

## Havacılık Yaralanmaları ve Adli Tıp Aviation Related Injuries and Forensic Medicine

Aykut Lale, Mahmut Şerif Yıldırım, Eyüp Ruşen Heybet, Ramazan Akçan

**Corresponding author:** Aykut Lale

Department of Forensic Medicine, Faculty of Medicine, Hacettepe University, Ankara, Türkiye, email: [aykutlale@gmail.com](mailto:aykutlale@gmail.com)

### ÖZET

Havacılık, çok çeşitli araçlar ve teknolojik mekanizmalarla gerçekleştirilen eğlence veya toplu taşımacılık aktivitesidir. Her geçen gün gelişim gösteren bu sektör ve endüstride azımsanmayacak ölçüde kazalar meydana gelebilmektedir. Bu kazalar sonucunda basit bireysel yaralanmalardan kitlesel felaketlere kadar çeşitli durumlar oluşabilmektedir. Kaza sonrasında sistematik olarak yapılacak adli bilimler yaklaşımı ile temel olarak ulaşılması gereken hedefler kurbanların kimliklendirilmesi, yaralanmaların nedeni ve mekanizması hakkında karara varılması, kazaya neden olan sebebin tahminine katkıda bulunulması, kaza anında uçağı kontrol eden kişinin belirlenmesi, pilotun kaza anında yeterliliğini ve uçuş performansını etkileyecek medikal veya toksikolojik durumların araştırılması olarak ortaya çıkmaktadır. Bu yazıda havacılık kazalarına ve bu kazalara yönelik adli bilimler yaklaşımına dikkat çekilmesi amaçlandı.

**Anahtar Kelimeler:** Havacılık, havacılık kazaları, adli bilimler.

### ABSTRACT

Aviation is a public transport and entertainment activity which carried out by a wide variety of vehicles and technological mechanisms. Underestimated extent of accidents can occur in this developing sector and industry every day. These accidents can cause a variety of situations from simple personal injuries to mass disasters. Main targets of systematic forensic approach are identification of victims, to reach conclusion about the causes and mechanisms of injuries, to contribute to the estimation of the cause of accident, determination of the person who was controlling the aircraft at the time of accident and to investigate about medical and toxicological conditions which will effect pilot's adequacy and flight performance. In this paper, it is aimed to attract attention to aviation accidents and forensic science approach to these accidents.

**Keywords:** Aviation, aviation accidents, forensic sciences.

## GİRİŞ

İlkel çağlardan günümüze uçmak için alet tasarlayan birçok mucit tasarladıkları araçları denemişler ve aynı zamanda havacılık kazalarına maruz kalmışlardır. Geçmişten günümüze teknolojinin de katkısıyla havacılık endüstrisi ve araçları çok büyük gelişim göstermiştir. Havacılık, askeri havacılık hariç tutulursa, ticari havacılık ve genel havacılık olarak ikiye ayrılmaktadır. Ticari havacılık, ulaşım amacıyla hizmet veren havayolları, hava taksileri, ticari hava taşımacılığını içerir. Genel havacılık ise uçuş eğitimi, yangın söndürme uçuşları, hava ambulansı, arama kurtarma faaliyetleri, tarım ilaçlama, paraşüt, planör, balon uçuşlarını kapsar (1,2). Hızlı ve daha rahat bir ulaşım imkanı sağlayan, ulaşım yöntemi olarak kullanılmasının yanı sıra

turizm ve eğlence amaçlı aktivitelere aracılık eden, askeri alanda ciddi bir güç olan, ortaya koyduğu avantajlar ile birçok alanda kendisine kullanım yeri bulan havacılık araçları giderek yaygınlaşmakta ve kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Bu durum ortaya çıkan kazalarının çeşitliliğini artırmakta, kişisel yaralanmalardan toplu felaketlere kadar değişen durumlara sebep olmaktadır. Bu noktada meydana gelen bazen bireysel bazen de afet niteliğinde çoğul yaralanma ve ölümlerle sonuçlanabilen olayların ele alınmasında adli tıp ve havacılık patolojisi önemli bir yer tutmaktadır. Havacılık patolojisi disiplini, havacılık kapsamında meydana gelen kazalarda olay yeri incelemelerine katılır, kazazedelerin medikal geçmişini inceler, madde kullanımı araştırmaları gerçekleştirir, otopsileri yapar, kaza alanının bir bütün olarak değerlendirilmesini sağlar, olaylar arasında neden sonuç ilişkileri kurar, sonuçlardan yola çıkarak önleyici tedbirler alınmasına yardımcı olur (3).

dirilmesini sağlar, olaylar arasında neden sonuç ilişkileri kurar, sonuçlardan yola çıkarak önleyici tedbirler alınmasına yardımcı olur (3).

Bu yazıda; havacılık patolojisi kavramının, havacılık kazalarına bağlı yaralanma/ölüm vakalarında adli tıp yaklaşımının ele alınması ile ülkemizde göreceli olarak ihmal edilen bir konuya dikkatlerin çekilmesi amaçlanmıştır.

## HAVACILIK KAZALARI VE İNSAN

### Uçuş Fizyolojisi ve Pilotun Uçuş Performansını Etkileyen Faktörler

Başarılı ve güvenli bir uçuş için hem mental olarak hem de fiziksel olarak sağlıklı bir pilot, iyi bir uçuş öncesi planlama, geçerli bir eğitim ve sağlam bir hava aracı gerekmektedir. Pilotun başarılı bir uçuşu tamamlayabilmesi için performansını etkileyecek durumların başında uçuşun ortaya çıkardığı fizyolojik değişiklikler, akut ve kronik hastalıklar, kullanılan ilaçlar, alkol ve uyuşturucu madde kullanımı yer almaktadır.

Uçuş sırasında artan irtifa ile basınç ve oksijen desteği olmayan araçlarda oksijen basıncı düşmekte ve bu durum hipoksik şartların oluşmasına neden olmaktadır. Bu noktada oksijen duyarlılığı yüksek olan santral sinir sistemi, kalp ve görme üzerine olumsuz etkiler oluşturur. Hipoksinin santral sinir sistemini etkilemesi ile ilk olarak öfori ve endişesiz hissetme semptomları görülür. Daha sonra yargılama, hafıza, uyarılabilirlik, hesap yapma yeteneği ve koordinasyon bozulur. Bu durumdaki bir pilot uykulu, şaşkın ve sinirli hissedebilir. Basınç ve oksijen desteği olmayan araçlarda 5400m yükseklikte 20 dakika içerisinde bilinç kaybı oluşabilir. Hipoksinin görme üzerine en büyük etkisi, ışık reaksiyonlarının gerçekleştiği rodopsin üzerine olmaktadır.

Hipoksik şartlarda rodopsin formasyonundaki dejenerasyona bağlı gece görüşünde kısıtlanma oluşur. Ayrıca periferel görme azalmasına bağlı olarak da tünel görme ortaya çıkar (4,5).

