Grafik 1'de gösterilmiştir. Ayrıca his yanılgılarının jet, helikopter ve nakliye uçağında yaşanma sıklıkları sırasıyla Grafik 2, Grafik 3 ve Grafik 4'te gösterilmiştir.



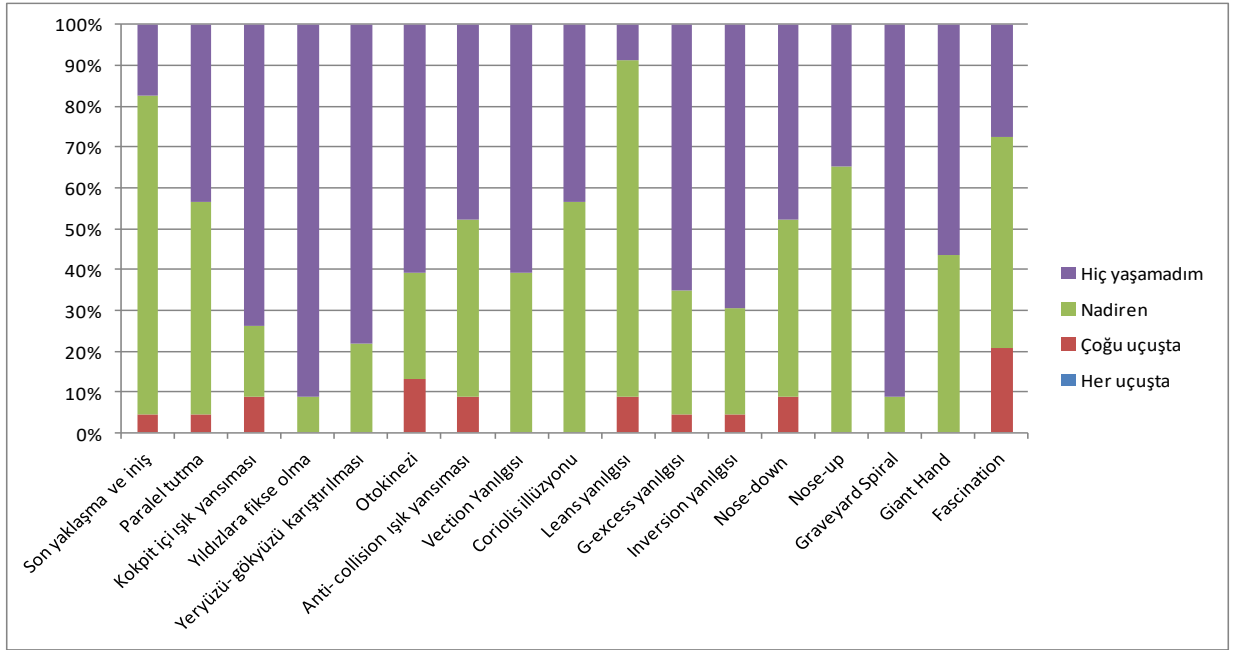
Grafik 1: Tüm pilotlarda his yanılgılarının görülme sıklıkları



Grafik 2: Jet uçağı pilotlarında tüm his yanılgılarının görülme sıklıkları



Grafik 3: Helikopter pilotlarında tüm his yanılgılarının görülme sıklıkları



Grafik 4: Nakliye uçağı pilotlarında tüm his yanılgılarının görülme sıklıkları

Pilotların en sık his yanılgısı yaşadığı uçuş şartlarının sorgulandığı anket sorusuna göre, tüm pilotların 189 tanesi VFR-IFR geçişlerde his yanılgısı yaşadığını belirtmiş olup bunların 78'i (%38,4) VFR-IFR geçişlerin en fazla his yanılgısı yaşadıkları uçuş şartları olduğunu belirtmiştir. Jet, helikopter ve nakliye pilotlarının ayrı ayrı en fazla his yanılgısı yaşadığı uçuş şartlarının yine VFR-IFR geçişler olduğu, bunu ise gece IFR şartların takip ettiği görülmüştür (Tablo 3).

Uçuş şartları	Jet (68)	Helikopter (112)	Nakliye (23)	Toplam (203)
VFR- IFR geçişler	28 (%41,2)	39 (%34,8)	11 (%47,8)	78 (%38,4)
Gece IFR	26 (%38,2)	10 (8,9)	9 (%39,1)	45 (%22,1)
Gündüz IFR	7 (%10,3)	7 (%6,3)	2 (%8,7)	16 (%7,9)
Gündüz VFR	2 (%2,9)	5 (%4,5)	1 (%4,3)	7 (%4,3)
Gece VFR	2 (%2,9)	2 (%1,8)	1 (%4,3)	5 (%2,5)

Tablo 3: En sık his yanılığı yaşanan uçuş şartlarının hava aracı tiplerine göre dağılımı

İniş ve yaklaşma sırasında his yanılığı yaşayan pilotların hangi uçuş şartlarında yanılığı yaşadıklarını ve yaşadıkları SD deneyimlerinin tehlike skoru ortalamaları Tablo 4'te gösterilmiştir. HvKK' da helikopterle inişlerde GGG kullanılmadığı için 4 HvKK mensubu helikopter pilotu, GGG ile iniş sırasında his yanılığı yaşanma durumunun sorgulandığı soruyu yanıtlamamıştır. Buna göre, jet pilotlarının %70,6'sının son yaklaşma ve iniş sırasında en sık gece IFR ve gece VFR şartlarda his yanılığı yaşadıkları, nakliye pilotlarının en fazla gece VFR şartlarda his yanılığı yaşadıkları, helikopter pilotlarının da %74,1'inin GGG kullanarak iniş yaptıkları sırada his yanılığı yaşadıkları görülmüştür. Jet pilotlarının bu yanılığı ile ilgili belirttiği tehlike puanı en fazla gece IFR şartlarda ($6,27 \pm 2,25$), nakliye pilotlarının gece VFR şartlarda ($5,53 \pm 2,10$), helikopter pilotlarının ise GGG kullanımı sırasında ($7,05 \pm 2,19$) saptanmıştır. İniş ve yaklaşmanın tüm şartlarında his yanılığı yaşayan jet ve nakliye pilotlarının tehlike puanlamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

