
2. PROGRAMA DE LA CONFERENCIA

"Whiplash: Ingeniería y Medicina en el Estudio del Síndrome del Latigazo Cervical"

Dirigido: a estudiantes, profesionales del sector de la automoción, del sector de los seguros y al sector de la sanidad.

Fecha: Jueves 23 de Enero del 2003.

Lugar: Sala de Actos de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona (ETSEIB). Av. Diagonal, 647. 08028 – Barcelona.

17:00h Recepción

17:15h Apertura del Acto

- Sr. Vicente Aguilera – Director *Cátedra Agbar Automotive en Seguridad del Automóvil*
- Dr. Salvi Prat – *Coordinador Urgencias Traumatología. Hospital Clínic Barcelona*

17:30h Sesión I – "Whiplash: Diagnóstico y Análisis Médico"

- Dr. Andrés Combalá – *Médico Consultor Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Clínic Barcelona*

17:55h Sesión II - "BioRID and NIC and their relevance to possible neck injury mechanism"

- Sr. Ola Boström – *Senior Research Engineer. Autoliv AB Research, Sweden*

18:20h Pausa Café

18:50h Sesión III - "Concepto Apoyacabezas Activos"

- Sr. Alberto Toyas – *Responsable Proyectos y Seguridad Asientos. Centro Técnico SEAT*

19:15h Clausura del Acto

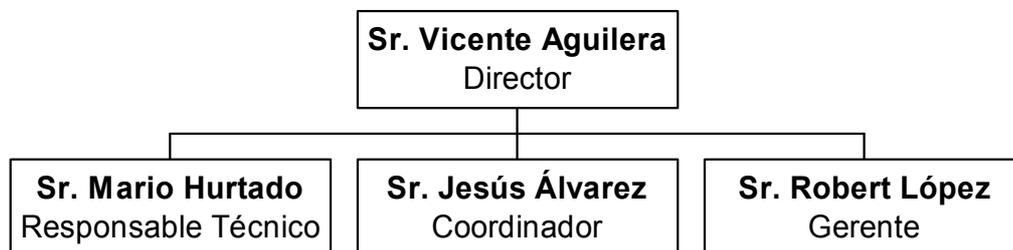
- Sr. Sergi Pastor – *Consejero Delegado Applus*

3. LA CÁTEDRA AGBAR AUTOMOTIVE EN SEGURIDAD DEL AUTOMÓVIL

La Cátedra Agbar Automotive en Seguridad del Automóvil nace de un acuerdo entre la UPC, la Fundación Agbar, Idiada y Agbar Automotive.

Dicha iniciativa surgió en julio de 2000, con el objetivo de difundir e investigar la seguridad activa y pasiva de los automóviles empezando por el mundo universitario. Con esta nueva fórmula se pretende acercar la industria a la universidad y viceversa.

La Organización de la Cátedra es la siguiente:



La estructura de la Cátedra se divide en tres áreas de conocimiento:

- Seguridad Activa. (Active Safety)
- Seguridad Pasiva. (Passive Safety)
- Estructura Carrocería. (Car Body Structure)

Se colabora con los diferentes departamentos de la UPC para crear sinergias de trabajo que puedan favorecer la formación de estudiantes en materia de la seguridad en el automóvil.

Las actividades de la Cátedra se dividen en dos líneas de trabajo, una docente, desde el marco de la ETS de Ingeniería Industrial de Barcelona, y la otra de Investigación y Desarrollo.

La Cátedra lleva a cabo las siguientes actividades:

- Docencia dentro de la UPC
- Conferencias
- Cursos Monográficos
- Postgrados
- Masters
- Participación en proyectos de final de carrera, doctorados.
- Realización de Proyectos de Investigación con empresas del sector de la automoción.
- Proyectos de I+D a nivel europeo.

La presente conferencia constituye una actividad enmarcada dentro de las actividades propias de la Cátedra Agbar Automotive en Seguridad del Automóvil.

4. HOSPITAL CLÍNIC BARCELONA

El Hospital Clinic es un centro de alta tecnología ubicado en el casco urbano de la ciudad de Barcelona. Nuestro centro está capacitado para dispensar cuidados médicos y de enfermería al más alto nivel. El Institut Clínic de l'Aparell Locomotor (ICAL), dirigido por el Prof. Santiago Suso, tiene como objetivo proporcionar una asistencia de la más alta cualificación a los pacientes con patologías del aparato locomotor.

En el área de Urgencias, que coordina el Dr. S. Prat, el ICAL trata de forma habitual pacientes accidentados de diversos niveles de gravedad. A través de la Unidad de Asistencia a los Politraumatismos son tratados pacientes graves o muy graves a través de equipos multidisciplinares, cuyos principales objetivos son salvar la vida del paciente y minimizar las complicaciones y secuelas derivadas de las lesiones sufridas a consecuencia del traumatismo. En un ámbito de pacientes de menor gravedad, en cuanto al riesgo para la vida, pero con un alto potencial para presentar secuelas importantes, el ICAL asume el tratamiento de la patología del aparato locomotor con la finalidad de obtener un diagnóstico y un tratamiento precoces de la patología traumática. Nuestro equipo lidera también iniciativas para mejorar la coordinación con la asistencia prehospitalaria y para desarrollar un sistema de registro de accidentados que permita un mejor y más profundo conocimiento de la patología traumática.

