

## ACCIDENTOLOGÍA VIAL: ELEMENTOS DE ESTUDIO FORENSE

### ACCIDENTOLOGÍA VIAL. Definición

La Accidentología vial se ocupa del estudio integral de los accidentes de tránsito.

Esta disciplina nace en nuestro país en el año 1967, a partir de la inquietud del Ingeniero Bottaro López, cuando se dictan los primeros cursos de Accidentología Vial dentro del Cuerpo de Camineros de la Policía de la Provincia de Buenos Aires.

### ACCIDENTOLOGÍA VIAL. Alcances

La Accidentología vial es multidisciplinaria por la complejidad del hecho estudiado, en el cual intervienen tres grandes factores con incontables variables; estos factores son: humano, ambiental y vehicular, que si bien por una cuestión de orden metodológico se estudian por separado, se encuentran íntimamente relacionados.

¿Qué componentes de esos tres factores estudia el Perito en accidentología vial que integren la mecánica del hecho?

- Sentidos de circulación previa.
- Maniobras previas inmediatas a la colisión (tácticas evasivas).

- Área de conflicto.
- Zona de impacto sobre la calzada.
- Punto de impacto sobre la calzada.
- Punto de desenganche sobre la calzada.
- Trayectorias post impacto.
- Posiciones finales.
- Distancia de reacción.
- Invasiones de mano.
- Carácter participativo (embestidor - embestido).
- Velocidad de circulación previa (al momento del impacto y post impacto).

Entre los vehículos se establece:

- La zona de contacto inicial.
- Máximo enganche.
- Desenganche.
- Colisiones reflejas.
- Tipo de deformaciones.
- Elementos de seguridad activa y pasiva.

Sobre los tacógrafos:

- Velocidad de circulación al momento de la colisión.
- Tiempo de paradas.
- Velocidades máximas y mínimas desarrolladas.
- Distancias recorridas.
- Estudio de lámparas.
- Estudio de neumáticos.

En la década del 30, del siglo pasado, un estudio realizado por Simonín, sobre la etiología más

*Luis Alberto Bosio,  
Roberto Víctor Cohen y  
Norberto López Ramos\**

\* Cuerpo Médico Forense de la Justicia Nacional.

común de los accidentes provocados por automotores, sigue hoy vigente. Las causas más comunes las agrupa en: causas imputables al conductor, causas imputables a la víctima, causas imputables al vehículo, causas imputables a la ruta y causas imputables a condiciones meteorológicas. (13)

### **1. Causas imputables al conductor.**

- Imprudencia, impericia y/o negligencia.
- Exceso de velocidad y temeridad en la conducción (“Temibilidad sistemática”).
- Fatiga, sueño, ebriedad o consumo de hipnóticos y estimulantes.

### **2. Causas imputables a la víctima.**

- Sorpresa por distracción.
- Menor de edad o edades avanzadas.
- Deficiencia de visión o audición.
- Síndrome vertiginoso por vasculopatías.
- Encandilamiento.
- Falta de conocimiento de las normas de tránsito.
- Ebriedad.

### **3. Causas imputables al vehículo.**

- Ruptura de la barra de dirección o desprendimiento del volante.
- Falla del frenado.
- Desprendimiento de una rueda, aro, taza.
- Reventón de un neumático.
- Desprendimiento de la palanca de cambios, ruptura de los discos de embrague.
- Falta de funcionamiento de los limpiaparabrisas.
- Deformación de los paragolpes.
- Ausencia de espejos retrovisores.

- Mal funcionamiento de las luces, especialmente de las de giro o de stop.
- Uso indebido de las luces altas provocando encandilamiento.
- Fallas en la combustión con desprendimientos de gases tóxicos en el interior del hábitat del vehículo.
- Incendios por pérdidas o explosión del tanque de combustible.
- Estacionamiento inadecuado del vehículo.

