

## TEMA 7

**PRINCIPIOS DE BIOMECÁNICA DEL ACCIDENTE DE TRÁFICO. BIOMECÁNICA: DEFINICIÓN, PRINCIPIOS. MECANISMOS LESIVOS. FASES DE UN ACCIDENTE. FACTORES QUE DETERMINAN LA LESIVIDAD. BIOMECÁNICA DE LAS LESIONES SEGÚN AREA ANATÓMICA Y TIPO DE ACCIDENTE. SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN DE LESIONES. ESCALAS DE GRAVEDAD, TIPOS Y APLICACIONES A LAS POLITICAS PUBLICAS.**

### 1. PRINCIPIOS DE BIOMECÁNICA DEL ACCIDENTE DE TRÁFICO. BIOMECÁNICA

- 1.1. Introducción. Definición.
- 1.2. Aspectos históricos
- 1.3. Principios.

### 2. MECANISMOS LESIVOS

### 3. FASES DEL ACCIDENTE

### 4. FACTORES QUE DETERMINAN LA LESIVIDAD

- 4.1. Intercambio de energía
- 4.2. Distancia de detención
- 4.3. Superficie afectada
- 4.4. Cavitación

### 5. BIOMECÁNICA DE LAS LESIONES SEGÚN AREA ANATÓMICA Y TIPO DE ACCIDENTE

- 5.1. Los mecanismos lesivos según el área anatómica afectada
- 5.2. Los mecanismos lesivos según el tipo de accidente.

### 6. SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN DE LESIONES. ESCALAS DE GRAVEDAD, TIPOS Y APLICACIONES A LAS POLITICAS PUBLICAS.

- 6.1. Escala Ais.
- 6.2. Escalas derivadas de la escala AIS.
- 6.3. Otras escalas de valoración de lesiones utilizadas en el estudio de colisiones de tráfico.

## **DEFINICIÓN ACCIDENTE DE CIRCULACION**

El término "accidente de circulación" utilizado por la OMS (WHO, 2010) se define como:

**Accidente de circulación:** Una colisión o incidente en el que se ven implicados al menos un vehículo sobre ruedas para uso en carretera (en adelante "vehículo de carretera"), en movimiento, en una vía pública o privada con acceso público a las inmediaciones.

En esta definición se incluyen: las colisiones entre vehículos de carretera; entre vehículos de carretera y peatones; entre vehículos de carretera y animales u obstáculos fijos y las colisiones de un solo vehículo de carretera. También incluye las colisiones entre vehículos de carretera y vehículos de raíles. Las colisiones con varios vehículos se contabilizan como un único accidente siempre que sean colisiones sucesivas en un breve periodo temporal.

En primer lugar, la definición que encontramos, es la de "**accidente con víctimas**", la cual incluye la definición de accidente de circulación comentada con anterioridad, considerando como requisito que a consecuencia del mismo resulte al menos una persona herida o fallecida.

Cabe destacar que en esta definición, un suicidio o intento de suicidio no se considera un accidente, sino un incidente provocado por un acto deliberado para dañarse a sí mismo. Sin embargo, si un suicidio o intento de suicidio implica herir a otro usuario de la carretera, entonces este incidente se considera un accidente con víctimas. Se excluyen los actos terroristas.

## **1. PRINCIPIOS DE BIOMECÁNICA DEL ACCIDENTE DE TRÁFICO. BIOMECÁNICA: DEFINICIÓN Y PRINCIPIOS.**

### **1.1. INTRODUCCIÓN. DEFINICIÓN**

La biomecánica es la ciencia que trata de describir los mecanismos lesivos, explicando las lesiones producidas en el organismo humano, mediante la integración de diferentes disciplinas, que incluyen la medicina, la epidemiología, la física y la ingeniería. Podríamos decir que es la ciencia que analiza los efectos lesivos causados por un impacto en el cuerpo humano con objeto de encontrar medidas que permitan la prevención de lesiones.

Epidemiología. Describe los fenómenos lesivos en cuanto a su número, gravedad, distribución por género y edad, etc., así como los diferentes tipos de situaciones (accidentes de tráfico, laborales, deportivos, etc.) y, dentro de ellas, establece la subdivisión por tipos lesivos. Por ejemplo, dentro de los accidentes de tráfico, según el tipo de vehículo implicado (turismo, motocicleta, bicicleta, autobús, camión) y el tipo de accidente (colisión frontal, lateral, vuelco, colisión por alcance, atropello, etc.).

Física. Mediante la reconstrucción del accidente trata de reproducir las fuerzas que han causado determinadas deformaciones y de ello deducir las energías que se han liberado en el accidente y que han producido las lesiones.

Ingeniería. A través de su diseño trata de construir vehículos cada vez más seguros, tanto para sus ocupantes como para el resto de usuarios de la vía pública, especialmente los peatones. Mediante la seguridad activa intenta reducir la producción de accidentes (con mejores luces, frenos ABS, neumáticos más adherentes, potencia ajustada de motor, etc.) y mediante la seguridad pasiva trata de reducir las consecuencias lesivas del accidente sobre las personas (con cinturones de seguridad, airbag, cascos en motocicletas y ciclistas, parachoques absorbentes, barras de seguridad laterales, dispositivos tipo barras de rigidez antivuelco en autobuses, etc.).

La física, por medio del estudio de las leyes que rigen el movimiento de los cuerpos y la energía cinética producida en ese movimiento, pretende demostrar, en conjunción con la ingeniería y mediante la reconstrucción del accidente, cuál ha sido la tasa de transferencia de energía sobre las personas para tratar de explicar la producción de un tipo determinado de lesión en función de la energía transferida a ese cuerpo y la resistencia orgánica por zonas anatómicas, en función de la edad, el sexo, etc.

Otras disciplinas, tales como la sociología, la psicología o la ergonomía, intentan explicar el factor humano como causa productora o facilitadora de la producción del accidente, determinando la influencia de ciertas sustancias (tóxicos, alcohol, medicamentos de diferente tipo) sobre el comportamiento y el rendimiento humanos y explicando las alteraciones en el tiempo de reacción, en las capacidades perceptivas, etc.

En definitiva, la biomecánica trata de explicar los mecanismos lesivos en el trauma mediante la comprensión de las leyes y conceptos físicos relativos a las formas, tipos y grados de energía que actúan sobre diferentes zonas anatómicas del cuerpo humano.

Es fundamental una actitud preventiva por parte del personal médico y de enfermería que presta asistencia de emergencia y a pacientes críticos. Igualmente, resulta de vital importancia crear hábitos de seguridad en la población, con el fin de que evite situaciones de riesgo y conozca las medidas de seguridad activa y pasiva relativas a las máquinas y vehículos que utiliza.

## 1.2. ASPECTOS HISTÓRICOS

El conocimiento de las leyes de biomecánica es un conocimiento empírico. Ya en el año 400 antes de Cristo, Hipócrates afirmaba que la caída

de un soldado desde una almena sobre terreno blando producía lesiones menos graves que cuando caía sobre terreno duro o piedra.

