

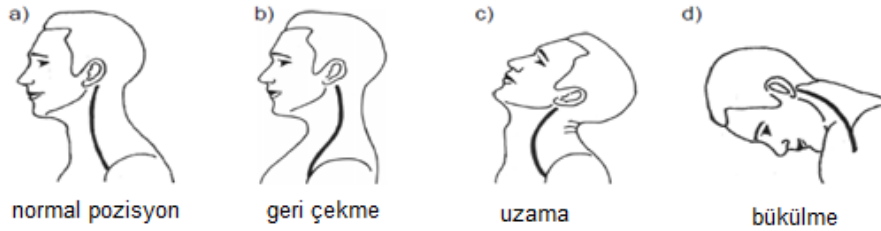
## EUNCAP WHIPLASH (TRAVMA) TESTLERİNE UYGUN, DÜŞÜK MALİYETLİ KOLTUK İSKELETİ VE BAŞLIK GELİŞTİRİLMESİ.

Murat Dal, Aralık 2012, **MARTUR** Automotive Seating Systems

Whiplash yaralanması, travma, baş ve gövdenin ters yönde ani hareketleri sonucu oluşan boyun zedelenmesini tarif etmek amacıyla kullanılan bir terimdir. Hareketin kamçı hareketine benzemesi sonucu bu isim verilmiştir.

Bu zedelenme tipi daha çok nispeten düşük hızlarda arkadan çarpışma kazalarında görülür. Avrupa da whiplash yaralanmalarının yıllık maliyeti 10 milyar eu yu bulmaktadır. Ayrıca Japonya da 550.000 kazazedenin %44 ü boyun zedelenmesinden şikayetçi olmuş ve Amerika da yıllık whiplash yaralanması ile sonuçlanan kazaların sayısı 800.000 dir. Bu örnekler çoğaltılabilir ancak bu kadarı bile bu tür kazaların maddi ve manevi ne kadar hasar verdiğini göstermektedir.

Bu tür bir çarpışma esnasında sürücü veya yolcu önce koltuğa gömülür sonrasında ise koltuk sırtı tarafından fırlatılır. Boyun zedelenmesi bu fırlatma sırasında oluşur. Arkadan çarpma esnasında baş ve boynun "whiplash" hareketi aşağıda tariflenmiştir:



İstatistikler göstermiştir ki 1960 lardan 2000 lere kadar boyun zedelenmeleri artış göstermiştir. Bunun en büyük nedeni araç ve koltuk üreticilerinin yüksek ivmeli çarpışma testlerine dayanıklı ürün geliştirmek amacıyla daha sağlam ve sert tasarımlara geçmeleridir. Bu da düşük hızlardaki çarpışmalarda yolcuya ya gelen çarpma etkisinin artması anlamına gelmektedir.

Birçok biomekanik ve tıbbi araştırmalara rağmen whiplash boyun zedelenmesinin ana mekanizması halen çözülememiştir. Bu da soruna net bir çözüm bulunmasını zorlaştırmaktadır. Ancak koltuk sırt yapısı ve başlık tasarımının yaralanma riskini azalttığı bilinmektedir.

Boyun zedelenmeli kazaların sıklığı, bireysel şikayetler ve topluma maliyeti bağımsız test kuruluşlarını araç koltuklarının boyun zedelenmesini önleme potansiyelini test edecek yeni test metotları ortaya koyma ve sonuçlarını topluma yayınlama konusunda motive etmiştir.

Bu kuruluşların en eskisi olan IIHS, 1995 yılından itibaren başlık geometrisini değerlendiren protokoller yayımlamıştır. Bir diğeri ve en bilineni olan EUNCAP ise 2009 yılında 5 yıldız puanlamasına whiplash skorunu da dahil etmiştir.

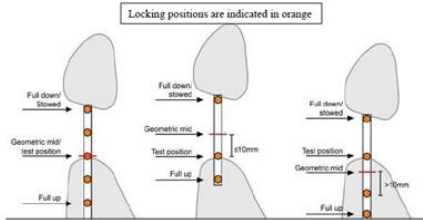
**INSURANCE INSTITUTE  
FOR HIGHWAY SAFETY**



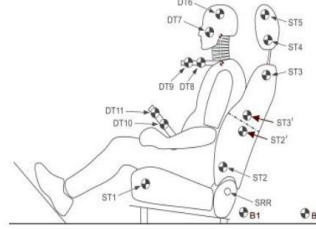
EUNCAP whiplash test skorlarının ve detay bilgilerine <http://www.euroncap.com/whiplash.aspx> adresinden ulaşılabilir. Bu sayfada en son yapılan testlere ait puanlar ve araç bilgileri ile birlikte testlere ait resim ve videolar da bulunmaktadır.