### **4. Causas imputables a la ruta.**

- Ruta resbaladiza por llovizna, escarcha o manchas de aceite.
- Sorpresivos e ignorados cambios de dirección.
- Pasos a nivel sin barreras o señalación.
- Cambios de los señalamientos o cambio de los mismos.
- Cambios de mano no anunciados.
- Cruces múltiples de rutas.

### **5. Causas imputables a condiciones meteorológicas.**

- Noche muy oscura.
- Crepúsculo.
- Lluvia intensa.
- Luz solar muy intensa.
- Frío o calor intenso.
- Neblina.
- Granizo intenso.
- Nieve.

Durante el año 2007, la estadística recogida por el CESVI (Centro de Estudios sobre Seguridad Vial), respecto de las fallas vehiculares más comunes que generan colisiones, incluyen 41% fallas de iluminación, 16% frenos deficientes, 5% reventón de cubiertas y el resto de las causas vehiculares conforman un 38% en total.

Estos porcentajes parecerían jus-

tificar el porqué de los incidentes, pero es el mismo Centro de Estudios quien aclara que el factor vehicular para el año 2007 ha sido solo el responsable del 5% del total de colisiones. Otro 5% lo ocupa el factor externo (infraestructura y clima), y el 90% es responsabilidad del factor humano.

### **TRAUMA. Definición**

Desde el punto de vista medico-legal, la Accidentología vial se relaciona con el Trauma, donde el perito médico estudia las distintas modalidades accidentológicas, a fin de correlacionar las lesiones en el cuerpo y en la salud con los tres factores productores de accidentes ya mencionados (Humano, ambiental y vehicular).

Se define al Trauma como el daño intencional o no intencional causado al organismo por brusca exposición a fuentes o concentraciones de energía: mecánica, química, térmica o radiante que sobrepasan su margen de tolerancia. O factores que interfieren con intercambios de energía en el organismo como la ausencia de elementos esenciales para la vida: el calor y el oxígeno. (12)

### **TRAUMA EN EL MUNDO**

- Tercera causa de muerte en todas las edades.
- Primera causa de muerte de 1 a 45 años.
- Responsable de la muerte de 3 de cada 4 adolescentes de 15 a 24 años.
- Responsable de la muerte de 2 de cada 3 adultos jóvenes de 25 a 35 años. (13)

### **EL TÉRMINO ACCIDENTE**

Se define accidente como un suceso imprevisto, en general desgraciado, que altera la marcha normal de las cosas. Se asocia al: Azar y fatalidad, al error humano, al destino y designio divino.

Desde el año 2004, la literatura Emergentológica mundial está intentando reemplazar el término accidente. El reemplazo del término es la manera más clara de decir que estos eventos no ocurren por azar.

Accidente se reemplaza por Lesión No Intencional, y Accidente de tránsito por Colisión de vehículo de motor.

...*“Mi problema con la palabra accidente es que implica que el azar, juega un papel mayor en la causa de estos eventos. Esto sugiere que las colisiones que involucran vehículos a motor ocurren en una base aleatoria y entonces son impredecibles por completo y por lo tanto no prevenibles”*. Galen Poole. (10)

### **LESIÓN NO INTENCIONAL. Definición**

Una lesión no intencional (ex-accidente) es la consecuencia de una cadena causal de eventos y circunstancias en la que el sujeto siempre puede intervenir para evitarla o mitigar sus consecuencias.

### **CAUSALES DE MUERTE POR COLISIÓN DE VEHÍCULOS DE MOTOR**

El estudio lesionológico y tana-tológico en la última década en nuestro país, es coincidente con las observaciones de otros países

americanos y europeos, en cuanto a las causales de muerte en colisiones de vehículos de motor, siendo las tres causas principales: el exceso de velocidad, el incumplimiento de las normas de tránsito y el consumo de drogas y alcohol en ese orden.