Hugo de Haven era un piloto holandés que sufrió un accidente de aviación en la Primera Guerra Mundial. En ese accidente falleció su compañero de avioneta, que no utilizaba cinturón de seguridad. Hugo de Haven sufrió una rotura hepática por la hebilla del arnés que le sujetaba al aparato pero salvó su vida tras ser intervenido quirúrgicamente. Continuó sus experimentos y estudios de biomecánica en el periodo de entreguerras y en el año 1942, durante la Segunda Guerra Mundial, publicó sus estudios sobre fenómenos de tolerancia humana al choque.

Sir Hugo Cairns describió al principio de esta contienda que los motoristas del ejército británico que utilizaban casco sufrían lesiones craneoencefálicas menos graves que los que no lo usaban. Ello determinó una normativa de utilización obligatoria del casco en los motoristas militares británicos.

En los años siguientes, la aviación militar se convirtió en el foco de la biomecánica llevándose a cabo una gran cantidad de investigaciones y desarrollándose el primer dispositivo antropomórfico (dummies) y programas de ordenador para modelización matemática en esta área.

Desde los inicios del transporte en automóvil la seguridad fue prioritariamente considerada. Los sistemas de retención fueron pensados, pero no verdaderamente implementados hasta después de la Segunda Guerra Mundial.

Durante los años 1920 y 1930 los constructores de vehículos introdujeron constantes mejoras tanto en el diseño como en lo relativo a su seguridad (sistemas de frenado, lunas de seguridad, luces), si bien no sería hasta 1950 que los conceptos de seguridad pasiva (duros habitáculos para ocupantes y zonas deformables) fueron realidad. Entre los años 1950 y 1960 importantes esfuerzos fueron realizados para aumentar la seguridad de los vehículos.

Aldman, que trabajaba para la fábrica sueca de automóviles Volvo, describió en 1960 la utilidad del cinturón de seguridad como mecanismo de seguridad pasiva en automóviles. Hacia 1966, la NHTSA (Administración Nacional para la Seguridad del Tráfico en Carreteras) de Estados Unidos dictó una serie de normas federales para aumentar la seguridad en los automóviles.

Diferentes grupos han continuado desarrollando estudios de biomecánica hasta la actualidad (Evans y Huelke en Estados Unidos, Pattimore

y MacKay en el Reino Unido, Cesari en Francia, etc.), tratando de determinar mayores niveles de resistencia humana al choque mediante la utilización de dispositivos de seguridad para automovilistas y motociclistas.

Sin duda el incremento de la movilidad se ha traducido en un incremento del número de heridos en accidentes de tráfico y esto hace emerger la necesidad de controlar el problema mediante el diseño de estructuras capaces de absorber la energía, mediante adecuados sistemas de retención, mediante el uso de los cascos para motoristas, cambios en el diseño de las infraestructuras, etc.

Y, aunque las lesiones pueden producirse a consecuencia de muy diferentes tipos de accidentes (laborales, deportivos o de la actividad de la vida diaria), un gran número de ellos se producen por accidentes de tráfico, con el consecuente coste socioeconómico, convirtiendo además las lesiones de accidentes de tráfico en el mayor problema de la seguridad vial. Es por ello que la biomecánica ha encontrado en la seguridad del automóvil un importante campo de desarrollo.

### 1.3. PRINCIPIOS

Los principios de la biomecánica aplicados a la reducción de lesiones se basan en las leyes de Newton. Las energías que se liberan en el trauma, y que rigen la biomecánica de lesiones, se interpretan según estas leyes.

La primera ley de Newton establece que un cuerpo en movimiento continuará su trayectoria de una manera continua y permanente, a no ser que haya una fuerza externa que se oponga a este movimiento (es lo que ocurriría si, lanzando una piedra, ésta no se viera afectada en su movimiento por el rozamiento y por la fuerza de la gravedad). Por el contrario, un cuerpo en reposo tenderá a permanecer en esta situación a no ser que una fuerza externa actuando sobre él lo desplace.

La segunda ley de Newton establece la cuantía de la energía determinada por el movimiento, y viene dada por la fórmula  $E = 1/2 \times M \times V^2$ , siendo M la masa del cuerpo y V su velocidad.

Esta ley ya indica que el factor velocidad determina en general la magnitud de la energía y, por ello, el principal determinante de la gravedad es la velocidad del objeto incidente, debido a que ese factor está elevado al cuadrado.

En cuanto a la lesividad, se deben también tener en cuenta las diferencias significativas, de masa y velocidad, entre dos los dos cuerpos que soportan el choque (lo que se denomina incompatibilidad). En los accidentes de tráfico sería grave, por ejemplo, un choque entre un autocar y un automóvil, o un atropello a un peatón por un ciclista bajando una cuesta a elevada velocidad.

Las lesiones se producen cuando una determinada estructura corporal ve superado su límite de resistencia por la energía a que ha sido sometida.

Si se deja caer un huevo sobre una superficie dura se romperá la cáscara siempre que la altura desde la que haya caído sea de una dimensión determinada. Si entre esa superficie dura y el huevo se interpone alguna superficie elástica deformable (almohadas, por ejemplo), ocurrirá que parte de la energía cinética debida al movimiento del huevo al caer sobre los almohadones se disipará en forma de energía térmica (en muy pequeña cuantía, debida al rozamiento) y en una deformación de las moléculas de las almohadas, al ser estructuras flexibles, quedando una energía residual que es inferior a la resistencia de la cáscara del huevo, por lo que éste no se rompe. Esta dispersión de la energía cinética, tanto en el espacio como en el tiempo, es determinante para reducir la severidad de las lesiones en caso de accidente y puede suponer la diferencia entre sobrevivir o no.

En este principio se basan dispositivos tan eficaces como el cinturón de seguridad o el airbag. El cinturón de seguridad reparte la energía producida en el curso de una deceleración brusca sobre una superficie amplia del cuerpo al apoyar una banda de fibra de una anchura determinada sobre estructuras relativamente resistentes, tales como la clavícula y la cresta ilíaca (banda oblicua) y entre las dos crestas ilíacas (banda transversal abdominal). La incorrecta disposición del cinturón de seguridad sería a su vez origen de lesiones.

La tercera ley de Newton dice que a toda acción se opone una reacción igual y de sentido contrario. Ello explica que, en caso de impacto de un automóvil contra una superficie rígida, como puede ser una pared, los ocupantes del automóvil van a salir impulsados hacia delante casi a la misma velocidad a la que circulaba el automóvil en el momento del impacto.

## **2. MECANISMOS LESIVOS**

La importancia del trauma como enfermedad social viene dada por la morbilidad y mortalidad que supone. Se considera la enfermedad traumática como la tercera causa de mortalidad en la población adulta después de las enfermedades cardiovasculares y las neoplasias, pero, si se considera por

grupos de edad, en la población joven constituirá la primera causa de mortalidad (entre los 15 y los 30 años).