## EUNCAP Whiplash Test Protokolü:

Test protokolü, değerlendirmenin gerçeğe uygun ve tekrarlanabilir olabilmesi amacıyla test hazırlığı ile ilgili standartlar ortaya koymaktadır. Bunlar test koltuğun ve başlığın pozisyonları, baş ve başlık mesafelerinin ölçülmesi, test mankenin konumlandırılması ve test ivme değerleri için koridorlar olarak özetlenebilir.

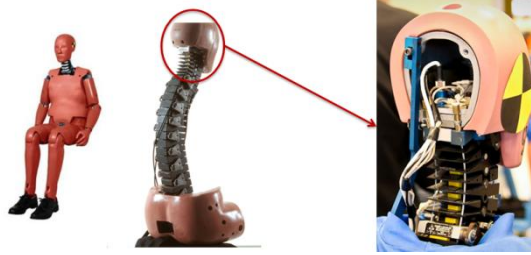


Başlık test pozisyonu belirleme



Test mankeni pozisyonu ve video hedef noktaları

Whiplash testlerinde kullanılan test mankeni de diğer çarpışma testleri mankenlerine göre daha gelişmiş ve özellikle sırt - boyun kısmı hassas olan BIORID II mankeni kullanılmaktadır.



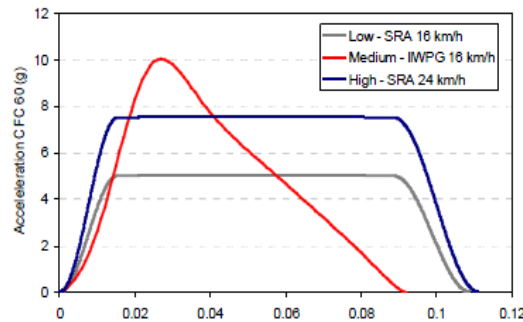
Bu test mankeninin yılda bir veya 20 testte bir kalibrasyona tabi tutulması gerekmektedir.

EUNCAP whiplash testi 2 aşamadan oluşmaktadır:

**Statik testler:** Bu aşamada HRMD (Head Restraint Measurement Device) adındaki ölçüm mankeni ile başlık mesafeleri yatay ve dikey ekseninde ölçülmektedir. Test sonunda 3 adet koltuğun, 3 tekrardan toplam 9 adet ölçüm sonucu elde edilir ve bu değerlerin ortalaması alınır. Ölçümler başlığın test pozisyonu ve en alt, en geri pozisyonu için yapılır.



**Dinamik testler:** Bu aşamada ise test koltuğu araç içindeki konumuna uygun şekilde test sistemine sabitlenir ve a farklı ivmelenme ile dinamik test yapılır. Bu ivmeler istatistiksel veriler yardımıyla oluşturulmuş farklı hız değerleri ve ivme değişimleridir:



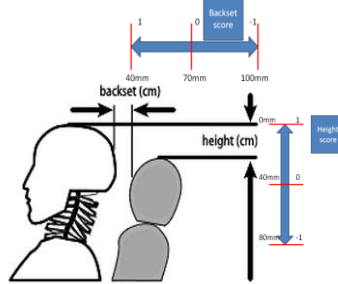
Dinamik test hazırlığında, BIORID mankenin doğru konumlandırılması çok önemlidir, HRMD ölçümlerinden elde edilen değerler ve protokoldeki standartlar konumlamada kullanılmaktadır. Altta resim whiplash dinamik testine hazır bir koltuk ve mankeni göstermektedir:



### EUNCAP Whiplash Değerlendirme Protokolü:

Değerlendirme protokolü de 3 aşamalı puanlamadan oluşmaktadır:

**1- Statik puanlama:** Başlığın test pozisyonundaki ölçümleri ile bulunan değerler referans değerlerle karşılaştırılarak, kademeli olarak -1 ile +1 arasında bir puan belirlenir. Ayrıca başlığın en alt pozisyonundaki değerler ile 0 ve üstü puan alınabiliyorsa( worst case geometry), ek olarak +1 puan daha ilave edilir. Böylece statik puanlamadan +2 puan alma imkanı bulunmaktadır.