Yükselen irtifa ile birlikte aynı zamanda basınç azalması da oluşur. Bu durumda içi boş organların iç basıncı, atmosfer basıncına göre yüksek kalır. Bu nedenle barsaklardaki havanın genişlemesine bağlı olarak bulantı, kusma, karın ağrısı meydana gelir ve özellikle duodenal ülserleri bulunan pilotlarda şiddetli ağrı hissedilebilmektedir. Diğer yandan dış çürüklerindeki hava bulunan apselerde genişleme oluşmasına ve buna bağlı olarak şiddetli dış ağrısı yakınmalarına sebep olabilmektedir. İniş sırasında basınç farkı tersine döner ve bu durumda orta kulak havalanması yetersiz kalır, tinnitus, işitme azlığı ile ağrı ortaya çıkar (6).

Uçuş esnasında pilotun uzaysal oryantasyonunu sağlayan üç sistem bulunmaktadır; bunlar vestibular sistem, visual sistem ve somatosensor sistemdir. Üç sistem tarafından gönderilen bilgiler ile vücudun yerçekimine göre konumu ve yaptığı hareket algılanmaktadır. Normal hava koşullarında visual sistem ana kaynaktır. Fakat görmenin etkilendiği gece ve kötü hava şartlarında uçuş, oryantasyon bozukluklarına ve illüzyonlara neden olabilmektedir (4,5).

Bireysel fizyolojiye ek olarak kullanılan tıbbi ilaçların da uçuş performansını etkiledikleri bilinmektedir. Örneğin uçuş sırasında kullanılan antidiyabetik ilaçlar hipoglisemiye, antihipertansifler ortostatik hipotansiyona, 1. kuşak antihistaminik, antidepresan, analjezik ve antiemetik ilaçlar sedasyona, koordinasyon bozukluklarına neden olabilmektedir (4).

Uçuşun uyuşturucu-uyarıcı madde ve alkol etkisi altında yapılması pilot performansını bozan diğer önemli faktörler arasındadır. Alkol etkisi altında yapılan uçuşlarda kaza riskinin %43 oranında arttığı görülmektedir (7). Kan alkol

düzeyinin 20mg/dl gibi düşük bir değer olması halinde bile kişinin hareket algısında bozulma ve ibrelerdeki değerleri okuma problemi olabileceği belirtilmektedir. Kan alkol düzeyinin 120mg/dl seviyesine ulaşması durumunda pilotların %53'ünün uçak hakimiyetini kaybettiği ifade edilmektedir [1].

Pilotun performansını etkileyen bir diğer önemli husus uzun uçuş süreleri ve yoğun çalışmanın neden olduğu yorgunluk, tükenmişliktir. Uzun süreler çalışmak zorunda kalan pilotlar yorgunluğun verdiği etkiyle uykulu ve letarjik hale gelmekte, kognitif fonksiyonlarda yavaşlama, konsantrasyon zorluğu ve iritabilite ortaya çıkmaktadır. Uzun süreli uçuşlar jet lag etkisi oluşturmakta, sirkadyan ritimde bozulmalara neden olmakta ve uykusuzluğu artırmaktadır. Yapılan EEG çalışmaları ile bu gibi vakalarda kronik yorgunluk ile mikro uyku periyotları görüldüğü belirtilmektedir. Bazıları 5 saniyeden uzun süren bu periyotların, gece uçuşlarında 9 kez daha sık ortaya çıktığı bulunmuştur. Bu halde yapılan uçuşlarda kaza oranının %4-7 oranında olduğu ifade edilmektedir [8].

## Havacılık Kazaları

Genel havacılık kapsamında meydana gelen kazalar toplam havacılık kazalarının %91'ini oluşturmaktadır. Meydana gelen ölümlü kazalara bakıldığında ise bunların %93 oranında genel havacılık kapsamında ortaya çıktığı görülmektedir. Büyük havayolları ile oluşan kazalarla karşılaştırıldığında; genel havacılıkta ölümlü kaza oranının 82 kat daha fazla olduğu belirtilmektedir. Bu durumun ortaya çıkmasında genel havacılık kapsamında kullanılan araçlar ve bu araçların uçuş özelliklerinin etkisi oldukça fazladır. Bu araçlar sıklıkla düşük irtifada uçarlar ve hava değişikliklerinden daha çok etkilenir, özellikle kötü hava şartlarında küçük olmaları nedeniyle kontrolden çıkabilmektedirler. Ek olarak bu araçlar sıklıkla tek kişi tarafından kontrol edilir. Sürüş hatalarını denetlemek ve azaltmak için kullanılan teknolojik enstrümanların da bu tip araçlarda daha az bulunduğu görülmektedir. Söz konusu araçların kontrolü tek kişide olduğu için uçuş fizyolojisinin ortaya çıkardığı değişiklikler telafi edilemeyecek durumlara neden ola-

bilmektedir. Ayrıca aracı kullanan kişinin kronik hastalık öyküsü bulunması, ani ölüm sebeplerine yatkınlık oluşturan risk faktörlerine sahip olması, semptomların uçuş sırasında ortaya çıkması, sürücünün madde tesiri altında bulunması, tecrübesizlik gibi durumlar çeşitli kazaların meydana gelmesine sebep olmaktadır [1].

Kazaların etiolojileri incelendiğinde, çok önemli oranda (%84) kazanın insan hatalarından kaynaklandığı dikkati çekmektedir. Bu hataların büyük bir kısmını (%75) yetenek kaynaklı hatalar oluşturmaktadır. Ayrıca algılama (%34), karar verme (%21) hataları ile kurallara uymama (%8) insan hatalarını oluşturan diğer durumlardır [9]. Uçuş tecrübesi ile kaza oranlarının azaldığı, uçuş tecrübesi süresinin 5000 saat üzerinde olduğu durumlarda kaza riskinin %50'den fazla azaldığı görülmektedir [10].

Uçuş sırasında irtifanın değiştiği, buna bağlı olarak uçuş fizyolojisine adaptasyonun gerçekleştiği, yukarıda anlatılan pilot performansını etkileyen durumların ortaya çıkmasına neden olan manevraların yapıldığı ve pilotun uzay ortamasyonunda bozulmalar görülmesine ve illüzyonların oluşmasına sebep olan iniş ve kalkış aşamaları kazaların %85 oranında [9] görüldüğü uçuş aşamalarıdır.

## HAVACILIK KAZALARINDA YARALANMALAR VE ÖLÜMLER

Havacılıkta kullanılan araçlar arasında büyük farklılıklar bulunmaktadır. Kullanılan araçlar motoru küçük, orta, büyük boyutlu uçaklardan paraşüt, balon, planör gibi motorsuz araçlara kadar değişebilmektedir. Bu araçlarla oluşan kazalarda ölüm oranları incelendiğinde; meydana gelen ölümünün %93 oranında motorlu araçlarla gerçekleşen kazalar sonucunda olduğu tespit edilmiştir [11]. Ayrıca Ast ve arkadaşları yaptıkları araştırmada; hava araçlarıyla meydana gelen kazaların %63'ü motorlu araçlarla meydana gelirken, hava kazalarına bağlı ölümünün %87'sinden motorlu hava aracı kazalarının sorumlu olduğu rapor edilmiştir [12].