Entre las causas de la enfermedad traumática en los países industrializados destacan los accidentes y, dentro de ellos, los accidentes de tráfico. En España se producen alrededor de 5000 muertes y 150.000 heridos por accidentes de tráfico, en Europa las cifras ascienden a 40.000 muertos y 1.700.000 heridos y en el mundo, podemos estimar alrededor de 1.200.000 muertos y entre 20 y 50 millones de heridos al año, con especial incidencia, como ya sabemos, en el grupo de población joven.

En este marco, es decisivo el papel de los médicos y personal de enfermería que se dedica a la asistencia al trauma, con una mentalidad dirigida a la prevención de estos accidentes y la reducción de sus consecuencias. Se podrían convertir en agentes activos de salud mediante su influencia en la modificación de conductas que favorecen la producción de accidentes, tales como intervenciones dirigidas a una reducción en el consumo de alcohol en los conductores y en la población en general.

Pero es importantísimo su papel a la hora de reducir sus consecuencias. En los accidentes de tráfico, la mayoría de las lesiones se deben a trauma cerrado. Es fundamental para el personal sanitario que atiende a las víctimas del trauma grave, tanto en el ambiente prehospitalario como en el hospitalario, comprender los mecanismos lesivos y la biomecánica que rige la producción de estas lesiones para actuar adecuadamente en su asistencia aplicando medidas de soporte vital avanzado y orientando las pruebas diagnósticas oportunas a la patología del paciente y derivándolo al centro más adecuado.

Así, si un médico o un/a enfermero/a que atiende en el ambiente extrahospitalario a un traumatizado comprenden que bajo un tórax que ha sufrido un impacto de alta energía se pueden haber producido lesiones en la profundidad, aún en ausencia de lesiones externas evidentes, dirigirá a ese paciente a un centro que pueda detectar una posible lesión de grandes vasos intratorácicos y tratarla oportunamente.

Tras un impacto violento con un objeto romo sobre la pared abdominal anterior, tal como podría ocurrir con un puñetazo fuerte, sin existir estigmas aparentes de lesión en la pared abdominal, pueden haberse producido lesiones graves de vísceras intraabdominales macizas o huecas.

Las lesiones se producen cuando una determinada estructura corporal ve superado su límite de resistencia por la energía a que ha sido sometida, como ocurre con el ejemplo del huevo visto anteriormente.

También aspectos tales como la carga de agua o la carga mineral del hueso, la disposición de las fibras musculares, etc., explican la producción de diferentes lesiones. Así, fenómenos tan obvios en la vida cotidiana como son la necesidad de una mayor presión para perforar con un alfiler un globo deshinchado que cuando el globo está lleno de aire se explican por la diferente disposición de las fibras que conforman el espesor de la pared del globo.

Los mecanismos de lesión corresponden a uno de los cinco siguientes, ya sean solos o combinados:

- Flexión. Suelen producir fracturas transversales.
- Extensión. Pueden producir también fracturas transversales y/o luxaciones articulares.
- Tracción. Suele producir desgarros cutáneos, musculares, luxaciones, etc.
- Compresión. Se debe a la aplicación de una fuerza en sentido longitudinal, tal como se produce en el caso de un nadador que se tira de cabeza a una zona con poco agua, quedando su cabeza comprimida contra el suelo por el resto del cuerpo que la empuja, con lo que se produce un fenómeno de émbolo que puede dar lugar a fracturas o lesiones cervicales. Es un mecanismo para explicar las fracturas por estallido de cuerpo vertebral.
- Torsión. Suele producir fracturas espiroideas. Es el caso típico del esquiador cuyo esquí queda atrapado fijo, produciéndose un giro brusco de su cuerpo sobre la pierna que actúa de eje.

### **3.FASES DE UN ACCIDENTE.**

El accidente, a pesar de su brevedad, es un proceso dinámico, que se desarrolla en el espacio y en el tiempo en base a puntos o zonas y momentos donde los hechos se producen. La unión entre un momento y un punto adquiere el nombre de posición e implica una fase del accidente.

Es muy importante conocer su evolución, incluyendo las áreas, puntos y posiciones, ya que permite investigar sobre los conocimientos de los implicados, experiencia, pericia y reflejos, su estado psíquico y físico, presencia de distracciones, sueño, cansancio, alcohol, medicamentos, enfermedad, así como el estado de la dirección y frenado del vehículo etc.

De acuerdo con la clasificación tradicional de la evolución del accidente, que es la más aceptada por los investigadores, es posible distinguir tres áreas:

- Área de Percepción: Comprende el espacio entre el punto de percepción posible y el punto de conflicto.

- Área de maniobra: Comprende el espacio entre el punto de decisión y el punto de conflicto.
- El Área de conflicto: Comprende el espacio entre el punto clave y la posición final.

El desarrollo del accidente se produce dentro del área de percepción y comprende tres fases:

### 3.1. FASE DE PERCEPCIÓN

La fase de percepción se compone de dos posiciones o puntos:

- Posición de percepción real (PPR): Es el punto en que el conductor percibe realmente y por primera vez que el peligro puede desembocar en un accidente. Siempre es posterior o coincide con el punto de percepción posible. Es subjetivo, varía en cada persona y puede estar influido por la experiencia, reflejos, conocimientos, distracción... Podría no existir o estar tan cerca del punto de conflicto que no se distinga de él.
- El Punto de percepción posible (PPP): Es el punto en que un conductor “sin características especiales” debería percibir que el peligro implica un riesgo de accidente. Es un punto objetivo, puede comprobarse sobre el terreno y se produce en el mismo momento que el PPR o antes. Sirve de base para valorar la conducta del conductor.

La fase de percepción abarca desde que el conductor o peatón se da cuenta del peligro hasta que pone en marcha mecanismos con el fin de evitarlo o minimizarlo, momento en que comienza la segunda fase. Este período de tiempo se denomina tiempo de reacción.

El tiempo de reacción está compuesto por tres momentos: en primer lugar la percepción de estímulos externos peligrosos, en segundo lugar la intelección, momento en que el cerebro es consciente del peligro a partir de la información proporcionada por los sentidos y pone en marcha las estrategias para evitarlo, y en tercer lugar, la volición o actuación, cuando el implicado toma la decisión de actuar. Para una persona en condiciones normales este tiempo oscila entre 0,75 y 1 segundo y varía en función de distintos factores como la edad y el estado físico o psíquico, velocidad, aceleración, tipo de estímulo (auditivo o visual)... La distancia que recorre se le denomina distancia de reacción.

La distancia existente entre el punto de percepción real, posible y la fase de decisión permite investigar psicodinámicamente al conductor, sobre todo sus conocimientos, experiencia y reflejos. Una distancia grande permite inferir reacciones tardías, lentas o poco diligentes debido a demoras en la toma de decisiones o ejecución.

La distancia entre el PPP y el Punto de Conflicto permite identificar casos de negligencia o descuido por parte del implicado.

