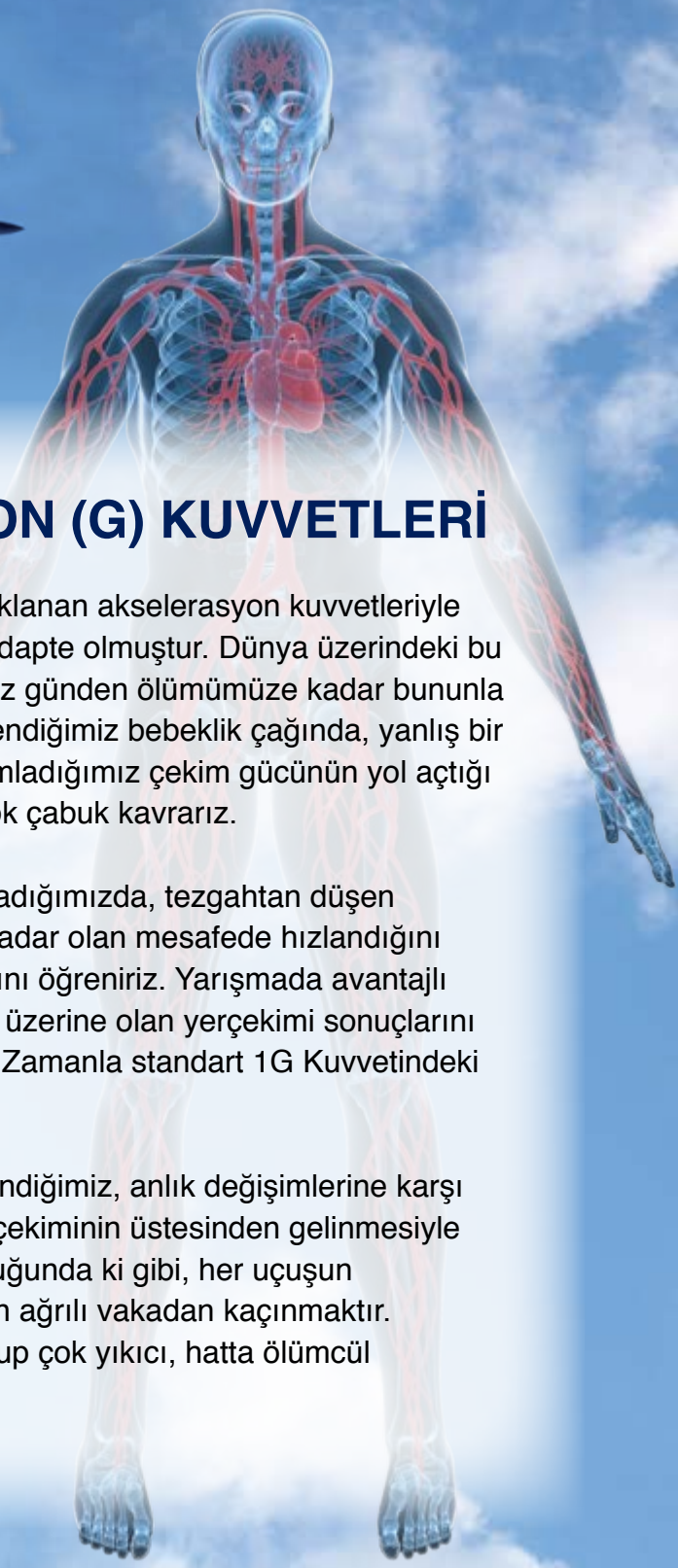
Federal Aviation Administration



HAVACILIKTA AKSELERASYON (G) KUVVETLERİ

İnsanoğlu yer çekiminden kaynaklanan akselerasyon kuvvetleriyle hayatta kalmaya ve yaşamaya adapte olmuştur. Dünya üzerindeki bu kuvvetler sabit olup, doğduğumuz günden ölümümüze kadar bununla yaşar ve çalışırız. Yürümeyi öğrendiğimiz bebeklik çağında, yanlış bir adımın yere düşmek olarak tanımladığımız çekim gücünün yol açtığı ağrılı vakaya neden olduğunu çok çabuk kavrarız.