El Dr. A. Combalia, médico consultor de Cirugía Ortopédica y Traumatología del ICAL, tiene a su cargo el tratamiento de la patología de la columna cervical dentro del ICAL. Es, además, profesor del Departamento de Anatomía Humana de la Universidad de Barcelona. Es un experto en el manejo de los pacientes afectados de latigazo cervical.

5. PRESENTACIÓN DE LA CONFERENCIA

Whiplash es el término anglosajón que define el movimiento que describen la cabeza y el cuello de una persona como consecuencia de una transferencia súbita de energía y que recuerda al de un latigazo. Las consecuencias de este movimiento se presentan en forma de diversos síntomas que en raras ocasiones pueden ser mortales aun siendo ciertamente molestas para el paciente, pero sobre las que el médico no observa signos evidentes.

En los últimos años la incidencia del fenómeno *Whiplash*, o Latigazo Cervical, ha crecido hasta el punto de ser calificado de epidemia. Esto es debido al aumento de movilidad y de urbanización de la sociedad ya que en la mayoría de los casos el causante del síndrome es un accidente de tráfico en el que un vehículo recibe un impacto posterior en zona urbana, a baja velocidad.

Este incremento de casos de los últimos años, la alarma social que se está creando y la necesidad de fomentar la investigación en este país han sido los elementos que han inducido a la *Cátedra Agbar Automotiva en Seguridad del Automóvil* conjuntamente con el *Hospital Clínic Barcelona* a la realización de esta conferencia. El objetivo de la misma es poner de manifiesto el estado actual del fenómeno, plantear el debate existente entre las diferentes comunidades de profesionales relacionadas con el tema (médicos, ingenieros e investigadores) y enmarcar unas líneas de investigación continuistas con la finalidad de avanzar en este campo.

A pesar de no haber víctimas mortales entre los afectados por el síndrome del *whiplash*, las estadísticas reflejan una realidad diferente, en la que los períodos de recuperación y las consecuencias de los impactos posteriores a baja velocidad suponen un coste personal, social y económico importante, con bajas laborales de entre semanas y hasta 2 años de duración.

Según las estadísticas publicadas por el *Servei Català de Trànsit*, en el año 2.001 hubo 22.992 accidentes de tráfico con víctimas en las carreteras catalanas. En 4.301 de éstos hubo al menos un vehículo que recibió un impacto posterior. Este tipo de siniestro representa el 18,70% del total de los accidentes de tráfico, el segundo más frecuente después de los fronto-laterales (30,12%). En el 74,91% de los casos estos accidentes sucedieron en zona urbana.

Las estadísticas en España, según la *Dirección General de Tráfico*, no muestran un panorama diferente al de la comunidad catalana. En el año 2.001 se registraron 100.393 accidentes de tráfico en las carreteras del estado, con 17.236 casos en los que al menos un vehículo recibió un impacto posterior. Este tipo de siniestro es, también en el caso de España, el segundo más frecuente (17,17%) después de los fronto-laterales (26,56%). El 55,28% de estos accidentes tuvo lugar en zona urbana.

En las siguientes tablas se puede apreciar la distribución de las víctimas de este tipo de siniestro tanto en las carreteras españolas como en las catalanas.

	Zona Urbana	Zona Interurbana	Total
Muertos	50	332	382
Heridos Graves	642	1.993	2.635
Heridos Leves	13.635	12.763	26.398
Total	14.327	15.088	29.415

Víctimas por accidente con impacto posterior en España en el 2.001. Fuente: DGT

	Zona Urbana	Zona Interurbana	Total
Muertos	14	53	67
Heridos Graves	120	349	469
Heridos Leves	4.508	1.640	6.148
Total	4.642	2.042	6.684

Víctimas por accidente con impacto posterior en Cataluña en el 2.001. Fuente: SCT

Las estadísticas médicas internacionales indican que un 18% de los ocupantes de vehículos implicados en colisiones posteriores sufren heridas que les ocasionan la muerte. Independientemente de la velocidad, los choques de este tipo afectan a la zona cervical, que registra el 42% de las lesiones que se producen, y a la cabeza, con el 19%. Menos frecuentes son las lesiones que afectan a las extremidades. Todos estos datos corresponden a ocupantes que circulaban con el cinturón de seguridad correctamente colocado.

Un estudio realizado en España destaca que los accidentes de tráfico son la primera causa de lesión medular en el estado (55% de todos los casos) y, de estos, el 39% sufre una lesión medular completa (tetraplegia). Este mismo estudio revela que el herido era el conductor del vehículo en un 42% de los casos y el acompañante en un 31%.

Otro estudio a nivel nacional revela que la incidencia en los ocupantes de las plazas posteriores del vehículo es un 50% menor que en los de las plazas delanteras en caso de accidente por impacto posterior. También asegura que a mayor altura del usuario, mayor es el riesgo de lesiones en la zona cervical de manera que con una altura de 1,60 m el porcentaje de lesionados es del 10%, siendo del 50% en los de 1,90 m de altura. Otro dato que aporta el estudio es que hay mayor incidencia de este tipo de lesión en las mujeres debido a su menor masa muscular en la zona afectada.