## Motorlu Hava Araçları ile Meydana Gelen Yaralanmalar ve Ölüm

Motorlu hava araçları kullanıldıklarında daha yüksek irtifaya çıkabilmekte, daha yüksek hızlara ulaşabilmektedir. Bu nedenle meydana gelen kazalar daha şiddetli olmaktadır. Kaza ile ortaya çıkan kuvvetlerin daha fazla olması yaralanmaların ciddiyetinde de artışla sonuçlanmaktadır. Ayrıca motorlu araçlarda yakıt tankının da bir gereksinim olması ve kazalar ile bu tankın zarar görmesi sonucunda olası yangın ihtimali de artmaktadır. Oluşan bu yangınlar ile doğrudan yanıkla ilişkili ölümler meydana gelebildiği gibi motorlu araçların toksik yanık artıklarının solunması ile de ölümler oluşabilmektedir [2,13].

Motorlu hava araçları kullanıldıkları amaçlara göre büyüklüğü değişen araçlardır. Hava yolu taşımacılığında kullanılan araçların hem daha büyük olması hem de fazla sayıda yolcu taşınması nedeniyle kazalar sonucunda daha büyük hasarlar oluşabilmektedir. Ayrıca tek bir kaza ile çok sayıda ölümün meydana geldiği felaket tablolarının oluşması mümkün olabilmektedir. Kazaların daha küçük araçlarla oluşması durumunda yaralanma mekanizmaları, türleri ve otopsi bulguları farklı olabilmektedir.

Havacılık alanında gerçekleşen en büyük kazalar hava yollarına ait yolcu uçakları ile gerçekleşen kazalardır. Çok fazla ölümün meydana gelmesi nedeniyle felaket olarak da tanımlanmaktadır. Bilen en büyük uçak kazası 27 mart 1977'de meydana gelen ve 583 kişinin ölümüyle sonuçlanan eski adı Los Rodeos olan Tenerife Kuzey Havaalanında iki uçağın çarpışmasıyla gerçekleşen kazadır. Tenerife faciası olarak tarihe geçmiştir [14].

TWA 800 uçuşunda oluşan kaza sonucunda fatalite oranı %100 olmuştur. Kaza sonrasında yapılan postmortem analizler ile ölümünün hepsinin ani olarak gerçekleştiği kanısına varılmıştır. TWA 800, Avianca 052 ve Continental 1713 kazaları sonucunda meydana gelen yaralanmalar baş, toraks, abdomen ve ortopedik yaralanmalar şeklinde sınıflandırılarak karşılaştırılmıştır. Kafatası kırıklarının üç kazada da en sık (sırası ile %87, %32, %25) görülen baş-boyun yaralanması olduğu dikkati çekmektedir. TWA 800 kazasında oluşan bu kırıkların %58 açık kırık, %93 basiler

kırık şeklinde oluşmuştur. Toraks yaralanmaları sıklıkla kosta kırıkları (%99, %79) şeklinde ortaya çıkmıştır. Akciğer laserasyonu (%88, %16) ve kalp laserasyonu (%51, %14, %21), aortik yaralanmalar (%73, %29), diyafragma rüptürü (%36, %18), sternum (%38, %22) ve skapula (%5) kırıkları, özofagus (%8), trakea ve bronş (%11, %3) laserasyonu tespit edilen toraks yaralanmaları arasındadır. Abdominal yaralanmalar da ise en sık karaciğer (sırası ile %99, %25, %36) hasarı ve dalak yaralanmaları (%84, %8, %36) meydana gelmiştir. Bununla beraber batında bulunan diğer anatomik yapılara ait yaralanmaların da görüldüğü belirtilmiştir. Ortopedik olarak vertebra kırıklarına (sırası ile %82, %50, %32) sıkça rastlanmıştır. Vertebra kırıkları ise daha çok servikal ve torakal vertebralarda gerçekleşmiştir. Alt ekstremitede tibia ve fibula kırıkları, üst ekstremitede humerus kırıkları sıklıkla oluşmuştur. Kazalarda pelvis kırıklarına ise %15-84 oranlarında rastlanmıştır. Ayrıca, TWA 800 uçuşunun kazasından sonra %21 oranında termal yanıklara rastlanmıştır [15].

Genel havacılık kapsamında olan araçlar, daha düşük hızlarda ve daha az sayıda insan ile uçuş yapmaktadır. Bu araçlarla olan kazalar sonucunda pilotlara yapılan otopsilerde tespit edilen en sık ölüm nedeninin multiple künt travma (%86) olduğu belirtilmektedir. Termal yanıklar (%3,9), boğulma (%3,6), toksik gazların inhalasyonu (%2), kardiovasküler hastalıklar, asfiksi diğer ölüm sebepleri arasında yer almaktadır. Kostalar (%72,3) ve kafatası (%55,1) en sık kırılan kemikler, karaciğer (%48,1), akciğer (%37,6) laserasyonları en sık saptanan iç organlar yaralanmalarıdır. Yaralanmalara bölgesel olarak bakıldığında baş bölgesinde tüm beyin yaralanmalarına %61,4, kafatası kırıklarına %55,1, fasyal kemik kırıklarına %49,4, larinks kırıklarına %14,1 oranında rastlanmaktadır. Yüz ve kafa bölgesinde laserasyonlar rastlanan diğer bulgulardır. Toraksta bütün akciğer yaralanmaları %58, bütün kalp yaralanmaları %47,2 ve bütün aort yaralanmaları %41,9 oranında saptanırken %72,3 kosta kırıkları, %28,4 oranında sternum kırıkları ortaya çıkmaktadır. Abdomende bütün karaciğer yaralanmaları %52,9, bütün dalak yaralanmaları %32,8, bütün mesane yaralanmaları %7,8 oranında gözlenmekte ve %11,3 oranında böbrek laserasyonları görülmektedir. Pelvis kırıklarının ise %36 vakada meydana geldi-

ği belirtilmektedir. Vertebralarda oluşan kırıklar en çok torakal (%27,2) ve servikal (%19,9) vertebralarda bulunmaktadır. Üst ekstremitede en sık humerus (%23,6), alt ekstremitede tibia (%37,9) kırıkları tespit edilmiştir. Ölüm sebebi olmamakla beraber %7,7 vakada antemortem, %24 vakada postmortem termal yanık tespit edilmiştir [2]. Tespit edilen yaralanmalar vaka sunumlarıyla da korelasyon göstermektedir [16].