Al referirnos al exceso de velocidad, debemos remarcar que se trata de las velocidades permitidas por ley respecto de cada lugar del hecho, debiendo tener en cuenta que para la producción de lesiones corporales, el límite que marca baja o alta velocidad se ubica en los 40 km por hora, que es el equivalente a una caída libre desde un cuarto piso (12 a 15 metros). En relación al incumplimiento de las normas de tránsito, el mayor porcentaje de hechos mortales se relacionan con la falta de utilización de cinturones de seguridad, tanto en conductor como en acompañantes delanteros y traseros. Respecto del consumo de drogas y alcohol, la Ley Argentina (Ley 24449/94) prohíbe conducir vehículos con alcoholemias iguales o superiores a 50 mg % en sangre o 0,5 gr por litro, límite en el cual los efectos tóxicos comienzan siendo estimulantes por inhibición de los centros inhibidores para transformarse en depresores del Sistema Nervioso Central a medida que aumenta la concentración en sangre.

Por lo expuesto, puede afirmarse de las estadísticas de investigación accidentológica vial que solo 5% de las colisiones pueden atribuirse a factores técnicos vehiculares. El 90% de todos los eventos se debe a fallas humanas, tal como ya fuera expuesto.

### **MODALIDAD TRAUMÁTICA. Conceptos básicos de física y biomecánica de las lesiones.**

El término Modalidad traumática en Accidentología puede encontrarse en la literatura como sinónimo de Biomecánica del Trauma o Cinemática del Trauma. Se rige por cuatro Leyes, descriptas por Newton, y que a la hora del análisis técnico deben ser tenidas en cuenta por los especialistas, a saber:

- La energía no es creada ni destruida, sino que cambia de formas.
- Un cuerpo en movimiento o reposo tiende a permanecer en ese estado hasta que una fuerza externa actúa sobre él.
- La energía cinética (KE) es igual a la masa (M) del objeto en movimiento multiplicada por la velocidad al cuadrado y dividida entre dos.

$$KE = (M \times V^2) / 2$$

- La fuerza (F) es igual a la masa por el tiempo de desaceleración (aceleración) y la masa por la distancia (d).

$$M \times d = F = M \times V$$

La lesión dependerá de la velocidad y la cantidad de energía transmitida, el área de superficie sobre la cual la energía es aplicada, y las propiedades elásticas de los tejidos sobre los cuales se transfiere la energía aplicada. (1)

La **aceleración** (A) es el cambio de velocidad con respecto al tiempo. Esto se expresa en pies por segundo o metros por segundo. La aceleración de un objeto que cae hacia la tierra es de 32.17 pies (9.65 m) por segundo, si no hay fuerzas que actúen en la dirección opuesta.

La **fuerza** (F) es la tracción o el empuje de un objeto contra otro, aunque no necesariamente tiene que estar en contacto. Fuerza es la aceleración o cambio del estado de movimiento, que un objeto transmite a una masa dada. El peso es un ejemplo de una fuerza específica. Una carga se refiere a la fuerza aplicada a un cuerpo o estructura. El Newton ( $1 \text{ kg} \times \text{m}^{-1} \times \text{seg}^{-2}$ ) o dina ( $1 \text{ g} \times \text{cm}^{-1} \times \text{seg}^{-2}$ ) son las unidades utilizadas para describir la fuerza.

La **masa** (M) se refiere a la inercia de la materia, que es la propiedad de ésta de resistirse a un cambio en su estado de movimiento. A mayor masa, mayor inercia. La masa no debe ser confundida con la fuerza o el peso y solo describe la cantidad de material.

La **tensión** es definida como la deformación interna o cambio de dimensión como resultado de una fuerza.

El **estrés** puede ser considerado la resistencia interna (o fuerzas opuestas) que resiste la deformación de un cuerpo. Si la fuerza externa excede a la fuerza interna que resiste a la deformación se pierde el equilibrio. El estrés se expresa como fuerza por unidad de superficie (Newton  $\times \text{m}^{-2}$  o libras  $\times \text{in}^{-2}$ ).