Las lesiones cervicales se puede dar en cualquier tipo de choque (frontal, lateral, vuelco o posterior) pero es en el impacto posterior donde el efecto es mucho más acusado y tiene unas características concretas, denominándose *Whiplash* o Síndrome del Latigazo Cervical. En un impacto posterior uno de los vehículos golpea con el frontal al vehículo que le precede (misma dirección y sentido) en su parte posterior. Esta situación es bastante común en zona urbana, donde la velocidad de los vehículos es limitada con constantes frenadas debido a la propia señalización de las vías o a los colapsos circulatorios, y un despiste puede acabar en un impacto posterior. El síndrome del *Whiplash* ocurre en choques posteriores a baja velocidad, con un ΔV de entre 8 y 25 km/h.

El movimiento del *Whiplash*, se puede dividir en 4 fases;

- I. El respaldo del asiento empuja la espalda del ocupante mientras la cabeza y el cuello permanecen en su posición original.

-
- II. El torso del ocupante se eleva a causa de la inclinación del respaldo del asiento. El cuello sufre una deformación en forma de S debido a la diferencia entre el movimiento de la cabeza y el del torso. En esta situación se presenta una hiperextensión en la parte inferior y una hiperflexión en la parte superior de la columna cervical.
 - III. El cuello del ocupante pasa de una forma de S a una hiperextensión total, alcanzando el máximo ángulo de giro de la cabeza respecto al torso.
 - IV. Debido a la elasticidad del asiento, el torso del ocupante inicia un movimiento de rebote contrario al que había seguido hasta el momento mientras la cabeza se recupera de su rotación anterior.

Es necesario insistir en el hecho de que el síndrome se presenta en impactos posteriores a baja velocidad (se considera un impacto a baja velocidad a aquel que sucede a una ΔV de hasta 30 km/h). En los impactos a alta velocidad (ΔV desde 30 km/h) las lesiones que sufren los ocupantes son de otra índole y pueden poner en peligro sus vidas. Los daños que sufre el vehículo en un choque posterior a baja velocidad no afectan a su estructura y sí levemente a la carrocería y a elementos destinados a absorber la energía del impacto (traviesas y deformables). En un choque a alta velocidad los daños sobre el vehículo afectan a toda la estructura y a diversos elementos, como puede ser el depósito de combustible que debe estar muy bien protegido.

Los fabricantes de vehículos diseñan la estructura del mismo para soportar un impacto posterior a alta velocidad de manera que éste afecte lo mínimo posible a sus ocupantes, manteniendo el espacio mínimo de supervivencia. A su vez, diseñan los diferentes elementos de seguridad pasiva para paliar los efectos del impacto sobre los ocupantes. En el caso de los choques a baja velocidad, los criterios de diseño a nivel de estructura se basan en minimizar los daños sobre la carrocería, pero no en disminuir los efectos del impacto sobre el ocupante. En este caso se considera que los elementos de seguridad pasiva del vehículo son los que se encargan de paliar estos efectos, en concreto el asiento y el reposacabezas.

Hay múltiples aspectos que afectan al síndrome de *Whiplash*. Diversos estudios realizados sobre casos reales y ensayos controlados de laboratorio demuestran que los siguientes factores tienen una importancia marcada en las consecuencias sobre el ocupante de un vehículo que sufre un impacto posterior;

- Características físicas del ocupante: peso, estatura, complexión edad y sexo.
- Estado psicológico: cansancio, estado de ánimo, relajación, depresión, tensión...
- Posición dentro del vehículo: cabeza girada, posición del cuerpo, conciencia de la inminencia del impacto,...
- Diseño del asiento: un asiento rígido es óptimo para un choque a alta velocidad, un asiento con elementos de absorción de energía mejora la protección del ocupante en un choque posterior a baja velocidad; por otro lado, un asiento muy elástico provoca mayor rebote con el peligro de lesiones más importantes por esta causa.
- Estructura y carrocería: si el vehículo que impacta es más rígido transferirá mayor cantidad de energía al golpeado, mientras que si el golpeado es muy rígido el ocupante recibirá mayor cantidad de energía proveniente del impacto.
- Uso del cinturón de seguridad: riesgo en la fase de rebote debido a que se reproduce el movimiento del *Whiplash* pero en el sentido contrario.

Las consecuencias del Latigazo Cervical se muestran en forma de vómitos, mareos, cefaleas, pérdidas de memoria y un sinfín de pequeñas molestias que en ocasiones se presentan horas e incluso algún día después del accidente. Cuando la persona acude al hospital con

esos síntomas, es probable que el médico no detecte ningún signo utilizando las pruebas habituales. Por esta razón, el diagnóstico del síndrome es muy complicado y el médico se encuentra en la disyuntiva de dar crédito a los síntomas que presenta el paciente o a la falta de signos que evidencian las pruebas realizadas.

Las molestias que el *Whiplash* ocasiona provocan bajas laborales que van desde semanas a 2 años de inactividad. En algún caso el paciente puede padecer incluso dolores crónicos. Según estudios realizados en España, el 50% de los pacientes afectados por el Síndrome del Latigazo Cervical vuelven a su actividad normal en entre 1 y 3 meses. El 26% están de baja laboral por un período que oscila entre los 3 y los 6 meses. En el 12,5% de los casos la baja se prolonga por más de 6 meses y en el 1,9% la inactividad dura más de 1 año.