Helikopter kazaları sonrasında yapılan otopsi verileri değerlendirildiğinde; künt travma en sık ölüm nedeni olarak (%88) tespit edilmiştir. Rapor edilen diğer ölüm nedenleri boğulma, toksik gazların inhalasyonu, asfiksi, hipotermi olduğu görülmektedir. Baş bölgesinde meydana gelen yaralanmalar arasında kafatası kırıkları (%51,2), fasiyal kemik kırıkları (%47,6) ve eşlik eden beyin yaralanmaları (%61,9) olarak tespit edilmiştir. Torasik organlar arasında akciğer (%60,7), kalp (%41,7) aort (%38,1) hasarlarına rastlanmaktadır. Sternum kırıkları %25 vakada bulunmuştur. Abdominal yaralanmalar arasında karaciğer yaralanmaları %47,6, dalak yaralanmaları %32,1, pelvis kırıkları %30,9 ve mesane yaralanmaları %8,3 olarak ortaya çıkmaktadır. Alt ekstremitede en sık tibia (%34,5), üst ekstremitede en sık humerus (%25), vertebralarda ise sıklıkla torasik (%30,9) ve servikal (%25) vertebra kırıkları olarak tespit edilmiştir. Antemortem termal yanıklara %3,6, postmortem yanıklara ise %21,4 oranında rastlanmıştır [13]. Vassallo ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada yaralanma oranlarının benzer şekilde ortaya çıktığı gösterilmiştir [17].

Kaza ile oluşan masif deselerasyon aynı zamanda deride stria benzeri lekelere, cilt-cilt altı dokuyu kas dokudan ayıracak şekilde cilt soyulmalarına ve asfiksi ile benzer özelliklerde nonspesifik peteşial tarzda intrakutanöz, konjuntival, laringeal, trakeal, plevral, epikardial kanamalara neden olabilmektedir [18,19].

Yangın oluşan vakalarda kazalarda yanıklara rastlanmasının yanı sıra histopatolojik olarak imflamataur hücre yanıtının görülmediği nükleer elongasyon ve palisadik yerleşim gösteren bazal epidermal tabaka ile karakterize yalancı çamaşırıcı eli görünümü sıcaklık maruziyeti sonrasında oluşabilmektedir [20].

## Motorsuz Hava Araçları ile Meydana Gelen Yaralanmalar ve Ölüm

Motorsuz havacılık aktiviteleri serbest düşüşü şekillendiren araçlar kullanılarak yapılan aktivitelerdir. Bu nedenle kullanılan ekipmanların güvenilirliği primer önem arz etmektedir. Motorlu araçlarla oluşturulan kuvvet olmadığı için uçuş daha düşük hızlarda gerçekleşmektedir. Bu uçuşlar daha çok eğlence aktiviteleri kapsamında yapılmaktadır. Bu aktiviteler hang-gliding, paragliding, BASE jumping, bungee jumping, skydiving, balon gibi aktivitelerdir.

Motorsuz araçlarla meydana gelen kazalarda yaralanmaya neden olan travma daha düşük hızlarda oluşmakta ve yaralanma alanına daha düşük kuvvetler aktarılmaktadır. Bu noktada yaralanmalar daha düşük şiddette meydana gelmekte ve fatalite oranları daha düşük bulunmaktadır.

Hang-gliding aktivitesi (delta kanat uçuşu) planör benzeri kanatlar altında yatay olarak uzanılarak gerçekleştirilen bir aktivitedir. Aktivite yapıldığı zaman ki vücut pozisyonu nedeniyle kazalarda oluşan yaralanmalar temel olarak ekstremitelerde kırıklar şeklinde oluşmaktadır. Ekstremitelerden ise daha çok üst ekstremitte etkilenmektedir. Başın pozisyonu nedeniyle baş yaralanmaları da diğer sık rastlanan bulgular arasındadır. Servikal vertebralar en sık görülen vertebra kırıklarıdır. Ölüm nedenleri arasında torasik aorta rüptürü de rapor edilmektedir [21].

Paragliding aktivitesi (yamaç paraşütü) ise oturur vaziyette paraşüt ile yapılan uçuş aktivitesidir. Kaza anında kuvvete daha sık maruz kalan vücut bölgesi alt ekstremitelerdir. Bu nedenle alt ekstremitte özellikle ayak bileği yaralanmaları sıklıkla rastlanan bulgular arasındadır. Vertebra kırıkları ise sıklıkla torakolomber seviyede gerçekleşmekte olup en sık olarak T11-L4 arasında rastlanılmaktadır. Kafa travmalarına bağlı yaralanma ve ölümler ise daha nadir olarak görülmektedir [21].

Skydiving aktiviteleri hava araçlarının belirli bir yüksekliğe ulaştıktan sonra bu yükseklikten atlayarak yapılan aktivitelerdir. Belirli yükseklik sonrasında paraşüt açılarak güvenli bir iniş yapılması sağlanır. Oluşan yaralanmalar, düşme genellikle

ayaklar üzerine gerçekleştiği için alt ekstremitelerde yoğunlaşmaktadır. Diğer yandan omuz çıkıkları ve vertebra kırıkları diğer en sık rastlanan yaralanmalar arasında olup vertebra kırıklarının hemen tamamı kompresyon kırıkları şeklinde ortaya çıkmaktadır. Düşmenin yüksek hızlarda gerçekleştiği durumlarda pelvis, kosta, fasiyal kemik kırıklarına ve düşük oranlarda iç organ hasarlarına rastlanabilmektedir [22]. Yüksekten ayak üstüne dik olarak, hızla düşmelerde, enerji alt ekstremitte ve gövde iskelet sistemi tarafından tamamen absorbe edilemez ise kafa kaidesine aktararak ring kırıklarına neden olabilmektedir. Bu aktivite sonucu yaralanan vakalarda ölüm nedeni çoğunlukla künt travmadır. Ancak inişin suya yapıldığı durumlarda boğulmaya bağlı, ormanlık alana olduğu vakalarda da delici/batıcı cisim yaralanmalarına bağlı ölümler de ortaya çıkabilmektedir [23].

BASE jumping aktiviteleri İngilizce “building”, “antenna”, “span”, “earth” kelimelerinin baş harfleri bir araya getirilerek oluşturulmuş yüksek yapıların tepesine çıkıp atlayarak gerçekleştirilen aktivitelerdir. Bu aktivitede paraşüt kullanılarak iniş sağlanmaktadır. Bu nedenle oluşan yaralanmalar skydiving aktiviteleri ile benzerlik göstermektedir [24]. Fakat BASE jumping aktivitelerinde paraşütün açılması için gereken süre daha kısa olup atlama ve iniş bölgesine yakın bina ve yapıların bulunması nedeniyle farklı vücut bölgelerinde künt travmaya bağlı yaralanmaların meydana gelmesi mümkündür [23].