El **peso** se describe como la velocidad a la que un cuerpo es atraído hacia el centro de un cuerpo gravitacional, como es la tierra. Como se puede observar, una persona que está de pie sobre el suelo no es acelerada hacia el centro de la tierra, ya que una fuerza opuesta (el piso) mantiene a la persona de pie. Esta fuerza en dirección opuesta es lo que se denomina peso.

La **velocidad** es el cambio de distancia con respecto al tiempo, por ejemplo, millas o kilómetros por hora, pies por segundo, etc.

La transferencia de energía puede considerarse como una onda de choque (idéntica a una onda sonora) que se mueve a varias velocidades a través de diferentes medios. La energía es llevada al frente de la onda y concentrada en un espacio pequeño. Si se considera la propagación de esta onda de choque en un medio elástico como es el tejido humano, el estrés transmitido al tejido dependerá de: 1. la velocidad de las partículas de la materia que inician la onda de choque, 2. la velocidad de las ondas en el material y 3. la densidad de la masa del material. Esta teoría es válida para cualquier onda, ya sean ondas sonoras, las ondas de la presión arterial o la onda producida en el tejido hepático o la cortical del hueso, al sufrir el impacto contra un objeto resultando en la transmisión de energía. Ya que la densidad de la masa y la velocidad del sonido en cualquier tejido son constantes, el nivel de estrés en el tejido en el momento del impacto es controlado por la velocidad de las partículas del material del tejido y es directamente proporcional a él. Si la velocidad excede el nivel de tolerancia del tejido, entonces ocurre la disrupción produciéndose la lesión.

Si consideramos la propagación de estas ondas de choque a través de los tejidos, es fácil entender que la lesión muy probablemente se produce en los límites en donde los diferentes tejidos hacen contacto en las interfaces de los tejidos y el aire. El estrés inducido en estas áreas por compresión y reexpansión pueden producir diferencias de presión entre los límites. Las

ondas de choque liberan energía durante su propagación de tejidos más densos a tejidos menos densos. Considerando que una onda de choque viaja a 500 m/seg y que el sonido viaja a 3500 m/seg en el hueso y a 30 m/seg en el parénquima pulmonar, la onda de choque es relativamente lenta con respecto a la velocidad del sonido en el hueso, pero es 15 veces más rápida que las ondas sonoras en el parénquima pulmonar. Tal estrés es el responsable de la hemorragia, edema, o disrupción del parénquima pulmonar cuando éste es sujeto a una onda de choque, sin embargo produce poco daño a la corteza ósea.

Para un objeto en movimiento que pierde velocidad, su energía del movimiento debe ser transmitida a otro objeto de lo contrario la energía cambia a otra forma. La transferencia directa de energía ocurre cuando las células de cuerpo humano son puestas en movimiento alejándolas directamente del sitio del impacto. El movimiento rápido de las partículas tisulares alejándose del sitio del impacto produce daño por compresión tisular, lo que también ocurre a distancia del punto de impacto inicial a medida que la onda de choque progresa y la cavidad se expande.

Estos mismos principios se aplican independientemente de que ocurra o no penetración en la piel. La evaluación en la extensión de una lesión es más difícil de realizar cuando no existe penetración o disrupción de la piel que cuando existe una herida abierta. El golpe dado con un bate de béisbol, con la misma fuerza, a un cilindro metálico hueco y a uno de hule, con la misma fuerza, transmite la misma cantidad de energía; aun así el efecto de la energía transmitida

se hace aparente en uno (metal) y no en el otro (hule). Un puñetazo dado en el abdomen de la víctima puede hundirse en forma considerable, sin embargo no queda una depresión visible después de que es retirado el puño. Ante la ausencia de fractura o destrucción tisular, el grado de lesión no puede ser determinado mediante una simple inspección del tejido siendo de gran importancia el obtener la historia del evento que causó la lesión. La cavidad que puede verse después de ocurrido el impacto se denomina cavidad permanente y la que no es visible es referida como la cavidad temporal. Bajo ciertas consideraciones, las propiedades elásticas de los tejidos contribuyen al tamaño de la cavitación, como en el ejemplo de los cilindros, pero esas propiedades elásticas juegan un papel más importante en el tamaño de la cavidad permanente que en la cavidad temporal.