Los costes personales, sociales y económicos que este síndrome provoca, debido a las propias lesiones y de las bajas laborales consecuentes, son muy elevados. En toda Europa, los costes derivados de las bajas laborales, de entre 3 y 4 semanas, a causa de estas lesiones menos graves están valorados en 9.700 millones de euros anuales.

Las compañías de seguros, debido a las altas indemnizaciones que se ven obligadas a afrontar, están incentivando la investigación mediante la inversión en laboratorios de ensayo y centros de investigación y desarrollo y a través de la creación de grupos de trabajo.

Actualmente se sigue investigando en el mecanismo de lesión exacto del *Whiplash* y, por tanto, en como evitar los daños que ocasiona. Diversos estudios han demostrado que la mejor manera de disminuir los efectos de un impacto posterior a baja velocidad es con una geometría de reposacabezas adecuada a la constitución del ocupante. Para la regulación del reposacabezas basta con aproximar lo máximo posible a la parte posterior de la cabeza (una distancia inferior a los 7 centímetros es considerada como buena) y que el borde superior del mismo esté alineado con el límite superior de la cabeza del ocupante.

Pero el reposacabezas es uno de los grandes desconocidos del automóvil y es frecuentemente ignorado. Hay mucha gente que cree que su función es de confort cuando en realidad es un elemento muy importante de seguridad pasiva en caso de colisión posterior. Tanto es así que un estudio realizado en España destaca que aproximadamente el 90% de los turismos modernos incorporan reposacabezas regulables y, de estos, el 75% están situados demasiado bajos. Es decir, 2 de cada 3 personas hacen un mal uso del reposacabezas.

Aunque la correcta regulación del reposacabezas por parte del usuario reduce los efectos del impacto, los investigadores han evolucionado estos elementos y han desarrollado los llamados *Reposacabezas Activos*. La base de su funcionamiento es la variación de la geometría del reposacabezas en condiciones de choque posterior a baja velocidad, aproximándolo a la cabeza del ocupante lo más rápidamente posible y antes de que ésta inicie su movimiento. Estos sistemas también ayudan a paliar posibles problemas derivados de una mala colocación del reposacabezas. Las diferencias entre fabricantes en este caso residen en el método de activación y el tiempo de respuesta del mecanismo activo.

La *Cátedra Agbar Automotive* colabora con empresas del sector para el desarrollo de sistemas de reposacabezas activos. En este sentido se han realizado y se siguen realizando proyectos de investigación sobre sistemas *Anti-whiplash* con el apoyo y colaboración de médicos de diferentes hospitales de Cataluña.

La evaluación de los sistemas de reposacabezas activos se realiza mediante ensayos dinámicos de trineo. Estos ensayos constan de una plataforma (llamada trineo) sobre la que se monta el conjunto asiento más reposacabezas, un *dummy* y todos los elementos

necesarios para la correcta instrumentación del conjunto (sensores para la adquisición de datos del ensayo). Las características principales del test son el pulso de aceleración, la velocidad (medido como ΔV , incremento de velocidad), el *dummy* utilizado (*BioRID*, *Hybrid III* más *RID Neck*, *RID 2 α*) y los criterios de valoración de las lesiones (*NIC*, *Nkm*, *Nij*, *My*, *Fx*,...).

En este sentido, diversos grupos de trabajo y centros de investigación están colaborando para desarrollar un método de ensayo estándar para evaluar el *Whiplash* en impactos posteriores a baja velocidad. Hasta el momento existen pruebas que sirven para la comparación entre conjuntos asientos-reposacabezas pero no para dictaminar si un determinado modelo evita las lesiones por Síndrome de Latigazo Cervical.

La Comunidad Económica Europea está financiando proyectos con el ánimo de avanzar en la investigación del *Whiplash*. EuroNCAP está empezando a considerar incluir un análisis de choque posterior a baja velocidad dentro de su programa de ensayos de mercado de los modelos de vehículos más vendidos en toda Europa.

Pero actualmente, hay diferentes tendencias sobre cuales deben ser las características de estos ensayos. Los fabricantes de vehículos, los centros de investigación, las asociaciones automovilísticas y las demás entidades relacionadas tienen opiniones diferentes sobre el tipo de pulso de aceleración a utilizar, la velocidad del ensayo, el tipo de *dummy* y los criterios de valoración.

El *GDV Institute for Vehicle Safety* ha desarrollado una propuesta de ensayo dinámico de trineo en cooperación con el *ETH Zurich*, la *TU Graz* y *Autoliv*. Esta propuesta se ha presentado al *Fachausschuss Kraftfahrzeugtechnik (FKT)*, un grupo de investigación del gobierno alemán), a los proyectos *Whiplash* de la Unión Europea y a otros grupos de investigación. Por otra parte, se ha presentado la propuesta como base para un estándar internacional a los siguientes comités:

- *European Enhanced Vehicle Committee (EEVC)*, grupo de trabajo 12
- *International Insurance Whiplash Prevention Group (IIWPG)*
- *ISO TC22/SC10/WG1 "Collision Test Procedure"*
- *ECE Working Party on Passive Safety (ECE-GRSP)*

Todos estos grupos y comités están de acuerdo en la necesidad de crear un nuevo ensayo dinámico estándar, pero es necesario unificar criterios. El nuevo test estándar debe ser un ensayo realista, con corredores actualizados, un *dummy* biofidélico con capacidad para la repetibilidad y la reproducibilidad de los ensayos y unos criterios de valoración representativos.

