



## ÍNDICE DE DEFORMIDAD ESTRUCTURAL (IDE). COMPLEMENTO DE LOS CRITERIOS ANATÓMICOS Y FISIOLÓGICOS EN LAS COLISIONES DE TRÁFICO

D. Reyero Díez<sup>a</sup>, N. Álvarez de Eulate León<sup>b</sup>, T. Belzunegui Otano<sup>c</sup>, B. Bermejo Fraile<sup>d</sup>,  
Clint Jean Louis<sup>e</sup> y B. Fernández Esain<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Servicio Urgencias Extrahospitalarias (UVI Móvil Rescate Bomberos). Navarra. España.

<sup>b</sup>Servicio de Radiodiagnóstico. Hospital Virgen del Camino. Pamplona. España.

<sup>c</sup>Servicio de Urgencias Hospitalarias. Hospital de Navarra. Pamplona. España.

<sup>d</sup>Servicio de Prevención y Epidemiología. Hospital Virgen del Camino. Pamplona. España.

<sup>e</sup>Servicio de Urgencias Rurales (SUR). Navarra. España

### RESUMEN

La información que se puede extraer en la escena de una colisión de tráfico, cinemática, puede resultar decisiva como complemento de los criterios anatómicos y fisiológicos en el manejo de las víctimas ocupantes de vehículos. **Objetivo.** Además de analizar la edad, el sexo, la posición dentro del vehículo, el uso del cinturón y salir despedido como factores de riesgo individuales, el objetivo de este trabajo es realizar un estudio preliminar de lo que hemos definido como índice de deformidad estructural (IDE) para comprobar su utilidad como una herramienta predictora de gravedad. **Material y método.** Estudio de cohorte histórica de los ocupantes de vehículos implicados en colisiones de tráfico, extraídos de la base de datos del grupo ETNA (Estudio del Traumatizado de Navarra) y recogidos desde el 1 de enero de 2001 hasta el 31 de diciembre de 2002. El análisis de los datos se realizó mediante un estudio bivariante y la realización de varios modelos de regresión logística. **Resultados.** Se recogieron 212 casos ocupantes de vehículo. Se observaron diferencias significativas en cuanto a gravedad con la edad, salir despedido fuera del vehículo y un IDE alto. Al estudiar la mortalidad, las variables significativamente asociadas fueron también la edad, salir despedido fuera del vehículo y un IDE alto. El estudio de regresión logística mostró diferencias significativas en cuanto a la gravedad en la edad (*odds ratio* [OR]: 6,55; intervalo de confianza [IC] del 95%, 1,6-26,7) y en un IDE alto (OR: 1,84; IC del 95%, 1-3,3); en cuanto a la mortalidad las variables asociadas significativamente fueron la edad (OR: 6,92; IC del 95%, 1,2-38,9) y un IDE alto (OR: 3,28; IC del 95%, 1,5-6,8). **Conclusiones.** El IDE es un primer paso hacia la inclusión de la cinemática como variable predictora de gravedad en las colisiones de tráfico. Los primeros alertantes (que no poseen conocimientos médicos) dispondrán así de una herramienta que permitirá trasmisir a los centros de coordinación información fiable para así movilizar los recursos asistenciales más adecuados. También el IDE puede servir de complemento de los criterios anatómicos y fisiológicos a los

servicios médicos prehospitalarios y hospitalarios para sospechar lesiones críticas cuando estos no son definitivos. **Palabras clave:** colisión de tráfico, ocupantes de vehículo, gravedad, deformidad estructural, cinemática

### INTRODUCCIÓN

La atención de los ocupantes de vehículos que sufren una colisión plantea a menudo una serie de preguntas que no siempre obtienen respuesta. ¿Por qué algunas víctimas de una colisión que tras la valoración inicial no son etiquetados de críticos presentan posteriormente lesiones que comprometen su vida? ¿Por qué algunos de los ocupantes de un mismo vehículo resultan ilesos mientras otros resultan heridos graves o muertos? ¿Qué herramientas tienen los primeros intervinientes no sanitarios para decidir la existencia o no de gravedad?

Surge entonces la necesidad de buscar indicadores de gravedad en la propia escena de la colisión utilizando conocimientos sobre cinemática. Podemos definir la cinemática como el proceso de análisis de la escena de la colisión para determinar las lesiones que pueden haber provocado las fuerzas y movimientos implicados. Conocer la cinemática nos proporcionará el mecanismo de lesión que podremos utilizar para identificar a pacientes estables sin lesiones obvias, pero con un riesgo alto de presentar lesiones ocultas que puedan comprometer más adelante su vida al haber existido un intercambio de energía elevado.

En 1986, el Comité de Trauma del Colegio Americano de Cirugía publicó un esquema de decisión para la clasificación prehospitalaria de las víctimas de un traumatismo, el Field Triage Decision Scheme<sup>1</sup>. Desde su publicación inicial ha sido revisado 4 veces (1990, 1993, 1999 y 2006). La última revisión, publicada en 2006, divide el esquema en 4 escalones que incluyen criterios fisiológicos, criterios anatómicos, mecanismo de acción

y consideraciones especiales sobre algún sistema. El tercer escalón, y para los ocupantes de vehículo, etiqueta de colisión de alto riesgo a las que cumplen alguno de estos criterios: intrusión >30 cm en el lado del ocupante herido; intrusión > 45 cm en cualquier lugar del vehículo; eyección parcial o total del vehículo; muerte en la misma cabina de otros pasajeros; datos en la telemetría del vehículo compatibles con lesiones de alto riesgo.

Otros estudios realizados analizan parámetros como la intrusión en el habitáculo, la deformidad del tablero o la deformidad del volante como elementos relacionados con la gravedad de las lesiones<sup>2,3</sup>.

Por lo tanto, la escena de una colisión puede aportar una valiosa información que se perdería si dejamos de lado la cinemática. Aunque la K de *kinematics* está por debajo en el alfabeto del ABCDE (*airway, breathing, circulation, disability, exposure*), prioritario en la valoración del paciente traumatizado, no debemos olvidar la cinemática como complemento de los criterios anatómicos y fisiológicos.