İniş şartları		Jet	Helikopter	Nakliye	p değeri
VFR-IFR geçişler	Sayı-Yüzde	46 (%67,6)	57 (%50,9)	15 (%65,2)	
	Puan	$5,70 \pm 2,22$	$6,37 \pm 2,18$	$5,53 \pm 2,10$	0,297
Gece IFR	Sayı-Yüzde	48 (%70,6)	56 (%50)	17 (%73,9)	
	Puan	$6,27 \pm 2,25$	$5,80 \pm 2,30$	$5,47 \pm 2,21$	0,324
Gece VFR	Sayı-Yüzde	48 (%70,6)	67 (%59,8)	18 (%78,3)	
	Puan	$5,02 \pm 1,75$	$5,51 \pm 2,07$	$4,72 \pm 2,13$	0,265
Gündüz IFR	Sayı-Yüzde	44 (%64,7)	52 (%46,4)	14 (%60,9)	
	Puan	$5,02 \pm 2,41$	$5,10 \pm 2,33$	$5,00 \pm 1,56$	0,963
Gündüz VFR	Sayı-Yüzde	45 (%66,2)	55 (%49,1)	15 (%65,2)	
	Puan	$2,80 \pm 1,57$	$3,07 \pm 1,84$	$2,73 \pm 1,58$	0,818
GGG ile iniş	Sayı-Yüzde	-	80 (%74,1)	-	-
	Puan	-	$7,04 \pm 2,16$	-	-

Tablo 4: İniş ve yaklaşma sırasında his yanılığı yaşayan pilotların bu yanılığı yaşadığı uçuş şartlarının ve ortalama tehlike skorlarının hava aracı tipine göre dağılımı

Jet, helikopter ve nakliye uçağı pilotlarının yaşadıkları his yanılıgı ile ilgili tehlike ve risk puanlamalarına bakıldığında; helikopter pilotlarında en yüksek puanın *brownout-whiteout* yanılıgına ($7,85 \pm 2,19$) ait olduğu, jet pilotlarında en yüksek puanın *coriolis* illüzyonuna

(6,68±2,03) ait olduğu, nakliye uçağı pilotlarında ise en yüksek puanın *fascination* illüzyonuna (6,93±2,19) ait olduğu görülmüştür.

Helikopter pilotlarının %93,8'inin *brownout- whiteout* yanılığını yaşadığı, yanılıyla ilgili tehlike skorunun da 7,85±1,99 olduğu saptanmıştır. Genel maksat helikopterleri (8,27±1,94) ile taarruz helikopteri (6,38±1,20) arasında bu yanılığının yarattığı tehlike dereceleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmıştır ($p<0,001$). Uçuşta GGG kullanımına bağlı oryantasyon bozukluğunu en fazla yaşayan pilotların helikopter pilotları (%93,8) olduğu, en fazla tehlike puan ortalamasının (7,05±2,19) da yine helikopter pilotlarına ait olduğu saptanmıştır.

Jet pilotlarının %92,7'lik bir oranla *anti-collision* ışıklarının bulut/sis yansımalarının yarattığı his yanılığını en fazla yaşayan pilot grubu olduğu, tehlike skorunun da 5,76±1,98 ile yine en fazla jet pilotlarına ait olduğu görülmüştür. Jet, helikopter ve nakliye pilotları arasında bu yanılığının yarattığı tehlike dereceleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmıştır ($p=0,021$). Genel maksat helikopterleri ve taarruz helikopteri pilotları arasında yeryüzü-gökyüzü ışıklarının birbirine karıştırılması yanılığını ($p=0,035$) ve *autokinesis* yanılığını ($p<0,001$) yaşama oranları yönünden istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur.

His yanılığları ve illüzyonlar	Jet (n=68)	Helikopter (n=112)	Nakliye (n=23)	Toplam (n=203)	p değeri
GGG kullanımına bağlı his yanılığısı	6,53± 2,00	7,05± 2,19	-	6,98± 2,16	0,338
<i>Fascination yanılığısı</i>	6,23± 2,32	6,57± 2,12	6,93± 2,19	6,49± 2,19	0,560
<i>Leans Yanılığısı</i>	6,62± 1,94	5,85± 2,41	6,33± 1,65	6,42± 2,11	0,302
<i>Giant Hand fenomeni</i>	6,13± 2,35	6,23± 2,51	5,50± 2,07	6,08± 2,36	0,558
<i>Coriolis illüzyonu</i>	6,68± 2,03	5,41± 2,15	5,85± 2,15	5,98± 2,08	0,749
<i>Graveyard spiral</i>	5,74± 1,79	5,82± 1,99	5,50± 3,54	5,77± 1,91	0,969
<i>Vection Yanılığısı</i>	5,54± 2,05	5,54± 2,34	5,44± 1,74	5,53± 2,18	0,983
Yeryüzü gökyüzü ışıklarının birbirine karıştırılması yanılığısı	5,69± 2,53	5,08± 2,16	4,80± 2,95	5,32± 2,35	0,367
<i>Anti-collision</i> ışıklarının bulut/sis yansımalarının yarattığı his yanılığısı	5,76± 1,98	5,08± 2,17	4,17± 1,40	5,29± 2,08	0,021
HUD kullanımına bağlı his yanılığısı	4,92± 1,99	5,84± 2,32	-	5,24± 2,13	0,138
<i>G-excess yanılığısı</i>	4,62± 2,00	5,63± 2,13	4,50± 1,77	5,06± 2,08	0,104
Hava aracını eğimli araziye/ buluta paralel tutma yanılığısı	4,55± 1,90	5,39± 2,15	4,62± 1,66	4,94± 2,01	0,201
Yıldızlara fikse olma yanılığısı	4,78± 1,85	5,04± 2,18	2,00± 1,41	4,86± 2,05	0,145
<i>Nose-up yanılığısı</i>	5,08± 2,03	4,46± 1,27	4,87± 1,85	4,84± 1,88	0,651
Kokpit içi ışıkların kanopi yansımalarının yarattığı his yanılığısı	4,78± 1,92	4,77± 2,14	3,83± 1,60	4,73±2,01	0,670
Otokinezis illüzyonu	4,45± 1,97	4,73± 2,09	4,22± 1,92	4,59± 2,02	0,734
<i>Inversion yanılığısı</i>	5,04± 1,67	3,67± 0,58	4,57± 1,99	4,29± 1,75	0,072
<i>Nose-down yanılığısı</i>	3,69± 1,57	4,29± 2,05	3,92± 2,27	3,83± 1,76	0,658
<i>Flicker Vertigo</i>	-	5,59± 1,79	-	-	-
<i>Brownout-whiteout yanılığısı</i>	-	7,85± 1,99	-	-	-