Para llegar al consenso sobre el test estándar, hace falta investigar más y validar aspectos como el *dummy* a utilizar así como la posición en el asiento y su calibración, pulsos de aceleración representativas de los modelos del mercado, límites de tolerancia biomecánica y criterios de análisis validados.

Según el estado actual de las investigaciones, las características del ensayo más apoyadas son:

- Pulso de aceleración en forma de corredor con aceleración entre 5 y 8g y ΔV de 16 km/h para la valoración del *Whiplash*.
- Pulso de aceleración en forma de corredor con aceleración entre 2,5 y 3,5g y ΔV de 10 km/h para indicar el límite inferior a partir del cual un reposacabezas activo debe activarse.

-
- *BioRID* como *dummy* a utilizar.

Las líneas de investigación futuras pasan por determinar exactamente cual es el mecanismo de lesión del *Whiplash*, encontrar una solución tecnológica eficaz y crear un ensayo estándar aceptado a nivel mundial.

La *Cátedra Agbar Automotive en Seguridad del Automóvil* considera necesario fomentar la investigación en España y para ello propone una línea continuista en la realización de proyectos de investigación en concordancia con las conclusiones de la conferencia. Es necesario realizar proyectos de investigación en colaboración con la comunidad médica para poder determinar el mecanismo de lesión del *Whiplash*. Desde la universidad deben crearse proyectos tecnológicos aportando soluciones que hagan avanzar a la técnica. Por último animar a la creación de grupos de trabajo a nivel europeo con el fin de poder desarrollar un ensayo dinámico estándar.

Es por ello que la *Cátedra Agbar Automotive* ha reunido a médicos, investigadores, ingenieros, representantes del mundo de las aseguradoras, fabricantes de automóviles, fabricantes de componentes para el automóvil y a estudiantes para hablar sobre el estado actual del *Whiplash*. Así, el Dr. Andrés Combalía hablará de los síntomas que presentan las víctimas del síndrome y de los signos que éstos presentan. El Sr. Ola Boström se centrará en las diferentes pruebas que se realizan para la validación de un *dummy* (*BioRID*) y de un criterio de valoración de lesión (*NIC*). Finalmente, el Sr. Alberto Toyas abordará desde el punto de vista del fabricante las pruebas y ensayos que se deben realizar antes de montar un determinado sistema de reposacabezas activo en un vehículo de serie.

6. PRESENTACIÓN DE LAS PONENCIAS

6.1 "Whiplash: Diagnóstico y Análisis Médico", por el Dr. Andrés Combalia

Dr. Andreu Combalia Aleu

Consultor en Cirugía Ortopédica y Traumatología del Instituto CLINIC del Aparato Locomotor Hospital Clínic, Universidad de Barcelona

Profesor Asociado de la Universidad de Barcelona

El término "latigazo cervical" se utiliza para describir la lesión en la cual la cabeza está sometida a fuerzas de aceleración que provocan un movimiento brusco de hiperextensión y 3wn ocasiones de hiperflexión sobre la columna cervical (CC), en un accidente de vehículo a motor (AVM). Aún cuando suele describirse con los movimientos en el plano sagital en una colisión por detrás, se presenta también después de colisiones frontales y laterales. La denominación *latigazo cervical* se hace extensiva tanto al mecanismo de la lesión, como al síndrome de dolor en el cuello o nuca, con o sin otra sintomatología asociada. Una definición del síndrome del latigazo cervical (SLC) sería la de una lesión de uno o más elementos de la CC, que ocurre cuando se aplican fuerzas de inercia sobre la cabeza en el curso de un AVM y que ocasiona dolor en la región cervical.

Es una lesión frecuente, si bien su prevalencia no ha sido determinada nunca en una población de referencia y la incidencia tampoco se ha valorado de una forma prospectiva. En EEUU se ha calculado que entre un 20% a 52% de los lesionados en un AVM pueden sufrir un SLC, infiriéndose que la incidencia anual se encontraría alrededor de un 3,8/1000 habitantes, siendo variable en los distintos países -0,44/1000 en Suiza, 2/1000 en Noruega, 1/1000 en Australia-. Esta incidencia parece haber aumentado en los últimos años. La razón de este aumento de incidencia es multifactorial y por lo tanto debatible: probablemente este relacionado con un aumento en el tráfico rodado y por los procesos de litigio. El aumento en el diagnóstico del SLC se ha descrito como comparable a una "epidemia". Su mayor incidencia es entre los 20 a 34 años, siendo el riesgo de lesión doble en los ocupantes de asientos delanteros, en comparación a los traseros.

A pesar de su mala reputación, el SLC es una lesión leve, recuperándose la mayoría de pacientes en 2-3 meses sin problemas. Pasado este período, la tasa de recuperación disminuye dramáticamente estabilizándose los síntomas pasados los dos años. Observado de una forma simplista, el resultado para un paciente individualizado puede seguir dos caminos: o bien el dolor se resolverá en los primeros meses, o bien persistirá indefinidamente. Lo que no está claro es la proporción de pacientes que no se recuperaran. Aún existiendo una gran variabilidad entre los distintos autores, los estudios indicarían que entre el 14 y el 42% de los pacientes con SLC desarrollarían dolor crónico en la región del cuello y aproximadamente el 10% tendrían un dolor constante e importante de forma indefinida.