### 3.2. FASE DE DECISIÓN

Es aquella en la que el conductor o peatón reaccionan ante la circunstancia anormal. Es decir, inicia la ejecución de la maniobra de evasión que va a desarrollar, para evitar que se produzca el accidente.

Las maniobras de evasión se clasifican en:

- Simples pasivas (tocar el claxon, hacer destellos de luces.
- Simples activas (disminuir la velocidad, detener el vehículo, aumentar la velocidad, girar, dar marcha atrás)
- Complejas (son combinaciones de las anteriores). Las realizan los conductores con mayor experiencia, más reflejos y menor edad.

Son favorables cuando consiguen un accidente menor. Son erróneas cuando intentando evadir el suceso inevitable ocasionando otro mayor.

Podrían no existir por la rapidez de los acontecimientos o si el conductor no ha tenido oportunidad de decidir la acción a adoptar.

Una vez lograda la percepción real, la fase de decisión está delimitada por el punto de decisión (PD) y el punto clave (PCL).

- El punto de decisión (PD) es el momento en que el implicado inicia la realización de la maniobra evasiva.
- El punto clave (PCL) es el momento en que el accidente ya no es evitable.

El análisis de esta fase permite investigar la pericia, conocimientos sobre acciones evasivas, el estado del vehículo o condiciones ambientales.

Entre la PCL y el PC el accidente es inevitable, y solo se puede llevar a cabo una maniobra evasiva de minimización de resultados.

### 3.3. FASE DE CONFLICTO

Esta fase hace referencia al último periodo de la evolución del accidente. En ella se produce la culminación del suceso. Está comprendida entre el PCL y la posición final PF.

Dentro de esta fase se distingue:

- La Zona de conflicto: Es el espacio donde existe la mayor posibilidad de que ocurra el accidente. Depende de la dirección y elementos del vehículo y de la acción evasiva.
- Punto de conflicto: Pertenece a la zona de conflicto y es el momento en que se consuma el accidente.
- Posición final: Es la posición inmóvil que adoptan los vehículos, personas y objetos una vez se ha producido el suceso.

Antes de producirse la posición final, aún cabe la posibilidad de modificar las trayectorias post-colisión y minimizar sus consecuencias.

Por otro lado, el conocimiento de los incidentes también tiene una importancia vital para prevenir y frenar muchas dimensiones de la accidentalidad (Pirámide de Hayden). Así, hacer consciente al conductor de los procesos que subyacen y anteceden a los incidentes es vital para explicar lo

que pasa en los propios accidentes, ya que al hacer explícitos los parámetros de conducta implicados en estos procesos, el conductor eleva su percepción del riesgo aproximándose al riesgo real y, por tanto, adopta conductas más seguras.

## **4. FACTORES QUE DETERMINAN LA LESIVIDAD**

### **4.1. INTERCAMBIO DE ENERGÍA**

El intercambio de energía explica la mayor o menor lesividad, tal como ocurría con un puño que sufre más daño si se pega un golpe contra una pared de ladrillo que contra una almohada, considerando que el puñetazo se da con la misma fuerza.

La tasa de intercambio de energía depende de la densidad del tejido sobre el que actúa el elemento vulnerante, es decir, del número de partículas titulares que son golpeadas. Referido al ejemplo anterior, el puñetazo contra el ladrillo, más denso que la almohada, produciría mayor intercambio de energía.

### **4.2. DISTANCIA DE DETENCIÓN**

La distancia de detención también explica la mayor o menor lesividad: a mayor distancia de detención, la deceleración producida sobre el cuerpo es menor. Es lo que explica que se sufran menos lesiones al caer sobre terreno blando que sobre terreno duro, ya que mínimas distancias aumentadas de detención producirían menores deceleraciones que, en algunos casos, determinarían la diferencia entre sobrevivir o no. En este principio se basan también los airbag y el cinturón de seguridad.

La deceleración brusca puede producirse tanto en el plano anteroposterior (es el caso de choques frontales) como en el plano vertical (en caídas desde altura). En ambos casos puede producirse la rotura de los órganos macizos en el punto de fijación, que, a nivel de riñón y esplénico, están en los respectivos pedículos o la rotura aórtica a la altura del punto de fijación a columna (en los primeros dos centímetros distales al origen de la arteria subclavia izquierda, en la zona del istmo aórtico).

### **4.3. SUPERFICIE AFECTADA**

Cuanto más amplia es la superficie afectada, mayor es la fuerza que incide sobre ella. Es similar a lo que ocurre cuando sacamos la mano en

posición horizontal por la ventanilla de un coche: el aire incide sobre una determinada superficie, que se amplía si giramos la mano 90° dejando la palma perpendicular a la dirección del viento, con lo cual éste tenderá a rechazar nuestra mano hacia atrás.

#### 4.4. CAVITACIÓN

En el caso de que un determinado cuerpo en movimiento animado por una energía golpee una estructura se va a producir una tendencia a la separación de las moléculas del cuerpo golpeado debido a un fenómeno de cavitación.

Es un fenómeno semejante al que se produce cuando, jugando a los bolos, una bola golpea una serie de bolos, que, a su vez, pueden chocar con otros, dispersándolos y aumentando la distancia de separación entre ellos, o cuando, en un billar, la bola incidente golpeada por el taco, al golpear a otra de las bolas, separa a otra serie de bolas que estaban contiguas entre sí.

### **5. BIOMECÁNICA DE LAS LESIONES SEGÚN AREA ANATÓMICA Y TIPO DE ACCIDENTE**

#### 5.1. LOS MECANISMOS LESIVOS SEGÚN EL AREA ANATÓMICA AFECTADA

##### 5.1.1. LESIONES EN LA CABEZA:

En términos generales, las lesiones más habituales sufridas en la cabeza como consecuencia de los accidentes son las siguientes:

a) Las fracturas de cráneo (o traumatismo craneoencefálico). Se trata de fracturas que pueden llevar aparejada la posibilidad de sufrir hematomas intracraneales y, cuando existe hundimiento, lesiones en la masa cerebral.

b) Las fracturas faciales. Suelen provocar lesiones más a nivel funcional y estético que las anteriores.

c) Las lesiones intracraneales. Se dividen entre las lesiones focales (tales como hematomas, hemorragias intracerebrales y contusiones producidas por los golpes del cerebro contra los propios huesos del cráneo) y las lesiones difusas, entre las que se encuentra la conmoción (pérdida transitoria de conciencia sin lesión cerebral evidente) y la lesión axonal difusa, que es mucho

más grave e implica una lesión neuronal por los mecanismos de aceleración y desaceleración, sobre todo en movimientos de rotación. Esto es, suelen producirse por un excesivo movimiento de una parte de la cabeza en relación con otra.