Tablo 5: His yanılığları ve illüzyonların hava aracı tiplerine göre tehlike ve risk skorları

Çalışmamızda sorgulanan bütün his yanılıklarına genel olarak baktığımızda, tüm pilotların en fazla his yanılığını son yaklaşma ve iniş sırasında yaşadıkları görülmektedir. Son yaklaşma ve iniş sırasında pilotun üzerindeki iş yükü genellikle daha fazladır; çünkü pilot yaklaşma açısını büyük bir hassasiyetle sağlamaya çalışırken meteorolojik koşullardan gösterge durumlarına, kule ile bilgi alışverişinden pist yapısına kadar birçok işlemi aynı anda değerlendirmek zorundadır. ABD Hava Kuvvetleri ve ABD Deniz Kuvvetleri'nde yapılan araştırmalar sonucunda SD nedenli kazaların %12 ila 25'inin uçuşun iniş fazında meydana geldiği saptanmıştır [Lyons vd., 1994; Bellenkes vd., 1992]. Yolcu uçağı kazalarının incelendiği ve araziye kontrollü uçuş (*CFIT- Controlled Flight Into Terrain*) kazalarının %70'inin iniş sırasında meydana geldiğinin saptandığı bir çalışma, aynı sorunun sivil havacılıkta da olduğunu göstermektedir [Scott, 1996].

Son yaklaşma ve iniş sırasında 3 hava aracı tipi içinde en fazla his yanılığını yaşayan pilotların nakliye uçağı pilotları olduğu görülmüştür. Nakliye uçağı pilotları gün içinde genellikle birden fazla yere uçuş gerçekleştirmekte ve bundan dolayı birden fazla piste iniş-kalkış yapmaktadır. Yurdumuz genelinde meteorolojik değişikliklerin sık yaşandığı, her pistin bulunduğu yerin ve çevresinin fiziksel özelliklerinden dolayı kendine özgü bir yapısının olduğu da düşünüldüğünde nakliye uçağı pilotlarının yaklaşma ve iniş sırasında his yanılığını yaşama ihtimalinin arttığı söylenebilir. Yapılan bir araştırmada, pilotların alışkın olmadıkları pistlere yaptıkları inişlerde his yanılığını yaşama sıklığının arttığı gösterilmiştir [Hartmann vd., 1968].

Çalışmamızda tüm pilotların en sık his yanılığını yaşadıkları uçuş şartlarının VFR-IFR geçişler olduğu saptanmıştır. Jet, helikopter ve nakliye pilotları sırasıyla en fazla VFR-IFR geçişlerde ve gece IFR şartlarda his yanılığını yaşadıklarını belirtmiştir. VFR-IFR geçişlerin SD nedenli birçok kazada büyük rol oynadığı tespit edilmiştir [Bellenkes vd., 1992]. 1992 yılında İngiltere'de 440 pilota uygulanan bir anket çalışmasında pilotların uçuş hayatları boyunca yaşadıkları en ciddi SD deneyimlerinin VFR-IFR şartlarda meydana geldiği belirtilmiştir [Durnford, 1992]. Bir başka çalışmada, VFR-IFR geçişlerin oryantasyon bozukluğu yaşama sıklığını belirgin bir biçimde arttırdığı saptanmıştır [Tormes vd., 1975]. VFR-IFR geçişlerde uçuş şartları kısa süreler içinde ardı ardına değişiklik göstermekte, pilot devamlı değişiklik gösteren uçuş şartlarına en kısa sürede uyum sağlamaya çalışmakta ve pilotun SD yaşama ihtimali artmaktadır. Bu geçişlerde bulut kümelerine hızlı giriş çıkışlar hareket paralaksı yaşanmasına neden olabilmekte, özellikle kol uçuşlarında koldaki uçucuları kolayca yanıltabilmektedir. Çalışmamıza katılan bir F-4 uçağı pilotunun yaşadıkları, bu yanılığa uygun bir örnek olarak değerlendirilebilir:

“Yaptığımız bir kol uçuşunda VFR-IFR geçişleri esnasında buluta girip çıkarken lider uçağı göre hızlı gidiyormuş gibi hissedip birden gaz kesmemle koldan ayrılmam bir oldu. Şanslıydım; çünkü kısa bir süre sonra bulut kümelerinden çıkıp tam görüş sağladım ve tekrar kolu yakaladım.”

Durum cayrosu düz uçuş gösterdiği halde pilotun kendini yatışta hissettiği veya durum cayrosu yatış gösterdiği halde pilotun kendini düz uçuşta hissettiği *Leans* yanılığını [Pennings vd., 2020], çalışmamızda jet pilotlarının en fazla yaşadığı bir diğer yanılığ olarak saptanmıştır. Ayrıca bu yanılığ, nakliye pilotlarının yaşadığı ikinci en sık yanılığ olup (%81,3) aynı zamanda diğer yanılığlar içinde en tehlikeli gördükleri yanılığdır ($6,93 \pm 2,19$). Jet pilotlarının *leans* yanılığısıyla ilgili tehlike puanlaması *coriolis* illüzyonu ile ilk sıralardadır ($6,62 \pm 1,94$). Yapılan birçok çalışmada *leans* yanılığını, uçucular tarafından en sık yaşanan his yanılığını olarak saptanmıştır [Benson, 1988; Sipes vd., 2000; Navathe vd., 1994]. Bu yanılığ sinsice gelişebilmekte, durum cayrosu uçağın hangi konumda olduğunu doğru olarak gösterse bile vestibüler ve proprioseptif sistemin daha baskın çıkmasından dolayı pilot görsel referanslar sağlanana kadar buna inanmakta güçlük yaşayabilmektedir [Landman vd., 2019]. Bu duruma örnek sayılabilecek bir SD epizodunu çalışmamıza katılan bir F-16 uçağı pilotu şöyle belirtmiştir:

“F-16 ile görev dönüşü sırasında, GCI (Ground-Controlled Interception) yaklaşma sırasında durum cayrosu düz uçuş göstermesine rağmen 45 derece yatışla alçalış yaptığımı hissediyordum. Bu durum bulut altı oluncaya kadar devam etti. Yatış hissini hissettiğimde aletlere baktım ve bulut altı oluncaya dek göstergelerin doğruyu gösterdiği konusunda kendi kendime telkinde bulundum. Yatış hissi bulut altı oluncaya kadar devam etti. Yanılığdan bulut altı olunca anca kurtulabildim.”