En los AVM, la región cervical puede estar sometida a fuerzas de extensión, flexión, inclinación lateral y cizallamiento. Las estructuras lesionadas pueden ser varias y tan sólo se puede determinar de una forma teórica el riesgo de cada uno de estos movimientos. El conocimiento teórico de cuales estructuras pueden estar sometidas a una lesión mecánica es sencillo, pero su aplicación a la sintomatología del lesionado es compleja. Dado que los SLC que evolucionan a la cronicidad no tienen un desenlace fatal, no existen estudios anatomopatológicos disponibles para determinar la localización o naturaleza de las lesiones. Sin embargo, disponemos de estudios en animales de experimentación, cadáveres, observaciones clínicas y estudios por la imagen -radiografía, tomografía computerizada (TC) y resonancia nuclear magnética (RNM)-. A pesar de sus limitaciones, y aunando las evidencias obtenidas de los estudios clínicos y en

animales, se pueden inferir unas posibles lesiones en las diferentes estructuras de la columna cervical.

Los siguientes representan los síntomas más comunmente referidos en estudios retrospectivos:

- Dolor en la región del cuello, cefalea, alteraciones visuales, vértigo, debilidad y falta de fuerza, parestesias, alteraciones de la concentración y de la memoria, alteraciones psicológicas e incluso a veces neurosis de litigio.
- Muchos estudios han ambicionado identificar factores que puedan influir en el pronóstico del SLC. Parece que la mayor edad, alteraciones cognitivas debidas a la lesión, y la severidad del dolor inicial son factores que pueden predecir la persistencia de los síntomas pasados los 6 meses.
- No debe sorprender que un síndrome tan poco entendido como el SLC haya atraído una plétora de opciones terapéuticas. Lo que si es decepcionante es la escasez de ensayos controlados. La mayor parte de los estudios randomizados en el tratamiento del SLC conciernen a la **fase aguda**. Las opciones en el tratamiento del **SLC crónico** son algo menos satisfactorias.
- Es probable que investigaciones futuras puedan identificar y tratar lesiones anatómicas específicas es este desafortunado y mal comprendido grupo de pacientes.

6.2 "BioRID and NIC and their relevance to possible neck injury mechanism", por el Sr. Ola Boström

Sr. Ola Boström

*Doctor of Philosophy, Department of Theoretical Physics, Chalmers University of Technology
Senior Research Engineer at Autoliv Research*

Los automóviles de los años 90 están lejos de ofrecer una óptima protección en lo que se refiere al *Whiplash* o Síndrome del Latigazo Cervical. Para poder diseñar mejores coches son necesarias con cierta urgencia una serie de herramientas útiles, así como para la realización de mejores reposacabezas y asientos. Entre estas herramientas se encuentran los *dummies* para impacto posterior y los criterios de lesión que reflejan el riesgo de resultar lesionado en accidentes reales.

En 1986, el ya fallecido profesor Bertil Aldman presentó una hipótesis con respecto a las pendientes de presión hidrodinámicas transitorias en el sistema nervioso central como causa de lesión de las raíces de los nervios cervicales. Más tarde, dichas presiones transitorias fueron observadas y las lesiones en los ganglios de los nervios de la médula cervical se pudieron descubrir al anestesiar a cerdos y posteriormente exponerlos a movimientos bruscos de cuello y cabeza. En 1996, Boström et al. presentaron una nueva versión del criterio de lesión cervical (NIC, *Neck Injury Criterion*), basada en los mencionados efectos de la presión en el cuello. Siguiendo a la presentación del NIC, se han llevado a cabo un amplio número de estudios de impacto posterior. Adicionalmente al *dummy Hybrid III*, en estos estudios se han utilizado también el cuello RID (*Rear Impact Dummy Neck*), el *BioRID* (*Biofidelic Rear Impact Dummy*), el cuello *De Jager MADYMO*, el cuello *Whiplash Artificial Cervical Spine (WACSY)*, cadáveres (*PMHS, Post Mortem Human Subject*), voluntarios y ocupantes de vehículos involucrados en casos reales de choques posteriores.

Hay un acuerdo generalizado de que, si el movimiento relativo del torso y la cabeza de un ocupante puede ser mínimo en un impacto posterior, es difícil que se produzca una lesión provocada por *Whiplash*. Desde un punto de vista mecánicamente simplificado, durante un impacto posterior el cuello puede pasar por 4 fases diferentes. El desarrollo de estas fases es causado principalmente por la aceleración horizontal relativa entre la cabeza y el torso, pero el enderezamiento y la elongación de la columna, que causan la aceleración vertical de la cabeza, también influyen en este fenómeno.

Actualmente no hay consenso sobre que tipo de mecanismos de lesión son responsables en la mayoría de lesiones de cuello en los ocupantes de vehículos en impactos posteriores, a pesar de que se han propuesto y evaluado diferentes mecanismos. La mayoría de mecanismos de lesión tienen en común que se producen durante la fase de retracción del cuello, cuando la cabeza está detrás del torso.