Además de analizar la edad, el sexo, la posición dentro del vehículo, el uso del cinturón y salir despedido como factores de riesgo individuales, el objetivo de este trabajo es realizar un estudio preliminar de lo que hemos definido como índice de deformidad estructural (IDE) para comprobar su utilidad como una herramienta predictora de gravedad. El índice engloba varios parámetros, se obtiene de forma sencilla y puede ser utilizado por cualquier primer intervintente, sea sanitario o no.

## MATERIAL Y MÉTODO

Realizamos un estudio de cohorte histórica de los ocupantes de vehículos implicados en colisiones de tráfico, extraídos de la base de datos del grupo ETNA (Estudio del Traumatizado de Navarra)<sup>4,5</sup>. El grupo ETNA se creó para elaborar una base de datos de todos los pacientes traumatizados ocurridos en la Comunidad Foral de Navarra, recogidos desde el 1 de enero de 2001 hasta el 31 de diciembre de 2002, y que cumplían unos criterios de gravedad (tabla 1). Los datos se obtuvieron del Centro de Coordinación SOS Navarra (112); de las UVI móviles de Pamplona, Estella y Tudela; servicios de urgencias y UCI de los hospitales de la red pública de Navarra (Hospital de Navarra en Pamplona, Hospital Virgen del Camino en Pamplona, Hospital García Orcoyen en Estella y Hospital Reina Sofía en Tudela); del Instituto Anatómico Forense de Navarra, y de información aparecida en prensa local (*Diario de Navarra* y *Diario de Noticias*). Otras fuentes de información fueron los listados de pruebas complementarias de los servicios de radiodiagnóstico y las notas de los servicios de anestesia y cirugía.

El estudio del grupo ETNA incluyó 651 pacientes. De éstos se extrajeron los casos cuyo mecanismo lesional

Tabla 1. Criterios de inclusión del estudio ETNA

Adultos (pacientes de 15 años o más) con <i>revised trauma score</i> (RTS) < 12 en algún momento del proceso asistencial
Niños (pacientes de 14 años o menos) con índice de trauma pediátrico (ITP) < 9 en algún momento del proceso asistencial
ISS ≥ 16
Fallecido en cualquier momento del proceso asistencial

fue «tráfico automóvil» (ocupantes de vehículo) y se encontraron 281 casos. Posteriormente se realizó una búsqueda de los atestados policiales (informes escritos y fotográficos) de las colisiones de los 281 casos. La revisión de los atestados permitió encontrar al resto de ocupantes de los vehículos que no se habían incluido en la base de datos ETNA al haber resultado heridos leves o ilesos, y datos de los vehículos necesarios para nuestro estudio.

La muestra final la compusieron todos los ocupantes de vehículos con al menos 2 viajeros que sufrieron una colisión de tráfico y en la que al menos uno de los ocupantes resultó herido grave o muerto. La muestra final fue de 212 ocupantes en 69 vehículos.

Para la recogida de datos utilizamos Microsoft® Access 97 (Microsoft Corporation, Redmond, WA). Las variables recogidas fueron: *sexo*, *edad* (categorizada en 3 grupos: de 0 a 14 años, de 15 a 59 años, y 60 años o mayores), *sistemas de retención* (dispositivos para niños o cinturón de seguridad en adultos) y su utilización (utiliza, no utiliza, se desconoce), *posición dentro del vehículo* (piloto, copiloto y trasero) y *salir despedido* fuera del vehículo (sí, no).

Con el propósito de crear un índice predictor de gravedad extrajimos, a partir de los documentos escritos y fotográficos de los atestados, una serie de variables que incluyeron el lugar del impacto principal, la intrusión del habitáculo, el hundimiento del techo, y la deformidad del tablero y del volante.

Los datos fueron analizados con el paquete de programas estadísticos SPSS v.12.0 (SPSS Inc., Chicago, IL). Las variables cuantitativas se describen con la media y la desviación estándar (DE) cuando siguen una distribución normal y con la mediana, valor mínimo y máximo en caso contrario. El estudio de la asociación entre variables cualitativas se ha realizado mediante la prueba de la  $\chi^2$ . Cuando en una tabla de  $2 \times 2$  alguno de los valores esperados es < 5 se ha aplicado el test exacto de Fisher (contraste bilateral).

Finalmente, utilizamos la regresión logística multivariable con el fin de estimar el efecto independiente de cada variable sobre la gravedad.

En el modelo 1 la variable dependiente fue herido grave o muerto frente herido leve o ilesos; en el modelo 2, la variable dependiente fue muerto o no muerto; en el modelo 3 la variable dependiente fue muerto o herido grave. Se definen como muertos los casos que in situ o tras un seguimiento de 30 días habían fallecido; herido grave al que cumplía los criterios señalados en

la tabla 1; herido leve al que recibió atención médica sin cumplir los criterios de gravedad; ilesos al que no precisó ningún tipo de atención. Las variables independientes fueron aquellas que resultaron significativas en el análisis bivariante y las que aun no siendo significativas se consideraron relevantes a efectos del ajuste o desde el punto de vista epidemiológico. Las variables salir despedido, posición dentro del vehículo y uso de cinturón no se incluyeron en los modelos por ser variables componentes del IDE. El punto de corte del IDE que mejor discrimina entre muertos y no muertos o graves y no graves se determinó también mediante una regresión logística. Para cada una de las variables independientes se consideró categoría de referencia la de menor riesgo.

Se comprobaron si habían interacciones entre las diversas variables introducidas en el modelo. Los resultados se presentan como la *odds ratio* (OR) y su intervalo de confianza (IC) del 95%. Para cada uno de los modelos se presenta el coeficiente  $R^2$  de Nagelkerke y el  $\chi^2$  de bondad del ajuste de Hosmer y Lemeshow y su probabilidad asociada. El nivel de significación estadística aceptado ha sido del 5% ( $p < 0,05$ ).