Büyüyüp problem çözmeye başladığımızda, tezgahtan düşen kurabiye kavanozunun zemine kadar olan mesafede hızlandığını ve parçalanmasiyla sonuçlandığını öğreniriz. Yarışmada avantajlı olmak için, birçok boyut ve şekildeki yuvarlak nesneler üzerine olan yerçekimi sonuçlarını belirlemek için gençliğimizde bir hayli zaman harcarız. Zamanla standart 1G Kuvvetindeki yer çekimini alışık hale gelmiş oluruz.

Uçak kullanırken, yer çekimi hakkında tüm öğrendiğimiz, anlık değişimlerine karşı rahat hale gelmemizdir. Uçmanın, en saf tanımı, “yer çekiminin üstesinden gelinmesiyle havada yükselmektir”. Aynen yürümeyi öğrenirken olduğunda ki gibi, her uçuşun birinci hedefi, çekim gücünün yol açtığı yeryüzü ile olan ağrılı vakadan kaçınmaktır. Bu karşılaşmaya uçak olayı veya kazası denilmekte olup çok yıkıcı, hatta ölümcül olabilmektedirler.

Yukarı Tırmanan Mutlaka Düşer

Dünyanın çekim kuvveti 32 ft./Sn.^{2} 'lik sabit bir ivmeye neden olur. Serbest düşme yapan bir cisim yeryüzüne çarpıncaya kadar veya nihai hıza ulaşıncaya kadar, dünyaya doğru devamlı hızlanır. Nihai hız noktasında, cisme etki eden aerodinamik sürtünme kuvveti (direnç), yer çekimi kaynaklı akselerasyon kuvvetine üstün gelir.

Akselerasyon, "G" denilen kuvvet birimi ile tarif edilir. Sert dönüş yapan bir pilot, çekim kuvvetinin birçok katı eşdeğerinde bir akselerasyonu tecrübe eder. Bu durum özellikle akselerasyon kuvvetlerinin 9G kadar yüksek olabildiği askeri avcı jetlerinde ve yüksek performanslı hava akrobasisi uçaklarında doğrudur. Hava yarışı pilotları da sert dönüşler (pylon) sırasında yüksek G kuvvetlerini tecrübe ederler fakat hatırlanması gereken önemli konu ise, maksimum performans profilinde kullanılan uçak, pilotunu dünya sathında rastlanılan 1G kuvvetinden daha büyük kuvvetlere maruz bırakmasıdır. Pilotlarımızın başarılı bir şekilde uçmayı öğrenmeleri için bunu anlamaları gerekir.

Akselerasyon Tipleri

Üç çeşit akselarasyon mevcut olup, bunlar Lineer, Radial ve Angular akselerasyondur.

Lineer Akselerasyon:
Doğrusal hız değişimlerini ifade eder. Bu akselerasyon tipi kalkış, iniş ve düz uçuş sırasında ki hız değişimleri esnasında meydana gelir.

Radial Akselerasyon:
Pilot keskin bir dönüş yaptığında, dalışa geçtiğinde ve dalıştan çıktığında olan istikamet değişimlerinde meydana gelir.

Angular Akselerasyon:
Spin ve tırmanış dönüşleri yapılırken, eş zamanlı hem hız hem de istikamet değişimlerinin sonucu meydana gelir.

G Kuvvetleri

Uçuş kumandalarına yapılan girdilerin bir sonucu olarak, uçuş sırasında pilot, bu akselerasyon kombinasyonlarını tecrübe eder. Bu akselerasyonlar insan vücudu üzerinde, Gx, Gy ve Gz olarak tanımlanan G kuvvetlerine neden olurlar.