Son frecuentes en los turismos, como consecuencia del impacto del cráneo y la cara contra el parabrisas o el salpicadero, entre otros elementos del interior del vehículo. En los impactos laterales también pueden producirse lesiones provocadas por golpes contra la ventanilla, el techo y entre los propios ocupantes, pudiendo incluso causarse lesiones mortales entre ellos en caso de que alguno no lleve cinturón, pues actuará a modo de proyectil sobre los demás. En lo que respecta a la cara, además de heridas como rasguños, abrasiones o laceraciones, las lesiones más graves se producen en el macizo facial, con frecuentes luxaciones cráneo-faciales, como consecuencia de impactar contra zonas del habitáculo rígidas y poco deformables (en especial parabrisas y salpicadero).

En los vehículos de dos ruedas, suelen ser frecuentes y muy graves, produciéndose ya sea por el golpe contra el suelo o por la colisión con otro vehículo. También son habituales las lesiones en la cara con fracturas nasales y lesiones en el macizo facial.

En los peatones, la cabeza es una de las partes más frecuentemente dañada. Los impactos de la cabeza contra el capó y el parabrisas suelen causar fracturas craneales, incluyendo laceraciones, contusiones y hematoma intracraneal, mortales o muy graves.

#### 5.1.2. LESIONES EN LA COLUMNA VERTEBRAL:

Además de las lesiones por impacto directo sobre la cabeza, que llegan a transmitir su fuerza directamente a la región cervical, en esta zona destaca el denominado esguince cervical, que es un tipo de lesión cuyo mecanismo de producción es el mal llamado latigazo cervical. Con este término se hace referencia a los movimientos realizados por el cuello tras un golpe posterior (alcance trasero) con una hiperextensión y una posterior hiperflexión de la columna cervical. Es decir, como consecuencia de un alcance, la inercia provoca el movimiento hacia delante del tronco de los ocupantes del vehículo mientras que su cabeza permanece en su posición inicial, lo que fácilmente resulta en una hiperextensión del cuello; posteriormente, la cabeza sigue al tronco y, si el impacto provoca la aceleración suficiente, se produce una hiperflexión sobre el cuello, provocando de este modo el mencionado esguince cervical. De ahí la importancia del uso de los reposacabezas instalados en los vehículos, tanto en los asientos delanteros como traseros, y de su correcta regulación.

Respecto a las zonas dorsales y lumbares de la columna, hay que resaltar que sus lesiones pueden provocar grandes incapacidades permanentes cuando afectan a la médula espinal.

El 50% de las lesiones de la columna tras un accidente, se producen a niveles altos (vértebras C4 a C7), lo que puede resultar fácilmente en una muerte inmediata con parada respiratoria o insuficiencia respiratoria aguda. El 34% de estas lesiones se producen a niveles más tolerables para la vida (D3 a D12), aunque son bien conocidas las graves secuelas que se pueden derivar en estos casos.

Son lesiones frecuentes y graves en turismos y vehículos de transporte, mientras son menos frecuentes y menos graves en vehículos de dos ruedas en los que, de producirse, el daño se ocasiona generalmente por la caída al suelo generándose lesiones a nivel dorso lumbar.

### 5.1.3. LESIONES EN EL TÓRAX:

En el caso de los daños en el tórax, el principal problema no deriva de los elementos del habitáculo sobre la estructura ósea, sino de los efectos de la deceleración sobre las vísceras y grandes vasos sanguíneos, que no tiene la misma resistencia que otras estructuras más rígidas. Es por ello que el tórax es la segunda zona corporal más lesionada en los accidentes de tráfico sin cinturón de seguridad y la tercera en los accidentes con cinturón. Además se ha demostrado que las lesiones torácicas de los individuos que utilizan cinturón revisten menor gravedad, son también menos frecuentes y tienen más pronta recuperación.

Esta zona corporal se compone de una parte rígida, constituida por las costillas, el esternón, clavículas y columna dorsal, junto a órganos como el corazón, los pulmones y los grandes vasos sanguíneos, que son estructuras mucho más sensibles a las alteraciones de la velocidad y cuya alteración puede provocar lesiones muy graves o incluso la muerte.

Además de la importancia de los daños producidos en el propio tórax, estas lesiones agravan las consecuencias de cualquier lesión neurológica que el accidente pudiera haber producido, ya que, como hemos visto, las lesiones torácicas pueden afectar a funciones tan relevantes como la respiración y la circulación sanguínea, produciendo deficiencias en el aporte de oxígeno al cerebro.

Otras lesiones torácicas, que en muchas ocasiones pasan desapercibidas y se diagnostican cuando ya la vida se encuentra en franco peligro, son las que se denominan lesiones torácicas cerradas, entre las cuales

destaca la rotura cardíaca, que provoca entre el 10 al 15% de las muertes en los accidentados por causa de tráfico, y los desgarros aórticos.

#### 5.1.4. LESIONES EN EL ABDOMEN:

El abdomen y la cadera se consideran la tercera zona más dañada en los accidentes de tráfico, y es una parte especialmente delicada para las mujeres, las personas obesas y las de talla baja. En estos dos últimos casos, el motivo parece estar en la propia distribución y propagación del golpe, así como también en muchos casos en la mala colocación de la banda abdominal del cinturón de seguridad.

El abdomen es como una cámara elástica que contiene diferentes órganos bañados en líquido, por lo que en un accidente se comporta según el Principio de Pascal. De este modo, una presión ejercida sobre cualquier punto se difunde con igual intensidad por el resto de la cavidad, aplicándose sobre todas las vísceras. En consecuencia, un golpe en una parte del abdomen puede también provocar daños en cualquiera de los órganos internos que en él se encuentren. Por otra parte, determinados órganos abdominales, como el hígado y el bazo, son grandes y se encuentran llenos de sangre, sin estructura rígida que los mantengan, lo que los hace extremadamente delicados y vulnerables. Por el contrario, los órganos huecos, como el estómago o los músculos abdominales pueden amortiguar en parte los impactos, no resultando en general tan dañados.

#### 5.1.5. LESIONES EN LOS MIEMBROS SUPERIORES E INFERIORES:

Las lesiones en estas regiones suelen consistir básicamente en la fractura de alguno de sus huesos (o varios), tales como el húmero, el cúbito o el radio, en los miembros superiores; y la pelvis, el coxis, el fémur, la rodilla, la tibia o el peroné, en los miembros inferiores.

### 5.2. LOS MECANISMOS LESIVOS SEGÚN EL TIPO DE ACCIDENTE

Según la dirección de impacto, los accidentes se clasifican en choques frontales, choques laterales, colisiones por alcance, vuelcos y atropellos.

Es importante tener en cuenta que, en el caso de un accidente de vehículo en el que éste colisione contra un obstáculo, se produce un primer impacto o impacto inicial, que es el del automóvil contra el objeto, sea éste fijo o móvil. El segundo impacto es el de los ocupantes contra alguna estructura interior del vehículo, caso de no salir despedidos, como puede ser el golpe

contra el volante cuando se trata de un choque frontal de un conductor no sujeto por cinturón de seguridad.