## RESULTADOS

De los 212 casos, 62 resultaron muertos (29,2%), 46 heridos graves (21,7%), 58 heridos leves (27,4%) y 46 ilesos (21,7%). La media de edad fue de 37 años (DE: 18,1) con un mínimo de 1 año y un máximo de 91 años. El 59,4% (126) de los casos fueron varones y el 40,6% (86) mujeres. Ocupaban el puesto de piloto 69 (32,5%), copiloto 65 (30,7%) y trasero 78 (36,8%). No utilizaban cinturón de seguridad 66 casos (31,1%), frente a 126 (59,4%) que sí hacían uso de éste, desconociéndose su uso en 20 casos (9,4%). Salieron despedidos del vehículo 10 casos (4,7%).

Se creó una nueva variable, el IDE, que se obtiene de la suma de puntos basándose en varios factores (anexo 1): correlación entre la posición del ocupante y la zona del impacto principal en el vehículo (fig. 1) (0-no, 1-zona contigua, 2-en su zona), la existencia de intrusión en el habitáculo (0-no, 1-zona contigua, 2-en su zona), el hundimiento del techo del habitáculo (0-no, 1-zona contigua, 2-en su zona), deformidad del tablero para los ocupantes delanteros (0-no, 1-zona contigua, 2-en su zona) y deformidad del volante también para los ocupantes delanteros (0-no, 1-deformado ocupante copiloto, 2-deformado ocupante piloto).

Cuando el golpe es frontal se suman 2 puntos a piloto y copiloto que, haciendo uso del cinturón, tienen justo detrás de ellos un ocupante suelto; si el golpe es lateral se suman 2 puntos a cualquier ocupante (delantero o trasero) que, haciendo uso del cinturón, tiene a su lado (izquierda o derecha) a un viajero suelto; y en el caso de vuelco o despeñamiento se suman 2 puntos a cualquier ocupante (delantero o trasero), que haciendo

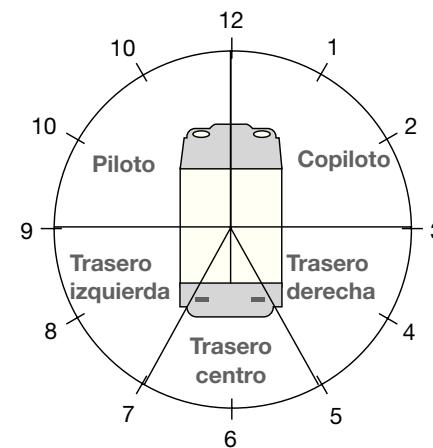


FIGURA 1. Gráfico del reloj.

uso del cinturón, viaja en un vehículo con al menos un ocupante suelto.

Se ha definido como IDE alto una puntuación superior a 4 puntos (obtenido mediante regresión logística). Independientemente de la puntuación se ha asignado un IDE alto a todos los casos que salieron despedidos del vehículo y a todos los ocupantes que no utilizaban cinturón. Setenta y cuatro casos (34,9%) obtuvieron un IDE bajo y 138 (65,1%) un IDE alto.

## Análisis bivariante

Al comparar los muertos y heridos graves con los heridos leves e ilesos (tabla 2) se observa que una mayor edad se asocia significativamente ( $p = 0,012$ ) con una mayor lesividad, llegando al 72,7% los casos mayores

Tabla 2. Factores de riesgo de gravedad

Variables	Muertos y graves, n (%)	Leves e ilesos, n (%)	p
Edad (años)			
0-14	5 (26,3)	14 (73,7)	0,012
15-59	87 (50,9)	84 (49,1)	
≥ 60	16 (72,7)	6 (27,3)	
Sexo			
Varón	68 (54)	58 (46)	0,286
Mujer	40 (46,5)	46 (53,5)	
Posición			
Piloto	39 (56,5)	30 (43,5)	0,525
Copiloto	31 (47,7)	34 (52,3)	
Trasero	38 (48,7)	40 (51,3)	
Cinturón			
No utilizaba	34 (51,5)	32 (48,5)	0,924
Sí utilizaba	64 (50,8)	62 (49,2)	
Despedido			
Sí	9 (90)	1 (10)	0,019
No	99 (49)	103 (51)	
IDE			
Bajo	30 (40,5)	44 (59,5)	0,027
Alto	78 (56,5)	60 (43,5)	

IDE: índice de deformidad estructural.

Tabla 3. Factores de riesgo de mortalidad

Variables	No fallecimiento, n (%)	Fallecimiento, n (%)	p
Edad (años)			
0-14	17 (89,5)	2 (10,5)	0,020
15-59	122 (71,3)	49 (28,7)	
≥ 60	11 (50)	11 (50)	
Sexo			
Varón	87 (69)	39 (31)	0,508
Mujer	63 (73,3)	23 (26,7)	
Posición			
Piloto	49 (71)	20 (29)	0,779
Copiloto	44 (67,7)	21 (32,3)	
Trasero	57 (73,1)	21 (26,9)	
Cinturón			
No utilizaba	43 (65,2)	23 (34,8)	0,210
Sí utilizaba	93 (73,8)	33 (26,2)	
Despedido			
Sí	2 (20)	8 (80)	0,001
No	148 (73,3)	54 (26,7)	
IDE			
Bajo	63 (85,1)	11 (14,9)	0,001
Alto	87 (63)	51 (37)	

IDE: índice de deformidad estructural.

de 60 años que resultan graves o muertos, mostrando asociación lineal. Salir despedido del vehículo también se asocia significativamente ( $p = 0,019$ ) a una mayor lesividad, resultando el 90% de los casos que salen despedidos graves o muertos. Tanto la posición como el sexo o la utilización de cinturón no se asocian significativamente a una mayor lesividad.

Un IDE alto se asocia significativamente ( $p = 0,027$ ) a una mayor lesividad. El 56,5% de los casos expuestos a un IDE alto resultó herido grave o muerto.