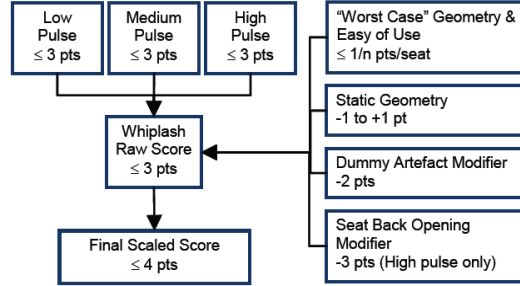


**2- Dinamik puanlama:** Puanlama her bir dinamik test ivmesi için, 7 farklı kriter üzerinden yapılmaktadır. Her kriterin alt - üst limitleri ve birde ceza limiti bulunmaktadır. Her bir kriter için test sonucu elde edilen değer alt limitin (HPL) altında ise 0.5 puan, üst limitin (LPL) üstünde ise 0 puan alınır. Herhangi bir kriter değeri, ceza limitine (CL) eşit veya üstünde ise o dinamik test puanı 0 olarak değerlendirilir. Kriterlerden T1 ivmelenmesi ve T HRC dan en yüksek puan alınır, diğeri ceza puanı olsa dahi ihmal edilir. Böylece her bir dinamik test için 0 ile 3.0 arasında bir puan elde edilir:

Criteria	Units	Low severity			Medium severity			High severity			
		HPL	LPL	CL	HPL	LPL	CL	HPL	LPL	CL	
NIC	m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>	9.00	15.00	18.30	11.00	24.00	27.00	13.00	23.00	25.50	0...0.5
Nkm	-	0.12	0.35	0.50	0.15	0.55	0.69	0.22	0.47	0.78	0...0.5
Head rebound velocity	m/s	3.0	4.4	4.7	3.2	4.8	5.2	4.1	5.5	6.0	0...0.5
Fx upper	N	30	110	187	30	190	290	30	210	364	0...0.5
Fz upper	N	270	610	734	360	750	900	470	770	1024	0...0.5
T1 acceleration up to head contact	g	9.40	12.00	14.10	9.30	13.10	15.55	12.50	15.90	17.80	0...0.5
Head restraint contact time	ms	61	83	95	57	82	92	53	80	92	0...0.5
Seatback deflection	deg	n/a			n/a			32			<b>0...3.0</b>

**3- Ceza puanlama (Modifier):** Test ölçümleri haricinde test sırasında, EUNCAP temsilcisinin gözlemlerinde yolcuya zarar verebilecek herhangi bir durum tespit edilirse -2 ceza puanı ve/veya yüksek ivmeli dinamik test sırasında sırt açısı 32 derece ve daha fazla değişirse de -3 ceza puanı eklenir.

Sonuç olarak tüm puanlar toplanır ve 11 üzerinden bir ham puan elde edilir. Nihai EUNCAP whiplash puanı bu ham puanın 4 üzerinden ölçeklendirilmesi ile elde edilir:

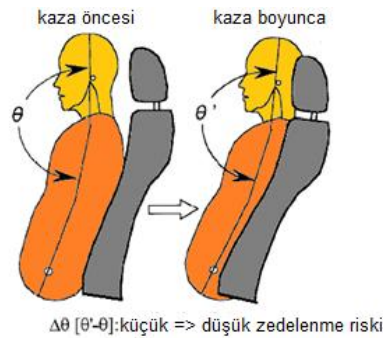


EUNCAP, whiplash değerlendirmesini 2009 yılından bu yana yıldız verme sistemine almış olsa da, protokollerin gerçek kaza şartlarını yansıtmaz özelliği (özellikle bayan sürücü ve yolcular için) ve test sonuçlarının tekrarlanabilirliği ile ilgili üniversite ve araç üreticileri tarafından çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda, tekrarlanan testlerde elde edilen dinamik puanlardaki belirsizlik katsayısının (coefficient of variation) %20'lere vardığı ve bayan yolcuların boyun ve gövde anatomik yapı farklarından dolayı erkek yolculara göre 3 kata kadar daha fazla boyun zedelenme riski ile karşı karşıya olduğu gösterilmiştir.

#### **Whiplash koruması yüksek koltuk sistemi tasarımı:**

Her ne kadar boyun zedelenme mekanizması tam olarak anlaşılamamış olsa da, kaza anında boyun hareketinin azaltılmasının zedelenme riskini düşürme de kilit nokta olduğu bilinmektedir.

Boyun hareketini azaltmak, kaza anında baş eksenini ile gövde eksenini arasındaki açının mümkün olduğu kadar korunması ile olmaktadır.