El tercer impacto es el de los órganos internos entre sí, como ocurre, por ejemplo, si, además del impacto del tórax contra el volante, se produce el impacto de la cabeza contra alguna estructura interna del vehículo (espejo retrovisor, parabrisas, marco metálico de separación de parabrisas y ventanilla, etc.).

Puede haber un cuarto impacto por la existencia de objetos no fijos en el interior del automóvil, que pueden golpear a sus ocupantes (recipientes situados en la bandeja, animales sueltos, pasajeros situados en los asientos traseros, etc.).

El impacto de los órganos internos entre sí tiene importancia para explicar la producción de lesiones. Si, por ejemplo, el encéfalo, que está contenido en el interior del cráneo, una estructura dura e inextensible, golpea tras una deceleración brusca, produciéndose el impacto de los lóbulos frontales, protegidos parcialmente por las meninges, contra la parte interna del hueso frontal, se podrán producir hematomas o focos contusitos frontales.

Pero si, además, consideramos que la zona occipital se ha visto sometida a un fenómeno de tracción tras el desplazamiento, que puede haber producido un desgarro de los vasos sanguíneos que unen el encéfalo con las meninges, se podrá producir también en el mismo accidente un hematoma subdural occipital o una hemorragia subaracnoidea a dicho nivel.

#### 5.2.1. CHOQUES FRONTALES:

En el caso de choque frontal suele producirse el desplazamiento de los ocupantes del vehículo hacia delante. Si no hacen uso del cinturón de seguridad, los ocupantes seguirán su trayectoria hasta que finalmente impacten contra algún obstáculo que frene su desplazamiento (salpicadero, parabrisas, etc) o saldrán proyectados hacia el exterior del vehículo (dependiendo de la fuerza del impacto).

Tras un choque frontal, el desplazamiento sufrido por los ocupantes haciendo uso del cinturón de seguridad sigue una de las dos formas posibles:

El desplazamiento hacia abajo y por debajo (es el llamado efecto de inmersión o efecto submarino). El conductor se escurre por debajo del cinturón de seguridad, hundiéndose sobre su propio asiento. Se produce un impacto inicial de las rodillas contra el salpicadero, pudiendo producirse fracturas

conminutas de rótula, fractura diafisaria a uno o más niveles de fémur, y posible fractura-luxación posterior de cadera, por rotura de la ceja posterior del cotilo (debe tenerse en cuenta la proximidad del nervio ciático a este nivel, que puede lesionarse).

Las lesiones en los pies suelen producirse bien por atrapamiento de éstos y de los tobillos contra los pedales, o bien por deformación brusca del panel metálico inclinado sobre el que reposan los pies, transmitiéndose una sobrecarga axial brusca con producción de fractura de metatarsianos, fracturas unimaleolares, bimaleolares o trimaleolares de tobillo, etc.

Tras el impacto inicial de los miembros inferiores contra el salpicadero, el tórax (y/o la cabeza) golpea contra el volante, pudiendo producirse fracturas costales, fracturas esternales y lesión de órganos internos intratorácicos (corazón, pulmones, grandes vasos, etc.), además de traumatismos craneoencefálicos.

En el desplazamiento tipo hacia arriba y por encima, el cuerpo tiende a salir en una dirección oblicua y hacia arriba, y la cabeza se golpea contra el parabrisas, el espejo retrovisor o el marco interno del parabrisas. La columna cervical absorbe la energía y, dependiendo de la posición del cuello, en mayor flexión o extensión, se podrán producir, además de fracturas craneales y lesiones encefálicas, lesiones cervicales de diverso tipo (fracturas luxaciones vertebrales, desgarró y rotura de ligamento longitudinal anterior, de ligamento interespinoso, etc.) que pueden condicionar lesiones inestables de columna y/o lesiones medulares altas.

Numerosos estudios han demostrado que la probabilidad de sobrevivir a un accidente saliendo proyectado fuera del vehículo es mucho menor que si se permanece dentro de él, lo que da muestra de la importancia de uso del cinturón de seguridad.

El airbag o bolsa de aire es un dispositivo que se activa al detectarse una deceleración de una determinada intensidad, antes de que el tórax del conductor haya comenzado a desplazarse hacia delante, impidiendo, por tanto, el contacto con el volante y aumentando aproximadamente entre un 7 y un 17% las posibilidades de supervivencia del conductor en caso de choque frontal.

#### 5.2.2. CHOQUES LATERALES:

En el caso de choque lateral, y a igual velocidad de impacto por el automóvil incidente, las lesiones son más graves que en el choque frontal, al estar más próximo el cuerpo del conductor al automóvil que impacta y/o a las estructuras internas de la puerta que es deformada, produciendo su intrusión y

golpeando directamente el hemitórax correspondiente al lado que ha sufrido el impacto.

Se suelen producir fracturas costales en el hemitórax con lesiones intratorácicas, fracturas de pelvis y lesiones craneoencefálicas debido a que el movimiento de la cabeza es mediante una inclinación lateral, tendiendo a acercarse al automóvil incidente –según la tercera ley de Newton-, pudiendo golpear la cabeza contra la ventanilla, el marco de la puerta o incluso el capó del automóvil que golpea.

Debe recordarse la asociación de lesiones, de forma que fracturas costales altas (de la primera a la tercera), al estar muy protegidas, indicarán un mecanismo de alta energía de impacto y pueden asociarse a lesión de grandes vasos intratorácicos. Las fracturas costales medias pueden producir contusión pulmonar, contusión miocárdica, etc. Las fracturas costales bajas (novena a décimo segunda) pueden producir rotura hepática en el lado derecho, rotura esplénica en el lado izquierdo o rotura diafragmática. Las estructuras circulares suelen partir a dos niveles (como ocurre al comprimir un aro de hula-hoop contra el suelo), por lo que deben buscarse fracturas a dos niveles en costillas, en pélvis, etc.

#### 5.2.3. COLISIÓN POR ALCANCE:

Este tipo de colisiones ocurre cuando un vehículo está detenido y es golpeado por detrás por otro vehículo, o bien mientras circula y es impactado por la parte trasera por otro que circula a mayor velocidad. Es un tipo de accidente muy frecuente y da lugar a más del 40% de las lesiones que se producen en el tráfico.

En el caso de un choque por alcance el cuerpo tiende a dirigirse hacia delante por transmisión de la energía del vehículo incidente al respaldo del asiento y a los ocupantes del automóvil alcanzado. Este desplazamiento solidario del asiento con el tronco no se ve acompañado del mismo movimiento en la cabeza que, debido a que tiene el centro de gravedad en una situación relativamente posterior, y a que tiende a retardar su movimiento respecto al del tronco, pivotaría hacia atrás sobre el cuello, produciendo una hiperextensión, lo que se podría evitar mediante el reposacabezas situado adecuadamente.

#### 5.2.4. VUELCO:

Si el ocupante de un automóvil que vuelca no está sujeto por el cinturón de seguridad, puede golpearse con cualquier parte del interior del vehículo. Pueden producirse lesiones en cráneo y cuello por impacto contra el techo, y

son frecuentes las lesiones en la columna vertebral, pudiendo producirse fracturas o luxaciones vertebrales.