Cuando comparamos fallecidos con no fallecidos (tabla 3) la edad también se asocia significativamente ( $p = 0,020$ ) con la mortalidad, siendo del 50% la mortalidad

Tabla 4. Factores de riesgo de mortalidad frente a gravedad

Variables	Grave, n (%)	Muerto, n (%)	p
Edad (años)			
0-14	3 (60)	2 (40)	0,461
15-59	38 (43,7)	49 (56,3)	
≥ 60	5 (31,3)	11 (68,7)	
Sexo			
Varón	29 (42,6)	39 (57,4)	0,988
Mujer	17 (42,5)	23 (57,5)	
Posición			
Piloto	19 (48,7)	20 (51,3)	0,363
Copiloto	10 (32,3)	21 (67,7)	
Trasero	17 (44,7)	21 (55,3)	
Cinturón			
No utilizaba	11 (32,4)	23 (67,6)	0,126
Sí utilizaba	31 (48,4)	33 (51,6)	
Despedido			
Sí	1 (11,1)	8 (88,9)	0,075
No	45 (45,5)	54 (54,5)	
IDE			
Bajo	19 (63,3)	11 (36,7)	0,007
Alto	27 (34,6)	51 (65,4)	

IDE: índice de deformidad estructural.

lidad en el grupo de mayores de 60 años, mostrando asociación lineal. Salir despedido del vehículo se asocia significativamente ( $p = 0,001$ ) con una mayor mortalidad, ya que de éstos mueren el 80%. Tanto la posición que ocupan en el vehículo como el sexo o el uso del cinturón no se asocian significativamente a una mayor mortalidad.

Además, un IDE alto se asocia significativamente ( $p = 0,001$ ) a una mayor mortalidad. El 37% de los casos expuestos a un IDE alto resultó muerto.

Una ultima comparación entre heridos graves y fallecidos (tabla 4), muestra que un IDE alto se asocia significativamente ( $p = 0,007$ ) con una mayor mortalidad, siendo ésta la única variable que discrimina entre muertos y graves. En este grupo de casos tanto la edad como el sexo, la posición que ocupaban dentro del vehículo, el uso del cinturón o salir despedido no se asocian significativamente con una mayor mortalidad.

## Modelos de regresión logística

Para ajustar por diferentes factores de confusión, realizamos diferentes modelos de regresión logística.

En el modelo 1 ( $n = 212$ ), la variable dependiente fue herido grave o muerto frente herido leve o ileso. Las

Tabla 5. Regresión logística. Modelo 1  
(grave-muerto frente a ileso-leve)\*

	OR	IC del 95%
Edad (años)		
0-14	1	
15-59	2,37	0,80-7,05
≥ 60	6,55	1,60-26,76
Sexo		
Mujer	1	
Varón	1,41	0,79-2,51
IDE		
Bajo	1	
Alto	1,84	1,01-3,33

IC: intervalo de confianza; IDE: índice de deformidad estructural; OR: odds ratio.

\*N máximo: 212 casos.

Bondad del ajuste de Hosmer y Lemeshow:  $\chi^2 = 1,60$  ( $p = 0,80$ ),  $R^2 = 0,087$ .Tabla 6. Regresión logística. Modelo 2  
(muerto frente a no muerto)\*

	OR	IC del 95%
Edad		
0-14 años	1	
15-59 años	2,56	0,55-11,92
≥ 60 años	6,92	1,22-38,93
Sexo		
Mujer	1	
Varón	1,32	0,69-2,51
IDE		
Bajo	1	
Alto	3,28	1,55-6,89

IC: intervalo de confianza; IDE: índice de deformidad estructural; OR: odds ratio.

\*N máximo = 212 casos.

Bondad del ajuste de Hosmer y Lemeshow:  $\chi^2 = 2,07$  ( $p = 0,91$ ),  $R^2 = 0,12$ .

variables independientes fueron la edad (categorizada en 3 grupos: 0-14, 15-59 y  $\geq 60$  años), sexo (mujer, varón) e IDE (bajo, alto). Tras ajustar por diferentes factores de confusión, las variables significativamente asociadas a la gravedad fueron la edad y el IDE (tabla 5), siendo el riesgo de morir o resultar herido grave 6 veces superior en los mayores de 60 años respecto a los niños (OR: 6,55; IC del 95%, 1,6-26,7) y casi 2 veces superior en los que presentan un IDE alto respecto a un IDE bajo (OR: 1,84; IC del 95%, 1-3,3).

En el modelo 2, la variable dependiente fue muerto o no muerto. Las variables independientes fueron las mismas que en el modelo 1. Las variables asociadas significativamente a la mortalidad fueron la edad y el IDE (tabla 6), siendo el riesgo de morir casi 7 veces superior en los mayores de 60 años respecto a los niños (OR: 6,92; IC del 95%, 1,2-38,9) y 3 veces superior en los que presentan un IDE alto respecto a un IDE bajo (OR: 3,28; IC del 95%, 1,5-6,8).

En el modelo 3, la variable dependiente fue herido grave o muerto. Las variables independientes fueron las mismas que en el modelo 1. La única variable asociada a la mortalidad frente a resultar herido grave fue el IDE (tabla 7), siendo el riesgo de morir 3 veces superior en los que presentan un IDE alto respecto a un IDE bajo (OR: 3,25; IC del 95%, 1,3-8).

## DISCUSIÓN

Al igual que otros autores<sup>6,7</sup>, nuestro estudio demuestra que una mayor edad se relaciona con una mayor mortalidad y gravedad de las lesiones. Los cambios anatómicos y fisiológicos asociados al envejecimiento, las enfermedades crónicas y la medicación<sup>8</sup> complican las lesiones traumáticas, menguan la capacidad de respuesta al shock y, en definitiva, hacen más frágil al paciente anciano; todo ello permite explicar las mayores tasas de mortalidad y gravedad. Coincidimos con otros autores en afirmar que esta mayor fragilidad de los ancianos debería incentivar la investigación en cuanto al

Tabla 7. Regresión Logística. Modelo 3  
(muerto frente a herido grave)\*

	OR	IC del 95%
Edad		
0-14 años	1	
15-59 años	1,03	0,14-7,27
$\geq 60$ años	1,82	0,20-16,24
Sexo		
Mujer	1	
Varón	0,97	0,42-2,23
IDE		
Bajo	1	
Alto	3,25	1,30-8,08

IC: intervalo de confianza; IDE: índice de deformidad estructural; OR: odds ratio.