+Gx, göğüsten sırta doğru etki eden kuvvet olarak tanımlanır. Örnek olarak uçağın kalkışı sırasında motor gücün arttırılması ile Gx tecrübe edilir. Bu kuvvet, uçak hızlanırken pilotu arkaya, koltuğuna doğru iter. -Gx, sırttan göğüse doğru etki eden kuvvet olarak tanımlanır ve uçağın inişi sırasında motor gücünün azaltılmasıyla ortaya çıkar. Bu kuvvet, pilotu öne, omuz bağlarına doğru iter.

Uçak gemilerinden kalkan deniz kuvvetleri pilotları bu tip G kuvvetlerini aşırı derecede hissederler. Uçaklar, katapult kalkışı sırasında 2 saniyenin hemen altındaki bir sürede 160 milden daha fazla bir sürate hızlanırlar. İniş sırasında ise uçak sadece birkaç feet'te tamamen durmak için yavaşlar. Uçak gemisi pilotları bu aşırı G'ye adapte olmuş ve on yıllarca başarıyla ile görev yapmışlardır.

Gy, omuzdan omuza doğru etki eden lateral kuvvetlerdir ve dönüşlerinde (aileron roll) rastlanır. Hava akrobasisi pilotları rutin olarak bu tip G kuvvetleri ile karşılaşmakta ve uçaklarına emniyetli ve kusursuz manevra yaptırabilmektedirler.

Vücudun vertikal eksenine uygulanan çekim kuvvetine, Gz denilir. Eğer baştan ayağa doğru tecrübe edilirse +Gz (Pozitif) olarak adlandırılır. Bu durum, pilot dalıştan çıkmak veya içe doğru lup atmak için lövyeyi çektiğinde meydana gelir. –Gz (Negatif) ise ayaktan başa doğru hareket eder ve pilotun dalışa geçmesiyle yaşanır.

Yüksek G Kuvvetlerinin Fizyolojik Etkileri

İnsanoğlu yeryüzünde 1G kuvveti altında yaşamaya adapte olmuştur. Havacılık ortamında ki herhangi bir manevranın insan vücudu üzerine +1Gz üzerindeki bir akselerasyon kuvveti oluşturma potansiyeli vardır. Bu durum bilhassa Gz ekseninde pilotlar için tehlikelidir. +Gz durumunda G kuvveti baştan ayağa doğru, –Gz durumunda ise ayaktan başa doğru etki eder. Uçak, yüksek hızlı dönüşler yaptığında veya dik bir dalıştan çıktığında pilot +Gz tecrübe eder. Bilinçli kalınabilmesi ve kanın beyne akışının sağlanbilmesi için, kalp ve damar sisteminin G kuvvetlerine karşı hızlı cevap vermesi gerekmektedir. Başa doğru kan akımının devamını sağlamak için +Gz'ye karşı oluşturulan fizyolojik cevap, kalbin daha güçlü ve hızlı atmasına ve beraberinde damar gerginliğinde artmaya neden olur.

Eğer kalp damar sisteminin oluşturduğu fizyolojik cevap, ani başlayan G kuvvetleriyle başa çıkamazsa, bilinç kaybına ve uçağın uçurulma kabiliyetinin kaybı noktasına varan pilot performansında azalmaya neden olacaktır.

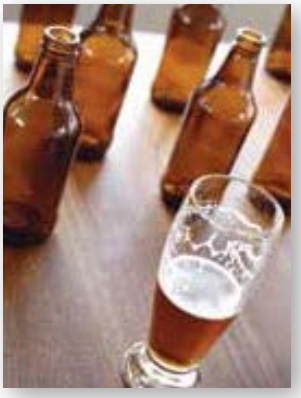
Muhtemel felaketin ilk belirtisi, uçak manevraya başlayınca ortaya çıkan ilerliyici görme kaybı olabilir. Gözler düşük kan akımına oldukça duyarlıdır ve eğer G kuvvetlerinin başlangıcına kalp damar sistemi yetişemezse, retina yeterli miktarda kan ile desteklenemez. Göz içi atardamar basıncı retinanın ihtiyacının altına düştüğünde, pilot periferal görüşün kaybolduğunu (tünel görüşü) farkeder. Takip eden ilerleyici bozulma, daralan görme alanına (namlu görüşü), hızla, renkli görme kaybına (gray-out) ve görme alanının tamamen kaybına (Black-out) yol açabilir. Eğer ani başlangıçlı G kuvvetleri devam ederse, G kuvvetleri kaynaklı bilinç kaybıyla (G-LOC) sonuçlanabilir. Pilotun G kuvvetlerinden kaçınacak ve bilincin ve/veya görmenin geri kazanılmasına yetecek uçak irtifasının olmaması durumunda sonuç korkunç olabilir. Bu durum, çok fazla askeri ve sivil havacılık kaynaklı ölümlere sebep olmuştur.