Çalışmamızda jet pilotlarının en tehlikeli bulunduğu his yanılığı *coriolis* illüzyonu ($6,68 \pm 2,03$) olarak görülmüştür. Yarım daire kanalları sabit bir angular (açısal) akselerasyon ile dengelenmişken ani baş hareketleri yapıldığı zaman, gerçekte dönüş yapılmayan bir düzlemde dönüş yapıldığı hissini alındığı illüzyon olan *coriolis* illüzyonunu her 3 hava aracı tipi arasında en fazla yaşayan pilot grubu jet pilotlarıdır (%73,6). Yapılan bir araştırmada, *coriolis* illüzyonu yaşama sıklığı %39 olarak belirtilmiş ve bu yanılığı yaşayan pilotların büyük bir kısmının F-4 pilotu olduğu saptanmıştır [Diamantopoulos vd., 2002]. Coriolis illüzyonu, manevra kabiliyeti yüksek olan jet uçaklarında sık yaşandığı gibi helikopter ve nakliye uçağı pilotlarında da yaşanabilmektedir. ABD Hava Kuvvetleri'nde SD ile ilgili yapılan bir anket çalışmasında, *coriolis* illüzyonu yaşanma oranı jet pilotlarında %62,2, helikopter pilotlarında %42,6 olarak tespit edilmiştir [Matthews vd., 2003]. Çalışmamızda helikopter pilotlarının %43,8'inin bu yanılığı yaşadığı görülmektedir. Keskin dönüşlerin yapıldığı uçuşlarda da helikopter pilotlarının bu yanılığı yaşayabildikleri belirtilmiştir [Previc, 2004]. Buna uygun örnek teşkil edebilecek bir SD epizodunu çalışmamıza katılan bir UH-1 pilotu şöyle ifade etmiştir:

“Sola yatışlı dönüş esnasında sol tarafı kontrol etmek için başını çeviren ikinci pilot helikoptere aniden sola yatış kumandası verdi. Hızlı bir şekilde kontrolü ele aldım ve helikopteri düz uçuşa getirdim.”

Yaptığımız görüşmelerde helikopter pilotları, GGG kullanarak yaptıkları uçuşlarda görüş alanı kısıtlılığından dolayı uçtukları alanda baş hareketleriyle tarama yaptıklarını, özellikle keskin manevralar sırasında bu yanılığı belirgin bir biçimde yaşadıklarını ifade etmişlerdir. Görme alanı kısıtlılığının vestibüler hassasiyeti etkileyebildiğini belirten bir çalışmada, GGG kullanımında rotasyona bağlı vestibüler his yanılıklarına olan duyarlılığın arttığı gösterilmiştir [Cheung, 2007].

Coriolis illüzyonu pilotta his yanılığı yaratmasının yanında fizyolojik parametreleri de olumsuz yönde etkileyerek uçuşta tehlike yaratan bir illüzyondur. Yapılan bir çalışmada simülatör ortamında yaratılan *coriolis* illüzyonu esnasında elektrodermal aktivitede artış gözlenmiş, illüzyonun bunun yanında fizyolojik parametrelerde de önemli değişikliklere neden olduğu vurgulanmıştır [Tamura vd., 2018].

Helikopter pilotlarının iniş sırasındaki his yanılığı yaşama durumlarına baktığımızda, iniş sırasında his yanılığı yaşadıklarını belirten helikopter pilotlarının en fazla his yanılığı yaşadığı durumun GGG ile yapılan inişler olduğu (%74,1) ve bunun tehlike skor ortalamasının $7,04 \pm 2,16$ olduğu saptanmıştır. Bunun yanında, tüm pilotların yaşadıkları his yanılıkları değerlendirildiğinde, GGG kullanımına bağlı his yanılığı yaşanma sıklığının %72,7 ile üçüncü sırada olduğu, tehlike ve risk skorlamasında ise $6,98 \pm 2,16$ puanla ilk sırada yer aldığı görülmüştür. ABD'de yapılan bir araştırmada, helikopter pilotlarının jet ve eğitim uçağı pilotlarından daha fazla GGG kaynaklı his yanılığı yaşadığı ve bu oranın %72,3 olduğu belirtilmiştir [Matthews vd., 2003]. GGG' ler, fonksiyon görmesi için ortamda az da olsa mevcut olan ışığı güçlendirip net bir görüş imkânı sağlayan sistemlerdir. Etkili bir uçuş kabiliyeti sağlamanın yanında GGG' ler ve gelişmiş gece görüş sistemlerinin zayıf kontrast, görme keskinliğinde azalma, görme alanında kısıtlılık ve derinlik algısında azalma gibi his yanılığı yaşama olasılığını arttıran birçok etkisi bulunmaktadır.