Otro factor a considerar cuando se determina el mecanismo de la lesiones el estado físico del tejido cuando le es aplicada la energía. Un ejemplo es lo que ocurre al puncionar con una aguja un guante quirúrgico estirado en forma longitudinal u otro que está inflado a tensión; uno explota, mientras en el otro sólo se produce un pequeño agujero. Esto se debe a que los polímeros trenzados del guante inflado están bajo estrés triaxial o máxima resistencia y las cadenas de estos polímeros se encuentran estiradas en todas direcciones en el sitio de la punción y se rompen cuando son puncionadas con la aguja. Las cadenas del globo estirado longitudinalmente se encuentran bajo estrés uniaxial por lo que solo esas cadenas sufren disrupción. Frecuentemente existe dificultad para cortar una sutura con tijeras romas a menos que la

sutura se mantenga a tensión. La fuerza que se aplica a la sutura floja es solamente la que efectúan las hojas de la tijera, mientras que la fuerza aplicada en la sutura estirada es la suma del estrés inicial más la fuerza de las hojas de la tijera. Con este ejemplo pueden venir a la mente multitud de ejemplos clínicos: la sutura puede ser comparada con los vasos sanguíneos o los ligamentos. Muchos órganos como el corazón, el hígado y la vejiga son sujetos a fuerzas multiaxiales, lo que contribuye a que ocurran las lesiones por estallamiento que se observan en la práctica clínica.

Teniendo en cuenta los conceptos que nos aporta la Física, podemos establecer la siguiente ecuación: “La distancia de detención será igual a la distancia de reacción, más la distancia de frenado”. (ISEV, Instituto de Seguridad y Educación Vial). De cual surge que a los fines de establecer las distancias necesarias para el frenado, es indispensable conocer las condiciones de los tres factores capaces de modificar el producto (vehicular, ambiental y humano).

En tal sentido, tomando una velocidad constante de 120 km por hora, un vehículo que circula con luz de día, sin desperfectos técnicos ni alteraciones físicas en el conductor, necesitará 33 metros para la reacción y 71 metros para el frenado: total 104 metros. Pero las condiciones pueden variar, y es así que con un conductor cansado el tiempo de reacción se duplica pasando de 33 metros a 66 necesarios para frenar: total 137 metros. Pero la confianza del conductor, que asume que se encuentra en condiciones físicas de manejo en un vehículo con deterioro no controlado empeora

las distancias necesarias para frenado. Por ejemplo con neumáticos gastados, a 120 km por hora la distancia de frenado asciende de 71 metros a 126 metros, siendo la distancia total necesaria para detener el vehículo de 159 metros. Las peores condiciones a tener en cuenta incluyen que al conductor cansado se le sumen problemas vehiculares de frenos deficientes, neumáticos gastados y suelo mojado, siendo la distancia necesaria de frenado de 255 metros y la de reacción 66 metros; total para la detención: 321 metros.

#### **MODALIDAD TRAUMÁTICA. Clasificación lesionológica**

Las lesiones se clasifican en abiertas o cerradas; y asimismo las lesiones abiertas pueden ser penetrantes o no penetrantes.

La importancia de diagnosticar si la injuria es penetrante o no residen en dos axiomas utilizados en la atención prehospitalaria del trauma, que tiene que ver con el pronóstico de las lesiones y su resolución: “en trauma todo lo que entra en el prehospitalario, sale en el intrahospitalario”, refiriéndose a objetos empalados, y “en trauma todo lo que sale en el prehospitalario, entra en el intrahospitalario”, refiriéndose a las evisceraciones y fracturas de huesos largos expuestos. (4)

Otra forma de clasificar las lesiones, desde una visión jurídica se relaciona a la intencionalidad. Los traumatismos intencionales pueden ser de tres tipos: suicidios, homicidios u otros tipos de violencia, entre los cuales se encuentran los accidentes. Los traumatismos no intencionales se clasifican en: re-creativos, domésticos, escolares,

laborales, caídas por vehículos de motor. (5)

Es de destacar que no siempre todas las lesiones producidas por una colisión de vehículos de motor o sobre un peatón, son evidentes y visibles, entrando aquí el concepto de lesiones ocultas. O sea aquellas lesiones que no se diagnostican durante el rescate y atención inicial de las víctimas.