Yüksek G maruziyeti sonucu oluşan belirtiler, akselerasyonun değişim hızına bağlıdır. Göreceli değişimde (0,1 G/sn) görme bulgularını G-LOC takip eder. Eğer değişim hızlı olursa (1 G/sn ve üzeri), görme duyusundaki uyarı niteliğindeki bozulmalar ortaya çıkmadan G-LOC ortaya çıkar.

+Gz etkileri şiddetli olmakla beraber, pilot dalış için lövyeyi ittiğinde veya dışa doğru lup attığında rastlanılan, ayaktan başa doğru oluşan kuvvet olarak tanımlanan –Gz ile başa çıkmak için, insan vücudu daha az donatılmıştır. –Gz altında kanın juguler venden kalbe doğru akışı engellenirken kalpten atardamarlar ile başa olan kan akımı artar. Bir kere daha gözün retinasının aşırı hassasiyeti ve kanın aşırı olarak retinaya gitmesi (red-out), görme kaybına neden olur. Eğer pilot lövyeye uyguladığı basıncı azaltmazsa, kanın beyne akışı sağlanamadığı için kısa bir süre içinde bilinç kaybı ortaya çıkar. Havacılık ortamında hayatta kalabilmek için pilotlar akselerasyon kanunlarına riayet etmelidirler.

Evet... Bu Benim İçin Ne Anlama Geliyor?

Herhangi sivil veya askeri uçak, pilotunu, uçuş ekibini ve yolcusunu 1G'den daha büyük kuvvetlere maruz bırakabilir. Keskin dönüşler ve anormal durumdan çıkışlar esnasında sivil havacılık pilotları hazırlıklı olmamaları durumunda beklenmedik bir şekilde yüksek G kuvvetlerini tecrübe edebilirler. Bilahare tüm havacılar G kuvvetlerinin etkilerine karşı neyin vücutlarını daha dirençli kılacağını anlamak zorundadırlar. Buna karşın pilotlar, G kuvvetlerinin etkilerine karşı vücutlarını daha duyarlı yapacak koşulları anlamak zorundadırlar. Özetle her bir pilotun bireysel G toleransı günden güne degişkenlik gösterebilir ve bu durum uçuş sırasında korkunç sonuçlara neden olabilir. Bunlar, askeri pilotların yüksek performanslı uçaklarda uçmadan önce yaptıkları G ısınma (G-Warm-Up) eğitiminin nedenlerinden birisidir. Bu eğitim onlara, kendi vücutlarını ve yüksek G ortamını nasıl iyi tolere edebileceklerini değerlendirme imkanını sağlar.



Kötü Hususlar

Sıklıkla sosyal etkinliklere bağlı olan alkol, yorgunluk ve dehidratasyon (sıvı kaybı) G toleransını azaltır. Yukarıdaki önemli 3'lünün varlığında alışılmışın çok daha altı seviyelerdeki maruziyetlerde, uçular ciddi G kuvveti semptomlarını yaşayabilirler. Fiziki kondisyon eksikliği ve hareketsiz yaşam tarzı aynı şekilde G toleransını azaltır ve uçuların duyarlılığını arttırır. Birkez daha uçuş ile sigara içimi birleştirilmemelidir. Sigara içen bireylerin yüksek irtifa ve yüksek G ortamlarındaki performansları azalır. Uçmak zordur, vücudunuzu gereksiz yere kötüye kullanarak bunu daha da zorlaştırmayın.