Bungee jumping aktivitesi yüksek bir yerde alt ekstremitelerin esnek bir halata bağlanması ve bu aparata ek olarak kemer bölgesinden gövdenin sabitlenmesi sonrası kişinin başağı atlaması ile gerçekleştirilen bir aktivitedir. Bu aktivitede en sık rastlanılan yaralanmalardan birinin retinal hemoraji olduğu bilinmektedir. Atlama sonrasında esnek halat yardımıyla vücut önce yavaşlamakta ve tekrar yükselme hareketi yapmaktadır. Düşüş sırasında artan intratorasik basınç ve alt ekstremitede toplanan kan redisturbisyona uğrayarak yükselme sırasında kranial bölgeye doğru kaymakta ve intrakranial basınçta artışa neden olmaktadır. Bu durum retinal ve intraserebral kanamalara zemin hazırlamaktadır [24,25]. Alt ekstremitte yaralanmaları arasında peroneal sinir hasarı, fibula ve

tibia alt taraf kırıklarına sıkça rastlanabilmektedir. Bu yaralanmalar ise alt ekstremitenin düşme esnasında vücut yükünü taşıyarak traksiyona maruz kalması ile açıklanmaktadır [25]. Sık rastlanmasa da halatın düşme esnasında boyuna dolanarak ası benzeri tablolar oluşturması mümkün olabilmektedir. Bu tablolarda, servikal vertebralarda facet eklem kırıkları oluşarak medulla spinalis hasarına neden olabilmektedir [25,26].

## ADLİ TIBBİ YAKLAŞIM

Uçak kazaları daha önce de belirtildiği üzere felaket düzeyinde olabileceği gibi sadece tek kurbanın bulunduğu kazalar olarak da karşımıza çıkabilmektedir. Bu kazalara adli tıbbi yaklaşımda; temel olarak ulaşılmaması gereken hedefler kurbanların kimliklendirilmesi, yaralanmaların nedeni ve mekanizması hakkında karara varılması, kazaya neden olan sebebin tahminine katkıda bulunulması, kaza anında uçağı kontrol eden kişinin belirlenmesi, pilotun kaza anında yeterliliğini ve uçuş performansını etkileyecek medikal veya toksikolojik durumların araştırılması, kazanın survivabilitesinin tahmin edilmesidir [27,28]. Bunun için felaket olarak adlandırılacak kazalar sonrasında hazırlanan ekibin olay yerine hızlıca ulaşması ve olay yerinin olabildiğince çabuk bir şekilde, bozulmadan incelenmesi, gerekli hazırlıkların yapılması ve yapılacak değerlendirmeler için bir çalışma sahası oluşturulması büyük önem taşımaktadır.

Ayrıca kaza sonrasında kurbanda oluşabilecek travmaların tahmini için meydana gelen kazanın nasıl olduğu ve hangi tür aktivite sonucunda kaza olduğu bilgisine ulaşılmaması bu aktivitede kullanılan aracın özelliklerinin bilinmesi faydalı olacaktır.

### Kimliklendirme

Havayollarına ait kazalarda çok fazla kişinin hayatını kaybettiği ve parçalanmış cesetlerin bulunduğu kazalarda daha önemli hale gelmektedir. Kazada bulunması muhtemel kişilerin listesine ulaşmak kolay olduğu için çalışmalar daha kısa sürede sonlandırılabilir. Kimliklendirme sırasında yapılacak işlemler için iki farklı ekip kurulması önerilmektedir. Kurulan

ekiplerden biri antemortem bilgilere ulaşma ve diğeri postmortem bulguları kayıt altına alma işlemlerini gerçekleştirmektedir. Bu iki ekip daha sonra ellerinde bilgileri karşılaştırarak kimliklendirme işlemlerini hızlıca tamamlayabilmektedirler. Kimliklendirme işlemi esnasında primer olarak başvuru temel yöntemler görsel kimliklendirme, DNA profil karşılaştırması, parmak izi incelemesi ve adli odontolojik kayıtların karşılaştırılmasıdır. Sekonder olarak kişisel eşyalar ve medikal bilgilerin karşılaştırılması da kullanılabilir (29).

Antemortem kayıtlara ulaşmak için yolcu listesi kolaylaştırıcı bir rol oynamakta ve listedeki isimlerin aileleri ile iletişim kurularak bilgi alınabilmektedir. Kişilerin tıbbi bilgilerini içeren kayıtlara ulaşmak için gerekirse doktorları ve diş hekimleri ile görüşmeler gerçekleştirilebilmektedir. DNA profilendirilmesi, parmak izi alınması ve diş odontogramlarına ulaşılması her zaman mümkün olmamaktadır. Bu nedenle antemortem tarama ekibi değerli olabilecek her bilgiyi kayıt altına almalıdır (29). Örnek olarak günlük kullanılan taraklardan, diş fırçalarından karşılaştırma amacıyla DNA incelemesi için biyolojik materyal ve parmak izi bilgilerinin elde edilebileceği düşünülmektedir.

Postmortem bulguların toplanması için radyolojik teknikler, dış muayene, iç muayene ve DNA profili karşılaştırması için biyolojik örnekleme gibi yöntemler kullanılabilir. Kitlesel ölümlerde vakaların postmortem incelemeleri için günlük 8 tam otopside daha fazla yapılmaması düşüncesi kabul görmektedir. Radyolojik yöntemler kullanılarak kimliklendirme için değerli olabilecek ortalama yaş tayini, vücutta protez gibi tıbbi uygulamalara dair bilgiler, iskelet anomalilerinin tespiti mümkün olmaktadır. Antemortem ekip tarafından elde edilen grafler ile karşılaştırma yapılabilmektedir. Dış muayene ile boy, kilo, vücut yapısı, ırk, göz rengi, saç şekli gibi temel vücut özellikleri bilgisi elde edilebilmektedir. Ayrıca eskiye ait skarlar, dövme, giysiler, takılar ve vücuttaki yerleri fotoğraflanarak kayıt altına alınmalıdır. Parmak izi örneklerinin alınması da dış muayenede gerçekleştirilmelidir. İç muayenede kurbanın daha önce geçirmiş olduğu operasyonlar ve implantlar (slikon materyaller, pace-maker cihazları

gibi) hakkında bilgiler edinilebilmektedir. Parçalanmış cesetler için ise toplanan parçaların analizi için adli antropolojik yaklaşım sergilenmelidir. Böylece toplanan parçaların insana mı ait olduğu, yeniden birleştirilmesi, kaç kişinin olduğunun tespiti, yaş, cinsiyet, ırk hakkında bilgilerin elde edilmesi kolaylaşacaktır. Odontolojik incelemeler otopsi tamamlandıktan sonra adli odontologlar tarafından yapılmalıdır. Her gün sonrasında elde edilen veriler antemortem ve postmortem ekip tarafından karşılaştırılmalı ve sonuçlar pozitif, muhtemel ve uyumsuz olarak birleştirilmelidir (29).