\*N máximo = 108 casos.

Bondad del ajuste de Hosmer y Lemeshow:  $\chi^2 = 0,92$  ( $p = 0,96$ ),  $R^2 = 0,09$ .

diseño de los vehículos para conseguir una mayor protección para estos grupos de edad<sup>9,10</sup>.

En nuestro estudio, el sexo no se asocia a una mayor gravedad-mortalidad. Tras revisar la bibliografía al respecto podemos señalar 2 vertientes. Una mayor exposición con una media de kilómetros recorridos al año más alta que en las mujeres y una mayor tendencia a la adopción de conductas de riesgo como el exceso de velocidad, el no uso de dispositivos de seguridad, la conducción sin licencia o la conducción bajo los efectos del alcohol por parte de los conductores varones explicarían la relación del sexo masculino con un mayor riesgo<sup>11,12</sup>.

Por otro lado, estudios anteriores relacionan el sexo femenino con un mayor riesgo de lesión grave o muerte, siendo las diferencias fisiológicas entre ambos sexos las que explicarían este fenómeno<sup>6,13</sup>. Estas diferencias fisiológicas implican una menor resistencia orgánica, lo que conlleva una mayor vulnerabilidad por parte de las mujeres al efecto de la energía liberada en una colisión. Además de estas diferencias fisiológicas, una mayor fragilidad ósea, tras la menopausia, por los problemas osteoporóticos, podrían justificar la mayor vulnerabilidad de las mujeres, teniendo que hablar entonces de diferencias en el grupo de mayor edad.

Sin embargo, algunos autores concluyen que la importancia del factor sexo como predictor de la gravedad disminuye conforme aumenta la severidad de la colisión sufrida. Así, las lesiones más graves no se asocian a un determinado sexo, conclusión con la que coincidimos viendo los resultados de nuestro estudio, ya que nuestra muestra de casos se obtiene a partir de accidentes de alta energía donde al menos uno de los ocupantes del vehículo resulta herido grave o muerto<sup>14</sup>.

En cuanto a la posición, estudios previos concluyen que viajar en los puestos traseros disminuye el riesgo tanto de muerte como de sufrir lesiones graves<sup>15,16</sup>. En nuestro caso la posición dentro del vehículo en el momento de la colisión no se asocia a una mayor gravedad y mortalidad. La asociación entre la posición y el uso del cinturón obtenida en nuestro estudio, llegando al 67,2% el número de casos que viajan en la parte posterior y que no hacen uso del cinturón de seguridad, podría explicar la no existencia del factor protector de viajar en los puestos traseros.

Creemos que las características de la colisión y, sobre todo, la zona de impacto van a marcar la diferencia en cuanto al resultado lesional. Lógicamente, las posibilidades de sufrir lesiones graves se incrementan cuanto más cercano es el impacto del ocupante<sup>17</sup>. A pesar de no haber diferencias estadísticamente significativas, el análisis bivariante muestra que el puesto de piloto está relacionado con mayor gravedad y mortalidad, y que el puesto de copiloto y trasero se comportan de forma muy parecida. Que el 43,4% de los 212 casos de nuestro estudio haya sufrido una colisión frontal podría explicar que el puesto de piloto sea el de mayor frecuencia de gravedad, no sólo por la proximidad del impacto

que suele recaer en la zona izquierda del vehículo cuando la colisión ocurre en vías de doble sentido, sino por encontrarse un elemento lesivo como el volante muy próximo al cuerpo.

En nuestro estudio, no hay asociación entre el uso de dispositivos de retención y la gravedad-mortalidad. Este resultado, en principio sorprendente, debe ser analizado en profundidad. En primer lugar debemos recordar que los casos de nuestro estudio han sido extraídos de colisiones donde al menos un ocupante resultó muerto o herido grave, es decir, colisiones de alta energía. Por lo tanto, no estamos analizando la eficacia de los sistemas de retención en cualquier accidente donde, si se revisa la bibliografía, queda claro que hay un factor protector en cuanto a su uso<sup>18,19</sup>.

En segundo lugar, y al igual que pasaba con la variable posición, las características de la colisión y la zona de impacto van a marcar la diferencia en cuanto al resultado lesional. La protección que aporta el cinturón de seguridad no resulta suficiente cuando se produce intrusión dentro del habitáculo, llegando a impactar el ocupante con alguno de los elementos del vehículo al invadir su espacio<sup>20</sup>. Además, una deceleración significativa puede producir fuerzas de cizallamiento que originen desgarros de los vasos sanguíneos tanto craneales como torácicos, resultando el pronóstico del paciente bastante malo a pesar de viajar haciendo uso del cinturón.

En tercer lugar, la utilización del cinturón de seguridad no protege al ocupante bien atado de sufrir el impacto de otro pasajero que no haga uso de éste. Este último se convierte en un proyectil que se desplaza por el habitáculo hasta golpear con algo o con alguien, exponiéndose ellos mismos y los ocupantes que usan el cinturón a sufrir lesiones más graves<sup>21,22</sup>.

En cuarto lugar, señalar que el correcto ajuste y ubicación de los sistemas de retención (sillas para niños o cinturones para adultos) es indispensable si queremos reducir el riesgo de lesión. Colocar la banda ventral bajo las crestas iliacas y la banda diagonal centrada sobre la clavícula es una maniobra que muchos usuarios de vehículos no tienen en cuenta, apareciendo en caso de impacto lesiones colaterales no deseadas.