İyi Hususlar

Birçok sivil uçak G'den koruyucu kıyafetle (G-Suit) uyumlu ekipmanla donatılmamıştır. Ne var ki uçucuların yüksek G ortamlarındaki performanslarının arttırılması için yapılabilecek bir takım diğer önlemler de vardır. İyi sıvı almış, dinlenmiş ve formunda olan bir pilot, daha yüksek G kuvvetlerine dayanabilir. Uçucu iyice sıvı aldığında, kan akımında dolaşıma katılan daha fazla hacim bulunur ve oksijenlenmiş kan ile beyin perfüzyonunun (kanlanmasının) kalp tarafından sağlanması daha kolaylaşır.

Form tutmak için uygulanan standart program, dayanıklılığı arttıran ağırlık eğitimi ile aerobik egzersiz karışımını içerir ve uçucuların G'nin etkilerine karşı direncini arttırır (Tüm egzersiz programları başlanmadan doktor tarafından onaylanmalıdır). Sadece aerobik içerikli bir eğitim programının (koşu yüzme vb.) uygulanması, G'nin etkilerini kompanse etmeye yetecek olan kalp atım hızına, yeterince hızlı bir şekilde ulaşılamayacak bir hıza, uçucuların kalp atım hızını düşürebilir. Bu nedenle, dayanıklılığı arttıran ağırlık eğitimi ile aerobik egzersizin birlikte yapılması, G kuvvetlerine karşı oluşturulan cevabı arttırırken, tek başına aerobik egzersizde bulunmayan korunma katmanını da ekler.

Anti-G Manevrası:

G kuvvetleri ile ilgili bir diğer teknik Anti-G Manevrasıdır. Bu teknikte, uçucular bacak, uyluk ve omuz kaslarını eş zamanlı olarak kasarlarken, kapalı durumda bulanan epiglottite (küçük dil) karşı akciğerlerinden dışarı doğru havayı iterler. Bu manevra askeri pilotlar tarafından yapılır ve G toleransını arttırır. Yaralanmalardan kaçınmak için 1G ortamında %100 eforla yapılmaya çalışılmamalıdır.

Saygı

Uçucular havacılığın diğer durumlarına gösterdikleri ihtimam da olduğu gibi G kuvvetlerine de saygı göstermelidirler. Uygun bir uçuş planlamasında hava durumu, yakıt, mesafe ve zaman gibi faktörler dikkate alınmalıdır. Akıllı bir uçucu uçuş planlaması yaparken uçak ve beraberindekilere etki eden G kuvvetini de değerlendirmelidir. gözetim İhtimam, sağlıklı eğitim ve planlama, yeryüzü ile olası karşılaşmalardan kaçınmaya yardımcı olacaktır.

Pilotlar İçin Tıbbi Gerçekler

Yayın Numarası: AM-400-09/4
Yazar
Colonel (Dr.) Brett Wyrick, USAF
J.R.Brown
Federal Havacılık İdaresi (FAA)
Sivil Hava-Uzay Tıbbı Enstitüsü (CAMI)
Hava-Uzay Tıbbı Eğitim Bölümü

Tercüme Eden
Dr. Erdinç Ercan
Uçucu Sağlığı Araştırma ve Eğitim Merkezi (USAEM) Eskişehir / Türkiye

Pilotlar İçin Fizyolojik Eğitim Sınıfları

Eğer uçucu vertigosu ve alçak basınç (irtifa) odasını içeren bir günlük havacılık fizyolojisi eğitimlerine veya bir günlük hayatta kalma kursuna katılmakla ilgileniyorsanız, ABD'nin 14 bölgesinde verilen bu kurslara nasıl kayıt yaptıracağınızı öğrenmek için aşağıdaki FAA sitesini ziyaret edebilirsiniz.

www.FAA.gov/pilots/training/airman_education/aerospace_physiology/index.cfm