En relación a las lesiones ocultas:

- 5 % a 15 % de los traumas tienen lesiones ocultas.
- 50 % de las lesiones ocultas son causales de muerte.
- 80 % se presentan en pacientes inconscientes por compromiso encefalocraneano o drogas.
- 20 % de las lesiones ocultas se dan en áreas distintas a las detectadas.
- 70 % de las lesiones ocultas se dan en las mismas áreas ya detectadas.
- 10 % no se observan, por interrupción de exámenes complementarios en pacientes inestables.

El estudio de las lesiones ocultas en Accidentología vial es un capítulo de investigación tanatológica, que se desarrolla en la sala de autopsias en caso de fallecimiento del involucrado, y en caso de sobrevivencia es materia de estudio durante la rehabilitación del paciente, generando muchas veces conflictos de responsabilidad profesional contra los equipos médicos tratantes y las compañías aseguradoras.

Respecto del impacto vehicular hay una interacción entre vehículo-ocupante, pudiendo producirse cuatro tipos de impacto: impacto frontal, lateral, posterior y/o combinado, este último se puede acompañar

de vuelco con o sin expulsión de alguno de los ocupantes.

Cuando se produce una colisión debe tenerse en cuenta el efecto “cuatro en uno” de la colisión, ya que no solamente el choque es el contacto entre el vehículo con un objeto fijo o móvil sino que hay un segundo choque: ocupante contra el vehículo, un tercer impacto: los órganos internos contra el cuerpo y por último un cuarto impacto: los objetos sueltos que viajan en la cabina contra el cuerpo.

El análisis del efecto cuatro en uno, es lo que muchas veces permite explicar por ejemplo: hemorragias internas en zonas que no han tenido contacto con la carrocería vehicular; desgarros de órganos macizos y estallidos de vísceras huecas que nunca sufrieron la presión del impacto, pero que no pudieron evitar el efecto de la desaceleración brusca; o lo difícil de explicar para el perito cuando habiéndose activado las bolsas de aire y sin observar deformación de la cabina vehicular el conductor presenta un traumatismo de cráneo con o sin pérdida de la conciencia, producto del golpe contra objetos sueltos en el habitáculo como por ejemplo teléfonos celulares, llaveros, carteras o portafolios, etc.

## FASES DEL ATROPELLAMIENTO

La Medicina Legal tradicional, desde hace casi un siglo, intenta explicar en los peatones atropellados la cinemática del trauma en Accidentología vial mediante la evaluación externa de las áreas corporales involucradas. Fue un italiano, Piga, quien realizó la primera descripción mediante fases o componentes, de la posible manera en que el peatón pudo haber sido embestido,



y luego, mediante el estudio de las lesiones internas ha intentado establecer una relación de causalidad entre lesión y velocidad al momento del impacto, teniendo en cuenta las resistencias de los órganos y tejidos humanos.

Los cuatro componentes de Piga son: choque, caída, aplastamiento y arrastre. Pudiendo presentarse en forma única o combinada las cuatro fases (Figura 1). De su análisis surge que hay una relación directa entre velocidad y puntos de contacto corporal: a mayor velocidad, son en general menos los puntos de contacto, no faltando nunca el punto de choque, pudiendo estar ausentes el aplastamiento y arrastre, ya que el cuerpo fijo del peatón es arrojado hacia delante o hacia los laterales del vehículo, produciéndose la caída y las lesiones externas e internas al ser vencidos los puntos de resistencia de los tejidos corporales.