De acuerdo con estudios en profundidad de lesiones en el cuello, la forma del pulso de choque tiene una mayor influencia en la severidad de la lesión en el cuello que la cantidad de energía transmitida. También se ha demostrado que la existencia de una bola de remolque, que además es impactada con un vehículo con un motor en posición delantera longitudinal incrementa significativamente el riesgo de una discapacidad a largo término en impactos posteriores. Estamos tentados a pensar que, en un impacto posterior, estos dos factores influyen en el pico máximo de pulso de aceleración del choque.

Basándose en el análisis de la base de datos de *NASS* y en los test de trineo con *dummies*, los investigadores han llegado a la conclusión de que los asientos rígidos podrían

incrementar la incidencia de menor a moderada de las lesiones en el cuello en el mundo real. Otros investigadores han demostrado que el año del modelo del automóvil tiene una gran influencia en el riesgo de incapacidad a largo plazo (siendo pero la década de los 90 que la de los 80). Aproximadamente, en un término medio, los asientos se han desarrollado más rígidos durante los últimos 15-20 años, sugiriendo que las características fuerza-deformación del asiento son un factor de riesgo mayor en los impactos posteriores.

En una muestra aleatoria de 2929 impactos posteriores, los investigadores han producido una lista de evaluación de incapacidad reflejando la influencia del modelo del automóvil y del año del modelo del automóvil. Los ocupantes de los vehículos fabricados a partir de 1989 tenían un riesgo 3 veces mayor de sufrir lesiones de consecuencias a largo plazo comparado con los ocupantes de coches fabricados con anterioridad a este año.

Hay razones para creer, en base al vasto número de referencias de diseño de reposacabezas, que una distancia corta entre cabeza y reposacabezas disminuye el riesgo de lesiones tanto a largo como a corto plazo.

Un requerimiento básico para un criterio de lesión es que debe ser sensible a los mayores factores de riesgo, por ejemplo, el valor del criterio tiene que ser bajo para situaciones de no lesión, mientras que debe ser alto si la hay. La propuesta del *NIC* y el nivel de tolerancia de $15 \text{ m}^2/\text{s}^2$ se cumplieron teniendo en cuenta que la propuesta debe ser considerada como un punto de inicio para la validación, falsificación o corrección. La fórmula del *NIC* se ha aplicado teniendo en cuenta el objetivo del test y finalmente generalizada para cualquier objeto.

En 1998, Boström et al. presentaron una propuesta de ensayo de trineo para así caracterizar un asiento desde un punto de vista de riesgo de lesión en el cuello. La hipótesis era que un asiento, que tolera diferentes pulsos de choque posterior y tiene un valor de *NIC* bajo el punto de máxima retracción del cuello, es un buen asiento con un riesgo bajo de lesión en el cuello. Se utilizaron 2 pulsos de aceleración, uno de 4g y otro de 8g, con el mismo ΔV de 17 km/h pero con diferentes niveles de aceleración.

El *dummy* utilizado fue el *Hybrid III* 50% hombre y los asientos fueron dos asientos diferentes incapacitados en la lista anteriormente comentada. Las pruebas con el *Hybrid III* se repitieron con posterioridad utilizando el *dummy BioRID* y dos asientos incapacitados de la misma lista. El *BioRID* se desarrolló para así permitir valoraciones más sofisticadas sobre la actuación del respaldo y el reposacabezas. Con un modelo *MADYMO* del *BioRID* y los cuatro asientos utilizados en el test del *BioRID*, *Eriksson* y *Boström* simularon 64 colisiones posteriores con un rango de ΔV de 8 a 18 km/h. Además, también se simularon 22 impactos traseros reales en los que se conocía la duración de los síntomas de los ocupantes. En 1998, Eichberger et al. presentaron los resultados del *NIC* de 28 pruebas con *PMHS* involucrando a 5 temas. Se utilizaron 3 pulsos de aceleración. También se evaluaron diferentes distancias entre cabeza y reposacabezas. Los *PMHS* estaban equipados con transductores de presión y en un segundo estudio se presentaron medidas de presión en el canal espinal. Igual que en los test realizados con cerdos por *Svensson et al.*, la magnitud de las amplitudes de presión resultaron estar relacionadas linealmente con los valores del *NIC*.

En total se analizaron 70 test de voluntarios con referencia al *NIC* por *Eichberger et al.* Se utilizaron 3 pulsos de choque en las pruebas. La conciencia del impacto inminente y la distancia entre la cabeza y el reposacabezas fue variada. Todos los valores del *NIC* eran inferiores a $15 \text{ m}^2/\text{s}^2$ y ninguno sufrió síntomas a largo plazo. Ninguno de los 70 test con voluntarios con *NIC* por debajo de $10 \text{ m}^2/\text{s}^2$ provocó lesiones de más de 48 horas. Un voluntario con un valor de *NIC* de $11 \text{ m}^2/\text{s}^2$ se quejó de dolor muscular, con un rango restringido de movilidad y dolor de cabeza durante 3 semanas. En ensayos realizados con

voluntarios por *Wheeler et al.* nadie presentó síntomas durante más de 48 horas mientras algunos tuvieron lesiones *WAD2* durante menos de 48 horas. Los valores del *NIC*, los cuales no mostraron tener relación con el resultado de las lesiones agudas, fueron todos por debajo de los 10 m²/s².