GGG ile yapılan uçuşlarda objelerin net bir şekilde görüldüğü ve bilinçli bir biçimde tanımlandığı fokal görüşün kullanılması; uçuş göstergelerini okuyup yorumlamak, uçuş planını değerlendirmek ve yön tayin etmek gibi dikkatli ve bilinçli görme aktivitesi gerektiren

başka görevlerin etkin ve doğru şekilde icra edilmesini zorlaştırmaktadır. Görmenin oryantasyondaki payının büyük olmasından dolayı pilot GGG kullanımına gayri ihtiyari daha fazla önem vermekte ve bu yüzden de gösterge kontrolü gibi diğer önemli görevleri ihmal etmektedir. GGG'nin neden olduğu derinlik algısı kaybı, yaklaşık olarak monoküler görmedeki kayıp kadardır. Görme alanının da kısıtlı olması, hareket algısından başlıca sorumlu olan çevresel görüşün kaybolmasına neden olmaktadır. Ayrıca, monoküler ipuçlarından hareket paralaksı da bundan olumsuz etkilenmektedir [Gaydos vd., 2012; Cheung, 2013]. Buna uygun bir örneği çalışmamıza katılan bir UH-1 pilotu şöyle belirtmiştir:

“GGG kullanarak yaptığım bir uçuşta, ilk kez yaklaşma yaptığım pisti çok geç gördüm. Yere yaklaşırken çok hızlı bir şekilde yaklaşma yaptığımı hissettim ve oryantasyonumu kaybettim. Diğer pilot kontrolü aldı ve olası bir kazadan kurtulduk.”

Helikopter pilotlarının sık his yanılığı yaşamalarına neden olan durumlardan biri de brownout- whiteout yanılığıdır. Çalışmamızda helikopter pilotlarının %93,8'inin bu yanılığı yaşadığı ve yanılıyla ilgili tehlike puan ortalamasının $7,85 \pm 1,99$ olduğu saptanmıştır. Ayrıca yanılığı yaşayan helikopter pilotlarının %17,2'si bunu çoğu uçuşta yaşadığını belirtmiştir. Brownout- whiteout yanılığının yaşanma sıklığını ve kazalardaki payını genelde operasyonel şartlar belirlemektedir. Şöyle ki, 1991 yılında Körfez Savaşı sırasında ABD Ordusu helikopterleri çöl şartlarında yaptıkları operasyonel uçuşlarda brownout durumunu çok sık yaşamışlardır [Previc, 2004]. Yine ABD'de 2002-2011 yılları arasında helikopter uçuşlarında SD olaylarının araştırıldığı bir çalışmada [Gaydos vd., 2012], 2003 yılındaki SD nedenli kaza sayısında artış dikkati çekmiştir. Bu artışın, Irak'ı Özgürleştirme Operasyonu'nun başladığı döneme denk geldiği görülmüştür. Çöl şartlarına hazırlıksız olmanın, operasyon bölgesinde kum fırtınası ve toz bulutları gibi alçak irtifada uçuş şartlarını olumsuz etkileyen faktörlerin bu artışa zemin hazırladığı saptanmıştır. Yapılan bir anket çalışmada, 101 helikopter pilotunun %76,2'sinin brownout- whiteout sonucu his yanılığı yaşadığı saptanmıştır [Matthews vd., 2003]. Bir başka çalışmada, 68 helikopter pilotunun %65'inin brownout- whiteout yanılığı yaşadığı görülmüştür [Lewkowicz vd., 2020].

Çalışmamıza katılan helikopter pilotlarının %82,2'si (n=91) Kara Kuvvetleri Komutanlığı ve Jandarma Genel Komutanlığı mensubu pilotlardır. Bu pilotların %98,9'unun *brownout- whiteout* yanılığı yaşadığı, %18,7'sinin bunu çoğu uçuşta yaşadığı ve yanılığı için belirttikleri tehlike puan ortalamasının $7,88 \pm 2,01$ olduğu görülmüştür. Ayrıca, genel maksat helikopterleri ($8,27 \pm 1,94$) ile taarruz helikopterleri ($6,38 \pm 1,20$) arasında bu yanılığın yarattığı tehlike dereceleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmıştır ($p < 0,001$). Genel maksat helikopterleri pilotları çoğunlukla Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde dağlık arazilerin çoğunlukta olduğu sınıra yakın yerlerde görev yapmakta ve sık sık operasyonel uçuşlar gerçekleştirmektedir. Gerçekleştirilen bu görevlerde gerek sınır karakollarına gerekse operasyondaki birliklere yoğun bir asker ve malzeme sevkiyatı olmakta, zaman zaman da havadan hasta- yaralı tahliyesi yapılmaktadır. Kara ulaşımının oldukça zor olduğu bu bölgelerde konuşlanmış karakollara ve operasyon icra eden birliklerin olduğu yerlerde helikopterlerin iniş yapması için uygun bir pist ortamı çoğu zaman bulunamamaktadır. Bütün bu görevlerde de en çok kullanılan helikopter tipi genel maksat helikopterleri olmakta, şartların uygun olduğu zamanlarda inişler araziye yapılmakta, uygun olmadığında da helikopterler yere yakın *hover* pozisyonunda uçuş yapmaktadır. Özellikle bu bölgelerde görev yapan helikopter pilotlarının uçuş yaptıkları arazilerin dağlık ve engebeli özellikte olması, bölgedeki asker ve malzeme sevkiyatının yoğunluğu, ekstra görev ve askeri operasyonlardan dolayı gece uçuşlarının sıklığı gibi birçok faktör pilotların birtakım his yanılıklarını aynı anda yaşamalarına neden olabilmekte ve uçuşta kaza riski yaşanabilmektedir. Bu tip bir görev ortamında gece uçuşlarında GGG kullanımı da konuya dâhil edildiğinde, kolaylıkla his yanılığı yaşanabileceği ve bunun uçuşta tehlike yaratabileceği düşünülmektedir. Spesifik yanılığın iç içe yaşandığı bir SD epizodunu çalışmamıza katılan bir UH-1 pilotu kısaca şöyle ifade etmiştir:

“2008 yılında Şırnak'ta operasyon bölgesinde GGG ile yaptığım bir uçuşta personel indirme esnasında karla kaplı alanda dış referansların azlığından ve whiteout durumundan dolayı SD yaşadım ve kumandayı diğer pilota devretmek zorunda kaldım.”