Por último, con respecto al diseño de los cinturones de seguridad, hay estudios que demuestran que el actual sistema de retención de 3 puntos no protege del desplazamiento del ocupante en el vehículo dependiendo del tipo de colisión que sufra<sup>23</sup>. Además, está demostrado que los pacientes ancianos sufren lesiones graves viajando atados y a velocidades bajas, siendo la región corporal más frecuentemente lesionada el tórax<sup>24</sup>. Si bien el uso del cinturón se antoja imprescindible para reducir el riesgo tanto de lesión grave como de muerte, la protección no es completa y, al igual que otros autores, nos parece fundamental que la industria automovilística estudie un diseño de cinturón que consiga mayor eficacia en todos los rangos de edad y tipos de colisión.

Resultar eyectado fuera del vehículo, bien sea parcial o totalmente, se asocia en nuestro estudio tanto a una mayor gravedad como a una mayor mortalidad. Salir despedido suele producir lesiones más graves que si el ocupante se mantiene dentro del habitáculo, ya que es el organismo el que absorbe toda la energía cinética generada al impactar contra el suelo u otro objeto. Además está el riesgo de ser atropellado por otro vehículo. El riesgo de muerte de las víctimas eyectadas fuera del vehículo frente a las que se quedan dentro del habitáculo es de 3 a 6 veces mayor según autores<sup>25</sup>.

## Índice de deformidad estructural

En nuestro estudio, un IDE alto se asocia a un mayor riesgo, tanto de gravedad como de mortalidad. Esta variable nace de la necesidad de criterios complementarios a los anatómicos y fisiológicos que permitan mejorar el manejo de las víctimas de las colisiones de tráfico y que se obtengan en la propia escena del siniestro. El estudio de la cinemática de una colisión puede ser muy preciso y extenso, pero el enfrentarnos a pacientes cuyo pronóstico depende de una actuación rápida limita el tiempo de recogida de información. Con el IDE pretendemos dar un primer paso hacia la obtención de una herramienta de uso fácil y rápido. Poder conseguir de forma casi inmediata y sencilla la información a partir de los daños de los vehículos implicados y de factores como el uso del cinturón, la posición dentro del vehículo y haber salido despedido, todas ellas también sencillas de recabar, hacen del IDE una variable de interés no estudiada anteriormente.

Malliaris et al<sup>26</sup> comenzaron en 1996 a través de la NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration) a preocuparse por la importancia de reconocer las lesiones críticas en la escena de la colisión utilizando, entre otras cosas, datos recogidos en el propio escenario. A través de un programa informático formularon un algoritmo que denominaron URGENCY para obtener una probabilidad en la gravedad de las víctimas a partir de las características de la colisión como la delta V, el uso de cinturón, la edad y el sexo del ocupante. Posteriormente, Augenstein et al realizaron sendos estudios en los que aplicaban el algoritmo primero a colisiones frontales y luego a colisiones laterales próximas al pasajero<sup>27,28</sup>. Pretendían demostrar la utilidad del algoritmo para poder introducirlo en el sistema de notificación automática de colisiones (Automatic Crash Notification), sistema integrado en los vehículos para, en caso de colisión, enviar información instantánea a los centros coordinadores y así poder gestionar con rapidez los recursos sanitarios.

Richter et al<sup>2</sup> demostraron la asociación entre un mayor grado de intrusión dentro del habitáculo con una mayor severidad de las lesiones resultantes en pacientes con lesiones torácicas que habían sufrido una colisión y sugieren la utilización de este dato

como predictor de gravedad. Stefanopoulos et al<sup>3</sup> analizan la intrusión del habitáculo y la deformidad del parabrisas, el tablero y el volante en las colisiones frontales en vehículos sin airbag. Al igual que Augenstein concluyen que el estado del vehículo tras la colisión debe utilizarse como predictor de lesiones críticas y sugieren el uso de la tecnología de los satélites para que esta información llegue cuanto antes a los centros coordinadores y poder así gestionar la colisión de forma correcta. Newgard et al<sup>29</sup> correlacionan la deformidad del volante tras una colisión con la gravedad en las lesiones torácicas y abdominales, tanto en los pilotos como los pasajeros de los puestos deanteros, y hacen hincapié en la importancia de la recogida del estado del volante por parte de los servicios médicos prehospitalarios. Más recientemente, Weninger y Hertz<sup>30</sup> recalcan la importancia de la obtención de datos de la escena del accidente como la dirección del impacto, la deformidad del tablero y del volante o la intrusión en el habitáculo como factores predictores de gravedad y mortalidad.

Todos estos trabajos refuerzan nuestra idea acerca de la importancia del estudio de la cinemática en las colisiones, pero ninguno de ellos aporta una herramienta tan elaborada como el IDE, y que pueda ser obtenida de forma sencilla y práctica a pie de carretera. Alguno de los estudios señalados utilizan variables de difícil determinación (delta V, peso y altura de la víctima, tipo de colisión, etc.) que requieren un estudio más exhaustivo del escenario y del vehículo. El problema que se plantea en estos siniestros es la inmediatez. No se puede retrasar la atención y traslado de un paciente con una lesión crítica por recabar información en el propio escenario. Por eso asignamos 0, 1 o 2 puntos a los distintos parámetros del IDE según si hay o no alteración en el vehículo, permitiendo realizar en poco tiempo una determinación de esta variable sin retrasar la valoración y el traslado de la víctima.

En el caso de los primeros intervenientes no sanitarios (policía, unidades de rescate de bomberos, etc.), que en muchas ocasiones son los primeros que llegan a las escenas de las colisiones, el cálculo del IDE no supondría ninguna pérdida de tiempo. Al contrario, el IDE les haría disponer de una herramienta para poder enviar datos objetivos relacionados con posibles gravedades sin atender a criterios fisiológicos o anatómicos que no están acostumbrados a manejar. Del mismo modo que no decimos que una persona está muy en coma sino que damos un valor de Glasgow, con el IDE pretendemos dar un valor objetivo para dejar de escuchar frases como «ha sido un golpe bestial o impresionante, ¡cómo ha quedado el coche!». Eso facilitaría a los centros de coordinación una adecuada gestión de los recursos, acortando en muchas ocasiones el tiempo de acceso de una atención médica.