Hasta ahora, el *NIC* no ha demostrado ser inapropiado o no consistente cuando se refiere a ocupantes de vehículos que no padecen síntomas después de 48 horas. Por otro lado, el *NIC* ha demostrado ser sensible, de una manera adecuada, a la influencia de factores de riesgo: pulso de aceleración, características fuerza-deformación de los asientos, modelo de coche y distancia con el reposacabezas. El *NIC* predice condiciones de impacto que pueden ser lesiones de tejido blando con una exactitud aceptable y los valores altos de *NIC* suelen estar siempre relacionados con movimientos relativos importantes entre la cabeza y el torso. Sin embargo, el *NIC* parece ser una herramienta de trabajo útil para valorar el efecto de la violencia asociado con el movimiento relativo entre la cabeza y el torso en impactos posteriores.

6.3 “Concepto Apoyacabezas Activo”, por el Sr. Alberto Toyas

*Sr. Alberto Toyas Ruiz
Ingeniero Industrial
Responsable Proyectos y Seguridad Asientos (SEAT)*

Actualmente en el mercado existen diferentes sistemas de apoyacabezas activos con el fin de reducir las consecuencias del temido Síndrome del Latigazo Cervical. Todas las soluciones se basan en la aproximación del apoyacabezas a la cabeza del ocupante del asiento en condiciones de choque posterior antes de que ésta inicie su movimiento, ya que se ha demostrado que esta acción disminuye las probabilidades de sufrir las consecuencias del *whiplash*.

La activación de la mayoría de los apoyacabezas activos del mercado se basa en un sistema de accionamiento mecánico. El apoyacabezas se aproxima a la cabeza del ocupante como consecuencia de la presión que ejerce la espalda de éste sobre el respaldo del asiento y que pone en funcionamiento un sistema de palancas que posibilita el movimiento. De esta manera se consigue disminuir el riesgo de lesión cervical por *whiplash* en caso de impacto posterior.

Conceptualmente, un sistema de apoyacabezas activo, debería detectar el impacto posterior y posicionar el apoyacabezas lo más cerca posible de la cabeza del ocupante y antes de que ésta iniciase su movimiento (tal y como lo hacen los actuales sistemas mecánicos). Este desplazamiento debería ser automático e independiente del peso y altura del usuario. Las investigaciones de los fabricantes de vehículos se dirigen en esta dirección actualmente.

Para el desarrollo de un sistema de apoyacabezas activo independiente de la constitución del ocupante del vehículo, se debería desarrollar un sistema que funcionara mediante activación electrónica y detección del impacto mediante sensorica. El tiempo de que se dispone para el posicionamiento del apoyacabezas es de entre 55 y 60 milisegundos. Teniendo en cuenta el tiempo que necesitaría la centralita de control para detectar y enviar la señal conveniente a cada apoyacabezas, el sistema dispondría de 40 milisegundos para su activación como máximo.

Actualmente se están realizando estudios previos con dos tipos de sistemas de apoyacabezas activos; un sistema con una carga pirotécnica y otro sistema con un electroimán más un conjunto de resortes. Estos dos modelos cumplen con los tiempos de respuesta necesarios.

Para la validación de cualquier sistema de apoyacabezas activo es necesario realizar ensayos dinámicos. Actualmente no existe unanimidad entre centros de investigación, asociaciones de consumidores y constructores de vehículos sobre como debe ser este ensayo. La discusión se centra en el tipo de pulso de desaceleración a seguir (incluso si debe ser un corredor o una curva mínima), en la velocidad del ensayo, en el tipo de *dummy* a utilizar (actualmente se está utilizando el *BioRID*) y en los criterios con los que valorar la existencia de la posible lesión.

A parte de estos ensayos, deben realizarse los denominados *test de Misuse* en los que se valora, por una parte, la pérdida de efectividad del sistema en caso de mal uso o fallo y, por otra, las condiciones en las que el sistema no debe activarse.

Hay que tener en cuenta que cualquier sistema debe coexistir con muchos otros elementos dentro del vehículo y que es necesario que éste no interfiera en el buen funcionamiento del conjunto y al revés. Para ello existen normativas a cumplir (Reglamento ECE-R17 en el caso de cualquier tipo de apoyacabezas) además de una serie de ensayos de durabilidad, compatibilidad, temperatura, vibraciones y fatiga a las que se debe someter el sistema de apoyacabezas activo antes de que entre en el mercado.

A pesar de todo, hay otros aspectos que se deben tener en cuenta a la hora de fabricar un apoyacabezas. Cualquier elemento que forme parte de un vehículo debe estar optimizado, es decir, tener un peso y un coste reducido, y cumplir con la directiva sobre reciclaje (Directiva 2000/53/CE del 18/09/2000) que obliga a utilizar entre un 70 y un 80% de materiales reciclables en el vehículo.

Por último destacar la necesidad de unificar criterios sobre las características del ensayo y sobre los parámetros y criterios de evaluación a utilizar por parte de todos los estamentos relacionados. Por otra parte, animar a una mayor colaboración entre los profesionales de la medicina y la ingeniería para poder avanzar en el tema que se presenta.