Bunu azaltmanın 2 farklı yöntemi bulunmaktadır:

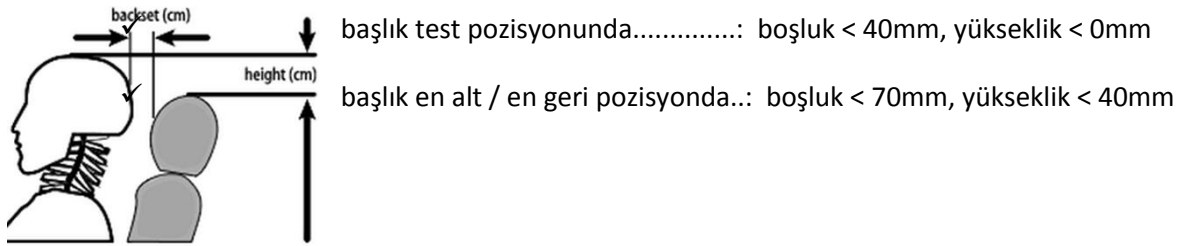
- Anti-whiplash sistemleri:
  - Aktif Başlık: Kaza anında başlık mekanik olarak veya sensörler yardımıyla öne ve yukarı doğru hareket eder. Buradaki amaç, baş ile başlık arasındaki mesafeyi azaltmak ve başın en kısa sürede başlıktan destek almasını sağlamaktır.

- "Yatan Sırt": Kaza anında koltuk sırtını geriye doğru hareket ettiren ve sırtın dönmesi ile sonuçlanan bir deformasyon sağlanması. Buradaki amaç ise koltuk sırtının daha fazla enerji sönümlemesini sağlamaktır.
  - Başlık ve koltuk sırtı tasarımında iyileştirmeler.

### Başlık Tasarımında Geliştirmeler:

Arkadan çarpmalardan başlık sisteminin etkinliği birçok araştırmada incelenmiştir. Çalışmalar başlık etkisinin yaklaşık %30 olduğunu göstermiştir. Dolayısıyla başlık tasarımındaki iyileştirmelerin whiplash riskini azaltacağı sonucu ortaya çıkmıştır.

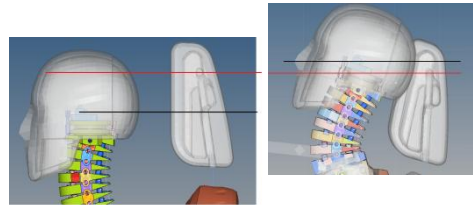
Başlık tasarımında yapılacak ilk iyileştirme geometrik olarak başlığın baş ile olan boşluk (backset) ve yükseklik (height) değerlerini, protokole göre tam puan alacak şekilde düzenlemektir:



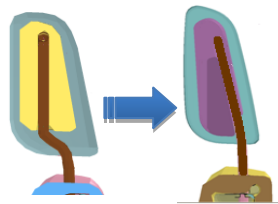
Ancak geometrik olarak tam puan almak, dinamik testlerde başarılı performans elde etmeye her zaman yetmemektedir. Çarpışma anında başlığın dinamik olarak koltuk sırtı ile uyumlu çalışması gerekmektedir. Başlık, başın durmasını ve öne hareketini gövde ile aynı anda sağlayacak şekilde tepki vermelidir.

Dinamik performansta dikkat edilecek ilk konu, az "boşluk" değerinin her zaman olumlu etki göstermeyeceğidir. Örneğin Nkm değeri belli bir yakınlıktan sonra ters yönde etkilenmekte ve yükselmektedir.

Başlık yüksekliği de önemlidir, çarpma süresince başlık milinin üst noktasının başın ağırlık merkezinden sürekli üstte olması olumlu sonuç vermektedir:

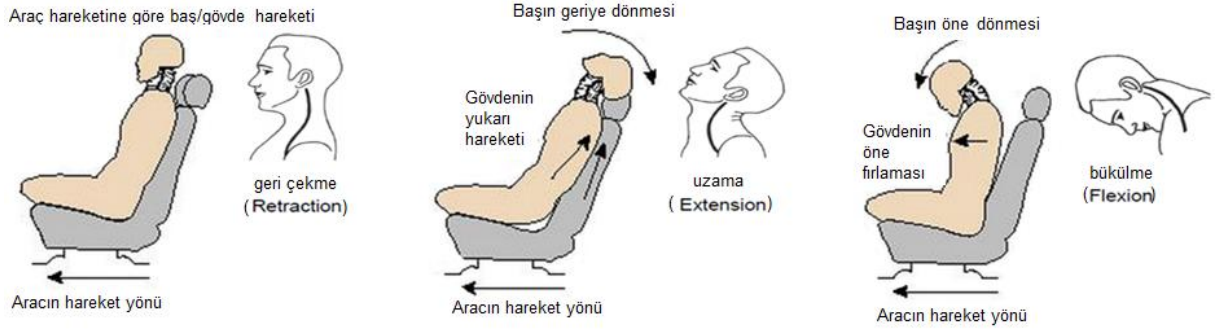


Öne eğimli başlık mili de kaza sırasında boyna gelen çekme kuvveti ve momentinin azalmasına faydalı olmaktadır. Ayrıca darbe emici özelliğe sahip yardımcı malzeme kullanımı da çarpma anında oluşan etkiyi azaltmaktadır:



## Koltuk Tasarımında Geliştirmeler:

Whiplash koruma özelliği iyi tasarlanmış bir koltuk, çarpışma anındaki başlıca 3 hareket aşamasında baş ve gövdenin göreceli hareketini en aza indirmelidir:



Görece hareketin en az olabilmesi için başın başlığa teması ile gövdenin üst kısmının koltuk sırtına gömülmesi ve durmasının aynı zamanda olması gerekmektedir.

Ayrıca geri sıçrama aşamasındaki baş hızı da puanlama kriterlerini etkileyen önemli bir parametre olduğundan, koltuğun son aşamadaki hareketinin de test mankenine enerji transferi oluşturmayacak yumuşaklıkta olması gerekir.

Yapılacak tasarım iyileştirmeleri test mankeninin koltuk üzerinde bu hareketleri gerçekleştirebilmesi yönünde olmalıdır.

Yüksek ivmeli çarpışma testleri koltuğun güvenli olabilmesi için sağlam ve az esnek olmasını gerektirmektedir. Ancak bu durum whiplash koruması için bir dezavantaj oluşturmaktadır. Önemli olan nokta bu iki gereksinim arasında en uygun tasarıma ulaşmaktır.

Bu yöndeki tasarım alternatiflerini karşılaştırmada ki en büyük yardımcı CAE simülasyonlarıdır. Ancak, Whiplash simülasyonları, diğer çarpışma simülasyonlarına göre daha uzmanlık isteyen ve altyapısı ( FE mankeni ve donanım) daha kapasiteli olması gereken simülasyonlardır. FE modelindeki en küçük ayrıntılar bile sonuçlar üzerinde etkili olmaktadır.



CAE simülasyonlarının avantajlarından bazıları:

- Fiziksel prototip ihtiyacı olmadan projenin her aşamasında değerlendirme yapılabilir.
- Aynı donanım ve yazılım seviyesi kullanıldığı sürece tekrarlanabilirlik neredeyse 100% dür. Dolayısıyla tek bir değişikliğin etkisi net olarak incelenebilmektedir.
- Detaylı inceleme yapma imkanı vardır. Fiziksel testlerde ölçülemeyen parametrelerin değişimi dahi CAE ile incelenebilmektedir.



CAE, gerçek testlerin sayısını azaltma yönünde ve tasarım değışikliklerinin etkilerini belirlemede çok güçlü bir araç olsa da, yanlış kabul ve eksik bilgi ile yapılan değerlendirmeler tasarımcıları çok yanlış yönlendirmeler verebilecektir. Dolayısıyla son olarak whiplash simülasyonlarında dikkat edilmesi gereken bazı noktalar aşağıda özetlenmiştir:

- Gerilme çıktılarının alındığı "oturma simülasyonu" yapılmalı.
- BioRID mankenin pozisyonlaması test protokolüne göre doğru yapılmalı.
- Fiziksel test şartlarına uygun, gerçekçi sürtünme katsayıları tanımlanmalı.
- Her bir parça için uygun eleman formülasyonu kullanılmalı
- Sünger malzeme özellikleri dinamik ve statik şartlar altında tespit edilmeli ve uygulanmalı.

#### **Kaynaklar:**

- "Euro-NCAP-Whiplash-test-protocol-V3.1", June 2011
- "Euro-NCAP-Assessment-Protocol---AOP---v5.4", November 2011
- "Review of Existing Injury Criteria and their Tolerance Limits for Whiplash Injuries with Respect to Testing Experience and Rating Systems."  
K. Bortenschlager (PDB), M. Hartlieb (Daimler AG), K. Barnsteiner (BMW Group), L. Ferdinand (Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, Germany), et al.  
20<sup>th</sup> ESV (Paper 07-0486), Lyon (France), 2007
- "Addressing Female Whiplash Injury Protection - A Step Towards 50th Percentile Female Rear Impact Occupant Models."  
University dissertation from Chalmers University of Technology : [Anna Carlsson](#); 2012