El IDE complementaría la valoración realizada por los servicios sanitarios y les mantendría alerta a pesar

de la negatividad de los criterios fisiológicos y anatómicos. Un IDE alto obligaría a los servicios de emergencias médicas prehospitalarias a sospechar lesiones graves, acortando el tiempo de actuación en la escena y adelantándose en las maniobras para evitar la inestabilización de la víctima. Además, el IDE ayudaría en la decisión de traslado de la víctima a un centro de trauma adecuado. La obtención de un IDE alto en ausencia de criterios anatómicos o fisiológicos de gravedad, obligaría al equipo sanitario a trasladar a la víctima a un centro de trauma adecuado donde se pueda dar solución definitiva a las posibles lesiones críticas.

Por otro lado, el IDE podría servir a los servicios de urgencias hospitalarias, no sólo como alerta de llegada de un posible paciente crítico, obligando a descartar un IDE alto, con las pruebas complementarias pertinentes, la existencia de lesiones críticas, manteniendo en todo momento una vigilancia estrecha de las constantes de la víctima, a pesar de no presentar inicialmente criterios anatómicos o fisiológicos de gravedad.

Finalmente señalar que nuestro estudio se ha realizado revisando los informes tanto escritos como fotográficos de los atestados policiales. El siguiente paso para validar el IDE como una herramienta predictora de gravedad será realizar un estudio prospectivo y trasladarlo a la carretera para valorar su fiabilidad.

## Limitaciones del estudio

La variable uso de cinturón de seguridad puede verse afectada por sesgos en la recogida de los datos por parte de la policía. Podrían existir falsos negativos si el paciente se encuentra ya fuera del vehículo y no han podido interrogar sobre su uso, cuando alguien ha soltado el cinturón a un paciente grave antes de su llegada o si se ha producido una rotura de éste. También pueden existir falsos positivos al interpretar erróneamente que ha habido uso del cinturón a partir del interrogatorio del sujeto implicado, pudiendo éste mentir ante la acción represiva de las multas. Dada la importancia de esta variable, consideramos que la policía debería complementar sus atestados con los datos obtenidos a nivel sanitario en cuanto a las lesiones de los implicados, ya que hay estudios que describen lesiones que pueden atribuirse exclusivamente a la sujeción por el cinturón, los que relacionan lesiones cutáneas y lesiones internas bajo aquellas y los que relacionan las fracturas esternales o las lesiones del cuello con el uso del cinturón de seguridad<sup>31-38</sup>. La variable IDE presenta una serie de limitaciones en cuanto a su elaboración. La no existencia de un protocolo de documentación fotográfica por parte de las unidades de atestados (ángulo de realización de las fotografías) dificulta objetivar el estado del vehículo tras el accidente. Esto, unido a la no referencia en muchos de los informes escritos sobre la existencia o no de airbag, nos ha impedido utilizar este dato que consideramos de gran importancia. Además el que la

revisión de estos informes fotográficos se haya hecho por parte de un solo observador, limita a su interpretación los resultados.

Al igual que otros autores, creemos que la unificación de criterios y protocolarización en la recogida de datos en la escena de un accidente de tráfico, así como la formación en fundamentos de biomecánica de todo el personal implicado en este tipo de accidentes, se antoja fundamental para conseguir que variables como el IDE puedan ser útiles en la correcta gestión sanitaria del accidentado ocupante de vehículo<sup>39</sup>.

## CONCLUSIONES

Un IDE alto se asocia con mayor gravedad y mortalidad. El IDE es un primer paso hacia la inclusión de la cinemática como variable predictora de gravedad en las colisiones de tráfico. Los primeros alertantes (que no poseen conocimientos médicos) dispondrían así de una herramienta que permitirá trasmisir a los centros de coordinación información fiable para así movilizar los recursos asistenciales más adecuados. También el IDE puede servir de complemento de los criterios anatómicos y fisiológicos a los servicios médicos prehospitalarios y hospitalarios para sospechar lesiones críticas cuando éstos no son definitivos.

Creemos que el IDE tiene un gran potencial, pero es necesario seguir investigando y validarla en la práctica diaria de los equipos de emergencias.