Uçuş AI.IT 5148 kazası sonrasında %50 den fazla kurbanın kimliklendirilmesi odontolojik çalışmalar ile başarılı şekilde yapılabilmektedir. Bu nedenle kimliklendirme sırasında eğitimli adli odontologlarla işbirliği yapmanın ve diş kayıtlarının tutulmasında aile hekimlerini görevlendirmenin, faydalı sonuçlar alınmasında etkili olduğu kanıtlanmıştır (30).

Olay yeri incelemesinin ilk aşaması olan inceleme alanının genişliğinin ve inceleme yöntemin belirlenmesinde, kazanın oluş şekli ve yüksekliği büyük rol oynamaktadır. İniş ve kalkış sırasında oluşan kazalarda daha küçük olay yeri inceleme alanları oluşurken havada yüksek irtifada gerçekleşen kazalarda enkaz çok geniş alana yayılmaktadır. İskoçya'nın Lockerbie bölgesine yaklaşık 10.000m yükseklikten düşen enkazın genişliğinin yaklaşık 2.190km<sup>2</sup> alana dağılması ile gündeme gelen kitlesel facia bu duruma çarpıcı bir örnek olarak verilebilir. Kaza sonucunda uçakta bulunan 259 kurbanın ve kasabada bulunan 11 kurbanın verileri için bu geniş bölge taranmıştır (28).

## Yaralanma Nedenleri ve Mekanizmaları - Kaza Sebebi

Kazalar sonucunda oluşan yaralanmaların makroskopik özelliklerinin dökümantasyonu, histopatolojik incelemesi, radyografik değerlendirilmesi ile elde edinilen veriler ile kaza hakkında önemli belirlemeler yapılabilmektedir. Yara karakterlerinin ortaya konması, yaralanmaya sebep olan etkinin yönünü, büyüklüğünü ve etkiyi oluşturan cismin özelliklerini verebilmektedir.

Ayrıca yara karakterlerinin incelenmesi ile yaralanma ya da ölüm zamanı ve yaralanma mekanizması dolayısıyla kazanın oluş şekli hakkında bilgi edinilebilmektedir. Vücut organ ve iskelet sisteminin travma kuvvetlerine toleransları ve travma biyodinamiği ile birlikte yapılan değerlendirilmeler sonucunda ortaya çıkan çarpışma kuvvetleri belirlenebilmekte ve elde edinilen bilgiler olay yeri ile birleştirildiğinde kazanın aydınlatılması daha da kolaylaşabilmektedir (3).

En sık rastlanan yaralanma ve ölüm mekanizmasının künt travmalar nedeniyle olduğu dikkati çekmektedir. Oluşan yaralanma mekanizmalarında özellikle kontakt kuvvetler ve akselerasyon-deselerasyon kuvvetlerinin mekanizmadaki önemli rolleri bulunmaktadır. Bu kuvvetler karşılaştırıldığında kontakt kuvvetler ile oluşan yaralanmaların beş kat daha fazla olduğu dikkati çekmektedir (2,13). Kafatası ve baş-boyun bölgesi yaralanmaları künt travmalar nedeniyle sıklıkla ortaya çıkmakta ve tek başına öldürücü olmanın yanı sıra kaza ortamından kaçmayı engelleyerek hayatta kalma olasılığını düşüren bir faktör olarak da dikkati çekmektedir (13).

Kosta kırıkları diğer sık rastlanan bulgular arasındadır. Kosta ve sternum kırıkları sonucunda toraksa penetre olan ve bası oluşturan parçalar nedeniyle meydana gelen akciğer laserasyonu şaşırtıcı olmamaktadır. Kosta kırıklarıyla oluşan yaralanmaları ele alan araştırmalarda eşlik eden aort, karaciğer, dalak, böbrek laserasyonları ve diyafragma rüptürü arasında anlamlı ilişki bulunmaktadır (2,13).

Kazalarda oluşan yaralanma şekillerinin oturma planları ile ilişkisi daha önce yapılan çalışmalarla araştırılmış ve karşılaştırılmıştır, ölüm ve yaralanma oranlarında anlamlı farklılık/ilişkiler bulunmuştur (15,31,32). Gerek kullanılan araçtaki güvenlik önlemleri ve aracın temel yapısı gerekse kazanın orjin noktası bu ilişkiden sorumlu tutulmuştur. Acil servis helikopterleri ile yapılan bir araştırmada arka koltukta oturan görevli için yüksek oranda fatalite ve ciddi yaralanma oranları saptanmıştır (31).

Ayrıca oluşan yaralanmalarda aracın yapısal özellikleri ile alınan tedbirler ve bunların yeter-

lilik analizlerinin yapılabilmesi için yaralanma karakteristikleri kayıt altına alınarak tartışılmalı ve koruma önlemlerine yönelik uygulamalar ve yeni yapısal tasarımlar için fikirler oluşmasına yardımcı olunmaya çalışılmalıdır.

Yaralanmaların lokalizasyonu ve toplanan parçalanmış cesetler ile oturma şemaları karşılaştırılarak uçak içinde kaza esnasında olan olaylar hakkında bilgi sahibi olunması sağlanabilmektedir. Bu durum özellikle uçak içinde bomba patlatılması durumlarında ortaya çıkan parçalanma paternleri ile uyumlu olan veriler elde edilmesi ve kazanın patlama ile ilişkisinin ortaya konmasında önemli olabilmektedir (32).

## Kaza Anında Pilot Kim?

Ölümlerle sonuçlanan havacılık aktivitelerinde, kaza ile ilgili soruların yanıtlanması için en önemli aşamalardan biri pilotun kim olduğunun ortaya konmasıdır. Motorlu hava araçlarında birden fazla pilot bulunabilmektedir ve bu durumlarda uçağın kimin kontrolünde olduğunun cevabı daha zor bulunmaktadır.

Dış muayene ve telsiz konuşmalarıyla elde edilen verilerin yanı sıra otopsi esnasında elde edilen verilerde pilotun tanımlanmasında yardımcı olabilmektedir. Kokpit ve kabin konfigürasyonları, aracın kontrol edilmesinde kullanılan pedallar, direksiyon ve çubuklar kaza esnasında pilotta yolculardan daha farklı yaralanma paternleri oluşturabilmektedir. Özellikle pedallar, direksiyon ve çubuklar ile oluşan yaralanmalar literatürde kontrol yüzey yaralanmaları olarak adlandırılmaktadır.