Jet uçaklarının kanopi yapısı kubbe şeklinde olup pilota geniş bir görsel alan sunmakta, dolayısıyla açık havada düz uçuş sırasında gökyüzündeki yıldızlar pilotun çevresel görüş alanında yer almaktadır. Çalışmamızda pilotlar arasında yeryüzü-gökyüzü ışıklarının birbirine karıştırılması yanılığını yaşama oranları açısından ise istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmıştır ($p < 0,001$). Kanopi yapısının bahsettiğimiz bu özelliğinden dolayı jet pilotlarının bu yanılığa daha fazla maruz kalabileceği düşünülmüştür. Yeryüzü-gökyüzü ışıklarının birbirine karıştırılması yanılığı ile kanopi yapısı arasındaki ilişkiye benzer bir durumun, kokpit içi ışıkların kanopi yansımalarının yarattığı görsel yanılığın ve otokinezis illüzyonunda da söz konusu olduğu düşünülmektedir. Otokinezis illüzyonu, bulutsuz bir havada yıldızlardan, yerleşim yerine ait bir takım ışık kaynaklarından ya da kokpit içi ışıkların kanopiden yansımaları gibi birçok ışık kaynağı yansımalarından kaynaklanabilmektedir. SD ile ilgili yapılmış bir anket çalışmasında, otokinezis illüzyonunun yaşanma oranı %56 olarak bulunmuş, çalışmaya katılan pilotlar çok sayıda otokinezis illüzyonu çeşidi rapor etmişlerdir [Sipes vd., 2000]. F-16 uçağının kubbe şeklindeki kanopisi bir ayna görevi görerek kokpit içi ışıkların pilotun görüş alanına girmesine ve yalancı görüntülerin belirmesine neden olmaktadır [Kuipers vd., 1990]. Çalışmamızda kokpit içi ışıkların kanopiden yansımaları sonucu meydana gelen his yanılığını en fazla yaşayan pilotların jet pilotları olduğu (%79,5) saptanmıştır. Ayrıca genel maksat helikopterleri ve taarruz helikopteri (AH-1) pilotları arasında bu yanılığın yaşama oranları yönünden istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmıştır ($p = 0,016$). Otokinezis illüzyonuna bakıldığında, yine jet pilotlarının en fazla otokinezis illüzyonu yaşayan pilot grubu (%61,8) olduğu görülmüştür. Ayrıca her uçuşta bu yanılığın yaşandığını ifade eden 1 jet ve 1 helikopter pilotunun F-16 ve AH-1 pilotu olduğu saptanmıştır. Genel maksat helikopterleri ve taarruz helikopteri pilotları arasında bu yanılığın yaşama oranları yönünden istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmıştır ($p < 0,001$). Jet uçaklarının ve AH-1 helikopterinin kanopi yerleşimi ve kanopinin kapladığı alan düşünüldüğünde, kubbe şeklinde kanopiye sahip hava aracı pilotlarının bu tip görsel illüzyonlara daha fazla maruz kaldığı söylenebilir. Ayrıca, genel maksat helikopterleri ve taarruz helikopteri (AH-1) pilotları arasında da bu yanılığın yaşama oranları yönünden istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmıştır ($p = 0,035$). AH-1 helikopteri, kanopi yapısının tıpkı jet uçağı gibi kubbe şeklinde olması yönüyle diğer helikopterlerden farklıdır. Bir çalışmada, helikopter pilotlarının %36'sında kokpit içi ışıkların kanopi yansımalarının pilotta otokinezis illüzyonu yarattığı belirtilmiştir [Tormes vd., 1975]. Çalışmamızda AH-1 pilotlarının bu yanılığın diğer helikopter pilotlarından daha fazla yaşamış olmalarında kanopi yapısının etkili olabileceği düşünülmüştür.

Çalışmamızda, psikolojik faktörlerle ilişkili his yanılığlarından biri olan giant hand fenomeninin tüm pilotlar arasında yaşanma oranının %35 olduğu, bu illüzyonu en fazla yaşayan pilotların ise jet pilotları olduğu (%45,6) saptanmıştır. 1986-1987 yılları arasında 97 pilota uygulanan anket çalışmasında, 15 pilot (%15,4) giant hand fenomenini yaşadığını belirtmiş ve bunun sıklıkla gece uçuşlarında ve aletli uçuş şartlarında yaşandığını rapor etmişlerdir [Lyons vd., 1989]. Polonya'da SD ile ilgili askeri pilotlara uygulanan bir anket çalışmasında, giant hand illüzyonunun tüm pilotlar arasında yaşanma sıklığı %55 olarak bulunmuş, bu illüzyonu en fazla yaşayan pilotların %71'lik bir oranla jet pilotları olduğu görülmüştür [Lewkowicz vd., 2020]. Giant hand fenomeninin helikopter pilotlarında görülme oranı yapılan bir çalışmada %14 olarak bulunmuştur [Braithwaite vd., 1998]. Çalışmamızda diğer his yanılığlarına göre daha az yaşandığı saptanan giant hand fenomeninin uçuşta yarattığı tehlike ve risk derecesi bakımından ilk sıralarda yer aldığı ($6,08 \pm 2,36$) dikkati çekmektedir. Pilotu etkileyen fizyolojik ve psikolojik şartların kombinasyonuna karşı gelişen bir postural refleks cevabı olarak tanımlanan giant hand fenomeni, uçuşta inkapasitasyon hali yaşanmasına neden olabilecek

kadar tehlike yaratmaktadır [Previc, 2004]. Çalışmamıza katılan bir F-16 pilotu, yaşadığı bir giant hand epizodunu şöyle belirtmiştir:

“Bulut içi olduğum bir gece uçuşunda aviyonik sistem arızasından dolayı yaklaşık 15 dk boyunca göstergeler olmadan uçuş yapmak zorunda kaldım. Bu süre zarfında giant hand denen his yanılığını çok ciddi derecede yaşadım. Kumandalara bir türlü hükmedemiyordum. Uçağı terk etme düşüncesi zihnimde iyice yer etmeye başlamıştı. Bulut içinde ufak bir açıklık görüp görüş referanslarımı sağlayana kadar lövyeyi kontrol etmek için o kadar fazla güç sarf ettim ki sağ kolum tüm gece boyunca çok şiddetli derecede ağrıdı.”

Pilotun uçuşta ciddi derecede sıkıntı yaşamasına neden olabilen bu durumun altında yatan nedenin iyi irdelenmesi gerekmektedir. Giant hand fenomeninin oluşmasındaki nörofizyolojik mekanizmanın yanında, bu durumun yaşanmasında psikolojik ve fiziksel birtakım faktörler sorumlu tutulmaktadır [Previc, 2004; Frantis vd., 2018].