## Bibliografía

1. Centers for Disease Control –Guidelines for Field triage of injured patients. Morbidity and mortality weekly report. 2009;58.
2. Richter M, Krettek C, Otte D, Wiese B, Stalp M, Ernst S, et al. Correlation between crash severity, injury severity, and clinical course in car occupants with thoracic trauma: a technical and medical study. *J Trauma*. 2001;51:10-6.
3. Stefanopoulos N, Vagianos C, Stavropoulos M, Panagiotopoulos E, Androulakis J. Deformations and intrusions of the passenger compartment as indicators of injury severity and triage in head-on collisions of non-airbag-carrying vehicles. *Injury*. 2003;34:487-92.
4. Roldán J, Guergué J, Iturralde J, Osés I, Villanueva N, Ansotegui A. Registro del politraumatismo en Navarra. Datos preliminares. Grupo ETNA [Spanish]. *Med Intensiva*. 2003;27:340-4.
5. Gómez de Segura Nieva JL, Boncompte MM, Sucunza AE, Louis CL, Seguí-Gómez M, Otano TB. Comparison of mortality due to severe multiple trauma in two comprehensive models of emergency care: Atlantic Pyrenees (France) and Navarra (Spain). *J Emerg Med*. 2009;37:189-200.
6. Singleton M, Qin H, Luan J. Factors associated with higher levels of injury severity in occupants of motor vehicles that were severely damaged in traffic crashes in Kentucky, 2000-2001. *Traffic Inj Prev*. 2004;5:144-50.
7. Ruiz Ramos M, Ocaña-Riola R, Hermosín Bono T. Evolución de la mortalidad por accidentes de tráfico en Andalucía desde 1975 hasta 2001 y predicción para el año 2004. *Aten Primaria*. 2004;33:297-304.
8. Milzman DP, Boulanger BR, Rodríguez A. Preexisting disease in trauma patients: a predictor of fate independent of age and injury severity score. *J Trauma*. 1992;32:236.
9. Morris A, Welsh R, Hassan A. Requirements for the crash protection of older vehicle passengers. *Annu Proc Assoc Adv Automot Med*. 2003;47:165-80.
10. Li G, Braver ER, Chen LH. Fragility versus excessive crash involvement as determinants of high death rates per vehicle-mile of travel among older drivers. *Accid Anal Prev*. 2003;35:227-35.
11. Massie DL, Green PE, Campbell KL. Crash involvement rates by driver gender and the role of average annual mileage. *Accid Anal Prev*. 1997;29:675-85.
12. Turner C, McClure R, Pirozzo S. Injury and risk-taking behavior- a systematic review. *Accid Anal and Prev*. 2004;36:93-101.
13. Bakdard M, Guyatt, GH, Stones MJ, Hirides JP. The independent contribution of driver, crash and vehicle characteristics to driver fatalities. *Accid Anal Prev*. 2002;34:717-27.
14. Denle D, Sharda R, Bessonov M. Identifying significant predictors of injury severity in traffic accidents using a series of artificial neural networks. *Accid Anal and Prev*. 2006;38:434-44.
15. Huelke DF, Compton CP. The effects of seat belts on injury severity of front and rear seat occupants in the same frontal crash. *Accid Anal Prev*. 1995;27:835-8.
16. Smith KM, Cummings P. Passenger seating position and the risk of passenger death in traffic crashes: a matched cohort study. *Injury Prevention*. 2006;12:83-6.
17. Newgard CD, Lewis RJ, Kraus JF, McConnell KJ. Seat position and the risk of serious thoracoabdominal injury in lateral motor vehicle crashes. *Accid Anal Prev*. 2005;37:668-74.
18. Bradbury A, Robertson C. Prospective audit of the pattern, severity and circumstances of uninjury sustained by vehicle occupants as a result of road traffic accidents. *Arch Emerg Med*. 1993;10:15-23.
19. Rivara FP, Koepsell TD, Grossman DC, Mock C. Effectiveness of automatic shoulder belt system in motor vehicle crashes. *JAMA*. 2000;283:2826-8.
20. Swierzezowski MJ, Feliciano DV, Lillis RP, Illig KA, States JD. Deaths from motor vehicle crashes: patterns of injury in restrained and unrestrained victims. *J Trauma*. 1994;37:404-7.
21. Mayrose J, Jehle D, Hayes M, Tinnesz D, Piazza G, Wilding GE. Influence of the unbelted rear-seat passenger on driver mortality: "the backseat bullet". *Acad Emerg Med*. 2005;12:130-4.
22. MacLennan PA, McGwin G Jr, Metzger J, Moran SG, Rue LW 3rd. Risk of injury for occupants of motor vehicle collisions from unbelted occupants. *Inj Prev*. 2004;10:363-7.
23. Kumaresan S, Sances A Jr, Carlin F, Frieder R, Friedman K, Renfroe D. Biomechanics of side impact injuries: evaluation of seat belt restraint system, occupant kinematics and injury potential. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2006;1:87-90.
24. Augenstein J, Diggles K, Bahouth G, Dalmotas D, Perdeck E, Stratton J. Investigation of the performance of safety systems for protection of the elderly. *Annu Proc Assoc Adv Automot Med*. 2005;49:361-9.
25. Arregui Dalmases C, Luzón Narro J, Seguí-Gómez M, editores. *Fundamentos de biomecánica en las lesiones por accidente de tráfico*. Madrid: Dirección General de Tráfico; 2007.
26. Malliaris a, Diggles K, De Blois J. Relationships between crash casualties and crash attributes. *SAE 970393*, Feb 1997.
27. Augenstein J, Diggles K, Ortega S, Perdeck E, Stratton J. Development and Validation of Urgency Algorithm. *Proceedings of the Seventeenth ESV Conference*. June 2001.
28. Augenstein J, Perdeck E, Stratton J, Diggles K, Steps J, Bahouth G. Validation of the urgency algorithm for near-side crashes. *Annu Proc Assoc Adv Automot Med*. 2002;46:305-14.
29. Newgard CD, Lewis RJ, Kraus JF. Steering wheel deformity and serious thoracic or abdominal injury among drivers and passengers involved in motor vehicle crashes. *Ann Emerg Med*. 2005;45:43-50.
30. Weninger P, Hertz H. Factors influencing the injury pattern and injury severity after high speed motor vehicle accident--a retrospective study. *Resuscitation*. 2007;75:35-41.

31. Hill JR, Mackay GM, Morris AP. Chest and abdominal injuries caused by seat belt loading. *Accid Anal Prev.* 1994;26:11-26.
32. Girelli G, Di Natale R, Manocchi MC, Lutman M. Seat belt syndrome. *Radiol Med (Torino).* 1993;86:444-52.
33. Hayes CW, Conway WF, Walsh JW, Coppage L, Gervin AS. Seat belt injuries: radiologic findings and clinical correlation. *Radiographics.* 1991;11:23-36.
34. Evans PD, Mackie IG. Fracture of the body of the stenum associated with the use of static seat belts. *Injury.* 1985;16:485-6.
35. Coel M, Sato G. Sternal fractures in motor vehicle accident victims restrained by lap-shoulder safety belts: can bone scintigraphy distinguish passenger from driver? *Clin Nucl Med.* 2000;25:140-1.
36. Mayberry JC, Brown CV, Mullins RJ, Velamos GC. Blunt carotid artery injury: the futility of aggressive screening and diagnosis. *Arch Surg.* 2004;139:609-12.
37. DiPerna CA, Rowwe VL, Terramani TT, Salim A, Hood DB, Velamos GC, Weaver FA. Clinical importance of the "seat belt sing" in blunt trauma to the neck. *Am Surg.* 2002;68:441-5.
38. De Lorenzo RA, Mayer D, Gardner GM. Bilateral vocal cord hematomas associated with shoulder harness use. *Am J Emerg Med.* 1991;158-60.
39. Grant RJ, Gregor MA, Beck PW, Maio RF. A comparison of data sources for motor vehicle crash characteristic accuracy. *Acad Emerg Med.* 2000;7:892-7.