Kontrol yüzey yaralanmaları üst ekstremitelerde kontrol araçlarının kavranması ile ortaya çıkan elde palmar yüzde ve metakarpal kemiklerde kırık, kuvvetin daha proksimale aktarılması ile el bileğinde dislokasyon, ulna ve radius distal kısımda kırık, alt ekstremitelerde metatarsal kemiklerde transvers kırıklar, talusta kırık, ayak bileğinde dislokasyon, tibia ve fibulada kırık olarak tanımlanmaktadır (33). Mekanizmasında kaza esnasından meydana gelen ani deselerasyon kuvvetlerinin, aracı kontrol eden kişiye kontrol araçları ile direk olarak aktarılması söz

konusu olmaktadır (27,33,34). Fakat benzeri yaralanmalara kaza anında refleks olarak bir yere tutunan ve uçak zemini etkisiyle ayak tabanına yansıyan çarpışma kuvvetleri nedeniyle yolcularda da rastlanabilmektedir (35). Kontrol yaralanmalarının pilotu ayırt etmek için sensitivitesi %69 ve spesifitesi %28 olarak bulunmuştur (33). Ayrıca Kubat ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada sağ taraf ekstremitte yaralanmaları ve sol taraf ayak kemikleri kırıkları pilotlarda anlamlı olarak yüksek şekilde tespit edilmektedir. Bu durumun araştırma sonucunda pilotun oturma tarafıyla bağlantılı olabileceği belirtilmektedir ve pilotun en fazla sağ taraf el yaralanmaları ve sol taraf ayak kemik kırığına sahip kişi olabileceği vurgulanmaktadır (35). Araştırma sonucuna göre dominant elin sağ tarafta daha baskın olması akla gelen diğer bir açıklama olabileceği düşünülmektedir.

Postmortem radyolojik olarak yapılan bilgisayarlı tomografi (BT) analizleri ve 3 boyutlu rekonstrüksiyon ile elde edilen görüntülerin değerlendirilmesi özellikle hava aracı tipi bilindiğinde daha değerli analizler yapılabileceği vurgulanmaktadır. 3 boyutlu BT ile kemik doku daha iyi analiz edilmekte ve yaralanma mekanizmaları daha kolay anlaşılabilir (27,34). Hoyer ve arkadaşları tarafından araştırılan küçük uçak kazasında iki adet geçerli uçuş sertifikası bulunan cesetlerin 3 boyutlu BT rekonstrüksiyonu, detaylı yara analizi ve kokpit analizi ile kaza anında aracın kontrolünün kimde olduğu başarılı bir şekilde tespit edilebilmiştir (27).

### Pilotun Performansı ve Yeterliliği

Pilotun sağlığını etkileyen, doğru karar vermesini ve hareketlerini kontrol etmesini engelleyen durumlar ölümcül kazaların yaşanmasına neden olabilmektedir. Bu durum donanımlı ve uçuş mürettebatı bulunan büyük araçlarda daha kolay tespit edilebilirken küçük, teknik donanımı yetersiz araçlarla meydana gelen kazalarda saptanması için detaylı bir otopsi ve toksikolojik inceleme yapılması gerekmektedir.

Ani yetersizlik oluşmasına ya da kognitif fonksiyonların bozulmasına neden olan durumlar sonucunda kaza oluşma oranı tüm kazalar içe-

risinde %8 olarak yer kaplamaktadır. En sık rastlanan neden alkol, uyuşturucu-uyarıcı madde ve ilaç kullanımı (%40), miyokart infarktüsü ve kardiovasküler hastalıklar (%12) olarak dik-kati çekmektedir. Diğer rastlanan sebepler ise hipoksi, karbonmonoksit maruziyeti, serebrovasküler olay, yeni başlangıçlı epilepsi, görme oryantasyonun bozulması olarak belirtilmektedir (36).

En sık rastlanan sebep olarak dikkati çeken alkol, uyuşturucu-uyarıcı madde ve ilaç kullanımlarının belirlenebilmesi için toksikolojik inceleme ve yorumlama gerekmektedir. Havacılık toksikolojisi, adli toksikolojik incelemelerden farklı olarak kişinin ölümüne ya da zehirlenmesine neden olup olmadığı sorusundan daha çok pilotun performansı üzerine etkisini analiz etmektedir. Bu nedenle törepatik ve subtörepatik dozlarda dahi tespit edilen ilaçlar değerli olmaktadır. Yapılan bu analizlerde alkol, uyuşturucu-uyarıcı, uçucu madde, glukoz ve HbA1c, törepatik ilaç oranları incelenmektedir. Olay esnası ya da sonrasında meydana gelen yangınlar nedeniyle karbonmonoksit, siyanid (CN) değerleri araştırılmaktadır. Analizler için uygun miktarda ve uygun taşıma koşullarında kan, idrar, göz içi sıvısı, safra, mide içeriği ve organ parçaları alınması önerilmektedir. Bunun için Amerika'da bulunan Sivil Havacılık Medikal Enstitüsü tarafından "Tox-Box Kit" denilen içerisinde örnekler, miktarları, alınma ve taşınma materyallerinin ve yönergelerinin bulunduğu kutunun kullanılmasının yararlı olacağı belirtilmektedir (37).

Etanol analizlerinin yorumlanmasında postmortem etanol üretimi ve kontaminasyonun ayırt edilmesi için etanol metabolitleri ile oral alkol alımı için normal olarak 5-HTOL/5-HIAA<0,01pmol/nmol saptanan oranın 15'ten büyük olması değerli kabul edilmektedir. Törepatik ilaç analizleri ile pilotun tıbbi özgeçmişi hakkında bilgi sahibi olmanın yanı sıra SSRI sınıfı antidepresan ve 1. jenerasyon antihistaminik sınıfı ilaçlar kazalarda tek başına etkili faktör olarak saptanabilmektedir. Uyuşturucu-uyarıcı madde analizlerinde ise maddelerin metabolitleri ile analizinin daha anlamlı sonuçlar vereceği vurgulanmaktadır (38).

## SONUÇ

Havacılık kazalarının değerlendirilmesinde adli tıbbi yaklaşım kazaların nedenlerinin aydınlatılmasında, gerekli önlemler alındığında ve donanımsal düzenlemeler yapıldığında ölüm ve yaralanma oranlarının azaltılmasında, kazaların önüne geçilmesi açısından kaza nedeni olan medikal durumların tespitinde önemli veriler sağlamaktadır. Ayrıca havacılık kazaları büyük araçlarla oluştuğunda felaket olarak değerlendirilebilmektedir. Bu nedenle kazalara olay yeri incelemesinden toksikolojik analizlere kadar tam bir adli yaklaşım sergilenmesi gerekliliği ortada

## KAYNAKLAR

1. Li G, Baker SP. Crash risk in general aviation. JAMA 2007;297(14):1596-8.

2. Wiegmann DA, Taneja N. Analysis of injuries among pilots involved in fatal general aviation airplane accidents. Accident Anal Prev 2003;35(4):571-7.

3. Wagner G. Aviation Accidents, Role Of Pathologist. In: Payne-James J ed. Encyclopedia of Forensic and Legal Medicine: Elsevier Ltd, 2005: 243-53.

4. Blaho-Owens K. Aviation Medicine, Illness And Limitations For Flying. In: Payne-James J ed. Encyclopedia of Forensic and Legal Medicine: Elsevier Ltd, 2005: 253-9.

5. Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge [Internet]. US Department of Transportation Federal Aviation Administration. 2008.