Fascination (büyülenme) yanılığı, psikolojik faktörlerle ilişkili his yanılığlarından bir diğeridir. Bu yanılığın gerginlik ve stres, korku, dikkat dağınıklığı, deneyimsizlik ve mental blok gibi faktörlerle yakın ilişkisi mevcuttur. Fascination yanılığı hakkında literatürde yapılmış az sayıda çalışma mevcuttur. Hollanda’da yapılan bir araştırmada F-5 pilotlarının %7’sinin fascination yanılığı yaşadığı saptanmıştır [Kuipers vd., 1990]. Çalışmamızda bu yanılığın tüm pilotlarca yaşanma oranı %67,7 olarak saptanmış olup tehlike puanlaması bakımından tüm pilotlar içinde GGG kullanımından sonra ikinci sırada yer aldığı görülmektedir. Yanılığın yaşanma oranlarına hava aracı tipi bazında bakıldığında ise, jet pilotlarının bu yanılığı en fazla yaşayan pilot grubu olmasına rağmen her 3 pilot grubunun da yanılığı yaşama oranlarının birbirine yakın olduğu dikkati çekmektedir. Bu durumda, fascination yanılığının her pilot grubunda yaşanabildiği ve yaşanması halinde uçuşta önemli oranda tehlike yarattığı düşünülebilir. Çalışmamıza katılan bir CASA uçağı pilotu fascination yanılığı ile ilgili bir durumu şöyle belirtmiştir:

“ATR-72 uçağının Fransa’da yapılan ilk eğitimleri sırasında öğretmen pilotla birlikte gündüz VFR şartlarda tek motor pas geçme eğitimi esnasında acil durum usullerini uygularken acil durum maddelerinin uygulanmasına konsantre oldum. Bu yüzden uçak minimum hızın altına düştü. Öğretmen pilotun ikazıyla durumu düzelttim. İniş ya da pas geçme gibi uçuşun en kritik safhalarında böyle bir durumun yaşanmasının kaza ile sonuçlanabileceğini düşünüyorum.”

SONUÇ

His yanılığının yaşandığı andaki uçuş şartları oldukça önemlidir ve her pilot, kullandığı hava aracıyla ve uçuş yaptığı şartlarla bir bütün olarak düşünülmelidir. Görsel referansların oryantasyonu sağlamaya yetecek kadar olmadığı bu uçuş şartlarının simülasyonlarının SD cihazı eğitimlerinde her pilota uygulanmasının bu konuda yaşanan sorunları azaltacağı ve SD farkındalığını arttıracığı düşüncesi günümüzde de geçerliliğini sürdürmektedir [Powell-Dunford vd., 2016; Lawson vd., 2017; van den Hoed vd., 2020]. Tüm NATO (North Atlantic Treaty Organization) üyesi ülkelerde askeri pilotlar, düzenli aralıklarla, uygulama profilleri sürekli güncellenen SD eğitime tabi tutulmaktadır [Standardization Agreement Normalization, 2018]. Bu eğitim profilleri güncellenirken, eğitim sürecinin başında mümkünse her pilotun, yaşadığı SD tecrübeleriyle ilgili kısa bir özgeçmişinin- sözlü ya da yazılı alınmasının, hangi şartlarda hangi manevralarda his yanılığı yaşadığının belirlenmesinin ve pilota özgü uçuş profillerinin geliştirilmesi ve uygulanmasının, eğitimlerde ve eğitim uçuşlarında SD konusuna bu bakış açısıyla yaklaşılmasının SD’ye karşı daha bilinçli ve hazır olmak açısından faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

- Bellenkes A, Bason R, Yacavone DW. Spatial disorientation in naval aviation mishaps: a review of class A incidents from 1980 through 1989. *Aviat Space Environ Med.* 1992 Feb;63(2):128-31. PMID: 1546941.
- Benson, AJ. "Spatial Disorientation-General Aspects." John Ernsting and Peter King, ed. *Aviation Medicine.* 2nd Ed. London: Butterworths, 1988: 277–96.
- Benson AJ, Stott JR. *Spatial Disorientation in Flight.* Ernsting's *Aviation Medicine*, 4th Edition, Edward Arnold Ltd, New York, 2006, 433- 458.
- Boril J, Smrz V, Leuchter J, Petru A, Frantis P, Blasch E, et al. Survey of spatial disorientation and sensory illusion among air force pilots. In: 2018 IEEE/AIAA 37th Digital Avionics Systems Conference (DASC). London: IEEE; 2018. p. 1–7
- Boyd DD, Howell C. Accident rates, causes, and occupant injury involving high-performance general aviation aircraft. *Aerosp Med Hum Perform.* 2020; 91(5):387–393.
- Braithwaite MG, Durnford SJ, Crowley JS, Rosado NR, Albano JP: Spatial disorientation in U.S. Army rotary-wing operations. *Aviat Space Environ Med.* 1998 Nov;69 (11):1031- 7.
- Braithwaite MG, Groh S, Alvarez EA. 1997. Spatial disorientation in U.S. Army helicopter accidents: An update of the 1987- 92 survey to include 1993-95. Fort Rucker, AL: U.S. Army Aeromedical Research Laboratory. USAARL Report 97- 13.
- Cheung B. Spatial disorientation: more than just illusion. *Aviat Space Environ Med* 2013; 84: 1211– 4.
- Cheung B. Vestibular suppression while using NVGs. NATO RTA HFM 141 Symposium on "Human Factors and Medical Aspects of Day/Night All Weather Operations: Current Issues and Future Challenges" Crete, Greece; April 2007; 8-1 – 8-10.
- Diamantopoulos I, Markou I. 'A Spatial Disorientation Survey of Hellenic Air Force Pilots' Paper presented at the RTO HFM Symposium on "Spatial Disorientation in Military Vehicles: Causes, Consequences and Cures", held in La Coruña, Spain, 15-17 April 2002, and published in RTO-MP-086.
- Durnford SJ. Disorientation and flight safety of UK Army aircrew. *Proceedings of the Advisory Group for Aerospace Research and Development. Aircraft accidents: trends in aerospace medical investigation techniques.* Neuilly-Sur-Seine, France: AGARD; 1992; AGARD-CP-532: 32- 1-14.
- Frantis P, Petru A. The Giant Hand illusion experienced on a simulator. *Aerosp Med Hum Perform.* 2018; 89(6):557–562.
- Gaydos SJ, Harrigan MJ, Bushby AJR. Ten years of spatial disorientation in U.S. Army rotary-wing operations. *Aviat Space Environ Med* 2012; 83: 739–45.
- Gibb R, Ercoline B, Scharff L. Spatial disorientation: decades of pilot fatalities. *Aviat Space Environ Med.* 2011 Jul;82(7):717-24. doi: 10.3357/asem.3048.2011. PMID: 21748911.
- Gresty MA, Golding JF, Nightingale K. Cognitive impairment by spatial disorientation. *Aviat Space Environ Med* 2008; 79: 105 – 11.
- Hartman, BO, Cantrell, GK. 'Psychological Factors in "Landing- Short" Accidents'. *Flight Safety: J Aeromed Int* 1968; 2:26-32.
- Holmes SR, Bunting A, Brown DL, Hiatt KL, Braithwaite MG, Harrigan MJ. Survey of spatial disorientation in military pilots and navigators. *Aviat Space Environ Med.* 2003;74(9):957–65.