Los equipos de asistencia médica a víctimas de accidentes que han sufrido un vuelco deben extremar las medidas de control de columna cervical y de inmovilización del resto de la columna, guardando un alto índice de sospecha de posibilidad de lesiones a este nivel.

El vuelco puede acompañarse de expulsión del vehículo, lo cual agrava enormemente el accidente, ya que la mortalidad de los ocupantes despedidos es de tres veces superior respecto a los que permanecen en el interior del vehículo.

En vuelcos de autobuses suele reproducirse de forma muy similar el mismo tipo de lesiones, según la posición que ocupan los viajeros y la dirección del vuelco, pudiendo afectar a cuello y hombro de un lado preferentemente, además de las lesiones sobre cabeza y columna vertebral, que son frecuentes.

#### 5.2.5. ATROPELLO:

En los atropellos, a igual velocidad, la energía liberada dependerá de la masa, siendo más grave, por tanto, el atropello por vehículos pesados que por vehículos más ligeros. Influye también la posibilidad de deformación de la estructura que golpea al peatón, de modo que los parachoques deformables, de materiales plásticos, son menos lesivos que los parachoques de automóviles antiguos, fabricados con metal.

El atropello puede producirse de cuatro formas diferentes:

a) El impacto de la parte más saliente del automóvil, generalmente el parachoques, contra las extremidades inferiores. Si existe frenada previa, suele descender unos centímetros el punto de impacto, que también vendrá determinado por la talla del peatón. Generalmente se producen fracturas, abiertas o cerradas, en los tobillos, tercio medio de pierna o en rodilla, así como fracturas de peroné.

b) Cuando la cadera se golpea contra el borde del capó, pivotando lateralmente la parte superior del cuerpo y pudiendo golpear el tórax contra el capó y el hombro y/o cabeza contra el parabrisas o el marco del parabrisas. En este caso las lesiones son más graves dada la rigidez de esta estructura.

c) Se produce por la caída al suelo del peatón. Este puede caer en posiciones atípicas, y como resultado sufrir fracturas y/o luxaciones articulares de diversos tipos.

d) Finalmente, el automóvil puede pasar por encima de la víctima produciéndose un tatuaje de los neumáticos sobre la piel y el aplastamiento de miembros o de otra parte del cuerpo, o arrastrarla, ocasionándole erosiones y quemaduras cutáneas por fricción, e incluso se puede producir tatuaje por impregnación de asfalto en la piel.

El factor más determinante de la gravedad en el atropello es la velocidad a la que tiene lugar. Generalmente, el atropello supone un impacto lateral para la víctima (en más del 90% de los casos). Los atropellos a baja velocidad y dando marcha atrás el vehículo (menos del 1%) suelen producir lesiones leves, pero que pueden resultar relativamente incapacitantes (fracturas de muñeca).

Las partes más frecuentemente dañadas en los atropellos son la cabeza y las extremidades inferiores. Las lesiones más normales son las fracturas craneales, fracturas de costillas, de esternón, hemotórax y neumotórax, contusiones en los pulmones y rotura de venas, fracturas de pelvis, fracturas de hueso largo, lesiones de rodilla y dislocación y/o fractura de tobillo/pie.

#### 5.2.6 ACCIDENTES DE MOTOCICLETA Y CICLOMOTOR

Merecen una consideración los accidentes de motocicleta y ciclomotor. Las lesiones principales consisten en contusiones, erosiones y fracturas de miembros inferiores, que pueden producirse por impacto directo contra otro vehículo en el momento del choque, por caída secundaria y golpe en el momento de deslizarse por el suelo o salir proyectado por el aire, o, en el caso de choque frontal contra un obstáculo fijo, al salir proyectado el conductor por el manillar, dado que el centro de gravedad de la moto suele estar situado algo detrás del eje delantero (en este tipo de impacto, la moto tiende a levantar la rueda delantera), por lo que el conductor golpea con ambos muslos sobre el manillar, pudiendo producirse fracturas diafisarias de ambos fémures.

Puede haber también fracturas de cuerpos vertebrales –a nivel dorsal principalmente-, con compromiso medular o no, por proyección por delante de la motocicleta al chocar contra un obstáculo.

Cuando se intenta pasar por un espacio estrecho (entre dos automóviles, por ejemplo), puede producirse una abducción forzada de caderas, con diastasis de sínfisis púbica y fractura pélvica o de fémur asociadas. Se han descrito fracturas de ambas clavículas por impacto del casco sobre ellas en caídas de motoristas.

Son también frecuentes las abrasiones y las heridas cutáneas por rozamiento y los desgarros amplios de piel con heridas profundas por impacto contra las barras de fijación de las barreras laterales en las carreteras.

Mención especial merecen los traumatismos craneoencefálicos y faciales en motoristas. Puede producirse también lesión encefálica grave (lesión axonal difusa) por un mecanismo de aceleración angular intensa sin existencia de fractura craneal.

El casco supone el mejor dispositivo de seguridad pasiva para motoristas, y reduciría la mortalidad y producción de lesiones graves en alrededor del 29% según L.Evans.

## **6.SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN DE LESIONES. ESCALAS DE GRAVEDAD, TIPOS Y APLICACIONES A LAS POLITICAS PUBLICAS.**

### **6.1.ESCALA AIS ( ABBREVIATED INJURY SCALE - ESCALA DE LESIONES ABREVIADA )**

En la UE se utilizan criterios diferentes para la calificación de los heridos por accidente de tráfico. Así, la DGT en la actualidad considera herido grave por accidente de tráfico, el que necesita estar hospitalizado por un tiempo superior a 24 horas. Dentro del plan de acción que ha diseñado la UE para reducir las lesiones graves por accidente de tráfico durante el período 2011-2020, se encuentra el de establecer una definición común, y desde un punto de vista médico de “lesión grave”. La DGT está impulsando en la UE el uso de la Escala AIS con esta finalidad.

La Escala AIS fue creada en 1974, y viene perfeccionándose desde entonces. Utiliza 7 regiones corporales (piel y tejidos blandos, cabeza y cara, cuello, tórax, región abdomino-pélvica, columna vertebral y extremidades), y dispone de 6 niveles de gravedad: 1 Menor, 2 Moderada, 3 Seria, 4 Grave, 5 Crítica, y 6 Máxima (un AIS de 0 sería “sin lesión”). La puntuación de la Escala de AIS es útil para la predicción de la supervivencia, estancia hospitalaria, incapacidad permanente, e incluso posibles repercusiones psicológicas (aunque este último punto es objeto de debate). AIS dispone de un diccionario de cerca de 2000 lesiones. ( ver figura 1 ).