6. Türктаş H, Öztürk C. Approach to the possible health problems of airplane passengers [in Turkish]. Türkiye Klinikleri J Med Sci 1988;8(3):222-4.

7. Li G, Baker SP, Qiang Y, Grabowski JG, McCarthy ML. Driving-while-intoxicated history as a risk marker for general aviation pilots. Accid Anal Prev 2005;37(1):179-84.

8. Caldwell JA. Fatigue in aviation. Travel Med Infect Dis 2005;3(2):85-96.

9. Dambier M, Hinkelbein J. Analysis of 2004 German general aviation aircraft accidents according to the HFACS model. Air Med J 2006;25(6):265-9.

bulunmaktadır. Ülkemizde bu tip kazalara yaklaşımda gerek yasal gerekse uygulamalar açısından ilerlemeler sağlanabilmesi için adli tıbbi değerlendirmelerin öneminin vurgulanması gerekmektedir. Kazalara sistematik olarak yaklaşılması, yaklaşım sonucunda elde edilen verilerin düzenli olarak kayıt altına alınıp periyodik analizler yapılarak kazalara önlemler alınabilmesi için gerekli düzenlemeler ve zorunluluklar getirilmesi, daha fazla araştırma ve analiz imkanı sunularak havacılık patolojisi alanında dünya literatürüne katkı sağlanması yapılan araştırmalar sonucunda hedef olarak belirlenmesi gereken noktalar olarak dikkati çekmektedir.

10. Li G, Baker SP, Grabowski JG, Qiang Y, McCarthy ML, Rebok GW. Age, flight experience, and risk of crash involvement in a cohort of professional pilots. Am J Epidemiol 2003;157(10):874-80.

11. Li G, Baker SP. Injury patterns in aviation-related fatalities. Implications for preventive strategies. Am J Forensic Med Pathol 1997;18(3):265-70.

12. Ast FW, Kernbach-Wighton G, Kampmann H, Koops E, Puschel K, Tröger HD, Kleemann WJ. Fatal aviation accidents in Lower Saxony from 1979 to 1996. Forensic Sci Int 2001;119(1):68-71.

13. Taneja N, Wiegmann DA. Analysis of injuries among pilots killed in fatal helicopter accidents. Aviat Space Environ Med 2003;74(4):337-41.

14. ICAO Circular 153-AN/56. Available from: <https://www.faa.gov/files/gslac/courses/content/232/1081/finaldutchreport.pdf> [cited: 30 March 2016].

15. Vosswinkel JA, McCormack JE, Brathwaite CE, Geller ER. Critical analysis of injuries sustained in the TWA flight 800 midair disaster. J Trauma 1999;47(4):617-21.

16. Wolf BC, Harding BE. Investigative and autopsy findings in sport aircraft-related deaths in southwest Florida. Am J Forensic Med Pathol 2008;29(3):214-8.

17. Vassallo DJ, Sargeant ID, Sadler PJ, Barraclough CJ, Bhatt BM, Wilcock AC. Mass casualty incident at Hospital Squadron Sipovo, Bosnia following a Czech hip helicopter

crash, 8 Jan 1998. J R Army Med Corps 1998;144(2):61-6.

18. Hellerich U, Pollak S. Airplane Crash Traumatologic Findings in Cases of Extreme Body Disintegration. Am J Forensic Med Pathol 1995;16(4):320-4.

19. Byard RW, Tsokos M. Avulsion of the distal tibial shaft in aircraft crashes: a pathological feature of extreme decelerative injury. Am J Forensic Med Pathol 2006;27(4):337-9.

20. Tsokos M. Scene findings and autopsy features in a case of ultra-light aircraft crash. Forensic Sci Med Pathol 2013;9(1):100-2.

21. Rekand T. The epidemiology of injury in hang-gliding and paragliding. Med Sport Sci 2012;58:44-56.

22. Westman A, Bjornstig U. Injuries in Swedish skydiving. Br J Sports Med 2007;41(6):356-64.

23. Wolf BC, Harding BE. Patterns of injury in a fatal BASE jumping accident. Am J Forensic Med Pathol 2008;29(4):349-51.

24. Soreide K. The epidemiology of injury in bungee jumping, BASE jumping, and skydiving. Med Sport Sci 2012;58:112-29.

25. Vanderford L, Meyers M. Injuries and bungee jumping. Sports Med 1995;20(6):369-74.

26. Hite PR, Greene KA, Levy DI, Jackimczyk K. Injuries resulting from bungee-cord jumping. Ann Emerg Med 1993;22(6):1060-3.

27. Hoyer CB, Nielsen TS, Nagel LL, Uhrenholt L, Boel LW. Investigation of a fatal airplane crash: autopsy, computed tomography, and injury pattern analysis used to determine who was steering the plane at the time of the accident. A case report. Forensic Sci Med Pathol 2012;8(2):179-88.

28. Eckert WG. The Lockerbie disaster and other aircraft breakups in midair. Am J Forensic Med Pathol 1990;11(2):93-101.

29. Schuliar Y, Knudsen PJ. Role of forensic pathologists in mass disasters. Forensic Sci Med Pathol 2012;8(2):164-73.

30. Hutt JM, Ludes B, Kaess B, Tracqui A, Mangin P. Odontological identification of the victims of flight AI. IT 5148 air disaster Lyon-Strasbourg 20.01.1992. Int J Legal Med 1995;107(6):275-9.

31. Hinkelbein J, Spelten O, Neuhaus C, Hinkelbein M, Ozgur E, Wetsch WA. Injury severity and seating position in accidents with German EMS helicopters. Accident Anal Prev 2013;59:283-8.

32. Vidoli GM, Mundorff AZ. Victim fragmentation patterns and seat location supplements crash data: American Airlines flight 587. Aviat Space Environ Med 2012;83(4):412-7.

33. Campman SC, Luzi SA. The sensitivity and specificity of control surface injuries in aircraft accident fatalities. Am J Forensic Med Pathol 2007;28(2):111-5.

34. Folio LR, Harcke HT, Luzi SA. Aircraft mishap investigation with radiology-assisted autopsy: helicopter crash with control injury. Aviat Space Environ Med 2009;80(4):400-4.

35. Kubat B, Korthout T, van Ingen G, Rietveld LA, de Bakker HM. Radiological analysis of hand and foot injuries after small aircraft crashes. Forensic Sci Med Pathol 2014;10(3):351-6.

36. Taneja N, Wiegmann DA eds. An analysis of in-flight impairment and incapacitation in fatal general aviation accidents (1990-1998). Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting. Maryland: SAGE Publications, 2002.

37. Chaturvedi AK, Smith DR, Soper JW, Canfield DV, Whinery JE. Characteristics and toxicological processing of postmortem pilot specimens\* from fatal civil aviation accidents. Aviat Space Environ Med 2003;74(3):252-9.

38. Chaturvedi AK. Postmortem aviation forensic toxicology: an overview. J Anal Toxicol 2010;34(4):169-76.