Kalagher H, de Voogt A. Loss of Visual Reference in U.S. Aviation: An Analysis of 129 Accidents. *Safety* 2022, 8(1), 13.

Kuipers A, Kappers A, van Holten CR, van Bergen JHW, Oosterveld WJ., 'Spatial Disorientation Incidents in the R.N.L.A.F.F16 and F5 Aircraft Suggestions for Prevention' AGARD CP-478: Situational Awareness in Aerospace Operations, AGARD, 1990.pp. OV-E-1- OV-E-16.

Landman A, Davies S, Groen EL, van Paassen MMR, Lawson NJ, Bronkhorst AW, Mulder M. In-flight spatial disorientation induces roll reversal errors when using the attitude indicator. *Appl Ergon.* 2019 Nov;81:102905.

Lawson BD, Curry IP, Muth ER, Hayes AM, Milam S, Brill JC. Training as a countermeasure for spatial disorientation mishaps: Have opportunities for improvement been missed? In: *Mitigating Hazards to Rotary Wing Flight in Degraded Visual Environments STO-EN-HFM-265.* The NATO Science and Technology Organization; 2017. p. 3A-1–20.

Lewkowicz R, Biernacki MP. A survey of spatial disorientation incidence in Polish military pilots. *Int J Occup Med Environ Health.* 2020 Oct 20;33(6):791-810.

Lyons TJ, Ercoline WR, Freeman JE, Gillingham KK. Classification problems of U.S. Air Force spatial disorientation accidents, 1989-91. *Aviat Space Environ Med.* 1994 Feb;65(2):147-52. PMID: 8161326.

Lyons TJ, Simpson CG. The giant hand phenomenon. *Aviat. Space Environ. Med.* 1989; 60: 64-6.

Matthews RJS, Previc F, Bunting A. USAF spatial disorientation survey. In: *Spatial disorientation in military vehicles: causes, consequences and cures.* Brussels, Belgium: NATO; 2003:7.1- 7.13. Report No: NATO RTO-MP-086.

Navathe PD, Singh B. Prevalence of spatial disorientation in Indian Air Force aircrew. *Aviat Space Environ Med.* 1994 Dec;65(12):1082-5. PMID: 7872907.

Newman RL, Rupert AH. The magnitude of the spatial disorientation problem in transport airplanes. *Aerosp Med Hum Perform.* 2020;91(2):65–70.

Pennings HJM, Oprins EAPB, Wittenberg H, Houben MMJ, Groen EL. (2020). Spatial disorientation survey among military pilots. *Aerospace Medicine and Human Performance,* 91, 4–10.

Powell-Dunford N, Bushby A, Leland RA. Spatial disorientation training in the rotor wing flight simulator. *Aerosp Med Hum perform.* 2016; 87(10):890–893.

Previc FH. Historical Background, Concepts and Terminology. *Spatial Disorientation in Aviation, Volume 203,* American Institute of Aeronautics and Astronautics Inc, Virginia, 1-36, 2004.

Previc FH. Nonvisual Illusions in Flight. *Spatial Disorientation in Aviation, Volume 203,* American Institute of Aeronautics and Astronautics Inc, Virginia, 243- 281, 2004.

Previc FH. Psychological Factors, *Spatial Disorientation in Aviation, Volume 203,* American Institute of Aeronautics and Astronautics Inc, Virginia, 1-36, 2004, pp. 145-194.

Scott, WB., 'New Research Identifies Causes of CFIT' *Aviation Week and Space Technology,* Vol. 144, No.25, 1996, pp. 40-41.

Sipes WE, Lessard CS. A spatial disorientation survey of experienced instructor pilots. *IEEE Eng Med Biol Mag.* 2000 Mar-Apr;19(2):35-42. doi: 10.1109/51.827403. PMID: 10738658.

Standardization Agreement Normalization. STANAG 3114 Aeromedical Training of Flight Personnel, Edition 9. Brussels: North Atlantic Treaty Organization; 2018.

Tamura A, Iwamoto T, Ozaki H, Kimura M, Tsujimoto Y, Wada Y. Wrist-Worn Electrodermal Activity as a Novel Neurophysiological Biomarker of Autonomic Symptoms in Spatial Disorientation. *Front Neurol.* 2018 Dec 4;9:1056.

Tormes FR, Guedry FE Jr. Disorientation phenomena in naval helicopter pilots. *Aviat Space Environ Med.* 1975 Apr;46(4 Sec 1):387-93. PMID: 1147873.

van den Hoed A, Landman A, Van Baelen D, Stroosma O, van Paassen MMR, Groen EL, Mulder M. Leans Illusion in Hexapod Simulator Facilitates Erroneous Responses to Artificial Horizon in Airline Pilots. *Hum Factors.* 2020 Dec 3:18720820975248.