Lo más característico de esta escala es que clasifica la lesión según su gravedad. La gravedad de una lesión se define aquí como un valor ordinal entre el 0 (no gravedad) y el 6 (máxima gravedad, prácticamente insuperable), y los valores intermedios reflejando gravedades intermedias. Cuando la gravedad no es conocida, se utiliza el valor 9. El valor de gravedad se otorga independientemente de que la victima haya fallecido o no. Es decir, el hecho de morir no significa que las lesiones tengan un AIS de gravedad de 6. Cada diagnostico (esto es, cada secuencia de 6 dígitos pre punto que describen la

lesión) solo puede tener un valor de gravedad, y este valor viene establecido por el consenso que se deriva del panel de expertos implicados en revisar la escala AIS periódicamente.

A continuación para hablar de otras escalas, se transcribirá lo contenido en el “estudio para la definición de contenido de los programas de formación de los equipos de investigación de accidentes en profundidad en el marco del proyecto europea DACOTA, 2011.”.

## 6.2.ESCALAS DERIVADAS DE LA ESCALA AIS

Para solucionar la limitación de la AIS en lo referente a la descripción de la gravedad del sujeto cuando éste presenta múltiples lesiones, surgió, también en la década de los 70, el **INJURY SEVERITY SCORE** (Baker y cols., 1974). Esta clasificación es la suma de los cuadrados de los 3 AIS más graves en 3 regiones corporales diferentes (y las regiones corporales definidas en este contexto son 6: cabeza y cuello, cara, tórax, contenidos abdominales y pélvicos, extremidades y cintura pélvica y, externa. El ISS es una escala ordinal que va de 0 (no gravedad) a 75 (cuando al menos uno de los tres AIS es 6 o cuando los tres tienen el valor 5), y que toma el valor 99 cuando la gravedad de cualquier lesión es desconocida (AIS=9). Por su estructura, el ISS presenta numerosos “vacíos” en el rango entre el 0 y el 75 (es decir, números que es imposible obtener, y que son el 7, 15, 23, 28, 31, 37, 39-40, 44, 46-47, 49, 52-53, 55-56, 58, 60-65 y 67-74) y debe tratarse como una escala ordinal (Stevenson y cols., 2001).

Una revisión en la década de los 90 de esta clasificación derivó en la propuesta del **New ISS (o NISS)** (Osler y cols., 1997), donde la única diferencia era que en lugar de utilizar los 3 AIS más graves de 3 regiones corporales diferentes se usase los 3 AIS más graves independientemente de la región corporal donde ocurriesen. El NISS es, por tanto, también una escala ordinal que presenta “vacíos” en el rango entre 0 y 75.

Tanto el ISS como el NISS correlacionan razonablemente bien con mortalidad, que es la única consecuencia para la que se desarrollaron (al contrario que ocurre con la AIS, que también quería indicar la posibilidad de discapacidad).

Aunque mucho menos utilizado en estudios de biomecánica, está el **ANATOMIC PROFILE (AP)** (Copes y cols., 1990), que es otra manera de combinar la información AIS y que produce una escala alfanumérica que va de la A a la D.

Tanto el AIS como sus derivados, el ISS y el NISS o el AP utilizan la descripción anatómica de la lesión como fundamento para definir la gravedad de la misma.

### 6.3.OTRAS ESCALAS DE VALORACION DE LESIONES UTILIZADAS EN EL ESTUDIO DE COLISIONES DE TRÁFICO

Existen otras escalas que en lugar de utilizar la descripción anatómica de la lesión como el AIS y sus derivadas, usan parámetros fisiológicos para definir la misma.

Tal vez la medida de este tipo más conocida sea la **GLASGOW COMA SCALE (GCS)** (Teasdale y Jennet, 1974), también propuesta en la década de los 70 e inicialmente diseñada para medir gravedad en pacientes con lesión cerebral de origen traumático, vascular o infeccioso. Esta escala es un valor ordinal numérico que oscila entre 3 (coma profundo) y 15 (estado de vigilancia norma) y que se deriva tras sumar la puntuación obtenida en tres dimensiones: respuesta motora (1 si no hay ninguna respuesta, 2 si hay extensión al dolor, 3 si hay flexión al dolor, 4 si se produce retirada, 5 si se localiza el dolor y 6 si se obedecen las órdenes), respuesta verbal (1 si no hay respuesta, 2 si los sonidos son incomprensible, 3 si las palabras son inapropiadas, 4 si la respuesta es confusa y 5 si el paciente está orientado), y apertura de ojos (1 si no hay apertura, 2 si hay apertura en respuesta a un estímulo doloroso, 3 si se abren los ojos siguiendo instrucciones y 4 si los ojos se abren espontáneamente). Pese a lo extenso de su uso, lo cierto es que hoy en día no se puede calcular debidamente en un porcentaje alto de pacientes debido al uso frecuente de la intubación y fármacos relajantes incluso durante la asistencia sanitaria pre-hospitalaria, lo que impide la valoración adecuada de los sujetos.

Otras escalas utilizan otros parámetros fisiológicos como la frecuencia cardiaca, la presión arterial sistólica o la frecuencia respiratoria del sujeto, bien en el lugar del accidente, bien camino del hospital o durante su tratamiento en éste. Por ejemplo,

- el **REVISED TRAUMA SCORE (RTS)** (Champion y cols., 1989), que combina el GCS, la frecuencia respiratoria y la presión arterial.
- el **TRAUMA AND INJURY SEVERITY SCORE (TRISS)** (Boyd y cols., 1987) que combina el RTS con el tipo de mecanismo lesional (según sea penetrante o no (los accidentes de tráfico se consideran mecanismos no penetrantes), la edad y el ISS para producir un estimador de la probabilidad de muerte del paciente.

En general, como el cálculo de estas escalas requiere acceso a información sanitaria muy detallada, no es común encontrarlas en estudios de biomecánica, tal vez con la excepción de estudios que provienen de colaboraciones muy estrechas entre equipos sanitarios y de ingenieros como el caso del sistema americano CIREN.

Una limitación o complicación adicional para estas clasificaciones que definen gravedad con parámetros fisiológicos, es que las condiciones fisiológicas de las víctimas cambian a lo largo del tiempo. Por ejemplo, un paciente puede tener una presión arterial sistólica determinada justo tras el accidente, otra durante el traslado al hospital, otra a su llegada al Servicio de Urgencias y otra a la semana del accidente. Esto hace que, además de

seleccionar qué medida queremos utilizar, tengamos que definir en qué momento del tiempo la queremos medir para poder tener datos comparables entre sí.

Regresando a medidas de gravedad basadas en descripciones más accesibles, introduciremos aquí otras clasificaciones:

- la INTERNATIONAL CLASSIFICATION OF INJURIES SEVERITY SYSTEM (ICISS) (Osler y cols., 1996),
- el HARBORVIEW ASSESMENT FOR RISK OF MORTALITY SCORE (HARM) (Al West y cols., 2000)
- y la medida de gravedad para valores de AIS propuesta por Martin y Eppinger (2003).

## FIGURAS

FIGURA 1 ( Revista de Tráfico y Seguridad Vial 220/2013)