El trabajo en bancos de prueba con muñecos antropomórficos sensorizados (crush dummies) ha permitido demostrar una relación directa entre la presencia de caída y aplastamiento con la baja velocidad y con la relación altura vehicular en el punto de impacto y características de la víctima, ya que con bajas velocidades: ha menor peso y altura hay mayor posibilidad de que se produzca aplastamiento y arrastre.

El análisis de las fases del atropellamiento de Piga permite en muchas ocasiones determinar en la reconstrucción del hecho si al momento del impacto, el vehículo de motor se encontraba en situación de frenado o no, al relacionar las lesiones corporales externas con la altura de las áreas deformadas de la carrocería (paragolpes,

guardabarros, capot, tapa de baúl, parabrisas, etc.).

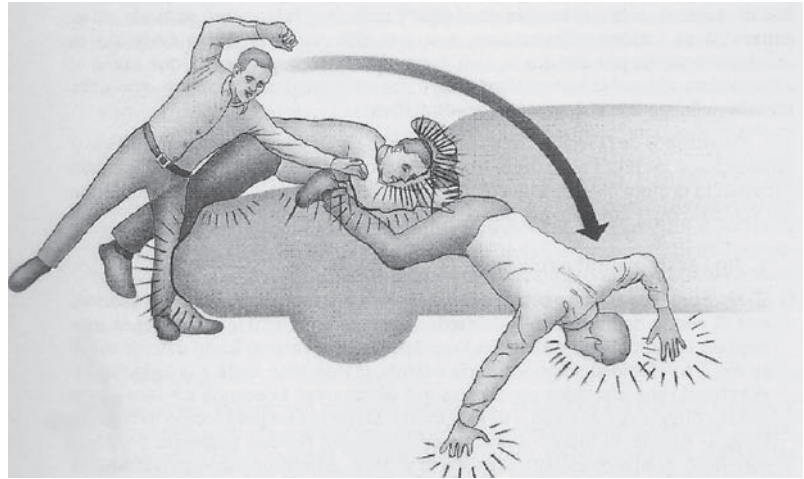


Figura 1

Fases del atropellamiento en peatón adulto.

(Tomado de American College of Surgeons, Committee on Trauma).

## LESIONES SEGÚN EL TIPO DE IMPACTO

Colisión del ocupante.

**a. Impacto frontal.** Se define como un impacto frontal a la colisión del vehículo contra un objeto de frente, lo que hace que súbitamente reduzca su velocidad. Consideremos dos vehículos idénticos viajando a la misma velocidad y en donde cada uno de ellos tiene la misma energía cinética  $KE = (M \times V^2) / 2$ , y uno de ellos se impacta contra un puente de concreto mientras que en el otro sus frenos lo detienen. El vehículo que logra enfrenar pierde la misma cantidad de energía que el vehículo impactado, pero en un periodo de tiempo mayor. La primera ley de la energía establece que la energía no puede ser creada o destruida por lo tanto esta energía debe ser transformada y en el caso es absorbida por el carro impactado y sus ocupantes. En el carro que logra enfrenar existe la misma cantidad total de energía aplicada pero ésta se distribuye en una amplia variedad de superficies (por ejem-

plo: fricción en el asiento, el pie en el piso, los frenos de la llanta, la superficie entre las llantas y el piso, las manos en el volante) en un mayor período de tiempo.

El ocupante de un vehículo que sufre un impacto, sin ir sujeto por el cinturón de seguridad experimenta una situación semejante a la del vehículo que lo transporta. Cuando ocurre la colisión que provoca una parada súbita del vehículo, el pasajero continúa en movimiento hacia delante a la misma velocidad del vehículo, hasta que súbitamente algo detiene su movimiento, por ejemplo, el volante, el tablero del automóvil, el parabrisas o el piso si el pasajero es arrojado fuera. Esta energía cinética es transformada en ondas de choque que los tejidos absorberán y esto es equivalente al producto de la masa por el cambio en aceleración/desaceleración con respecto al intervalo de tiempo.

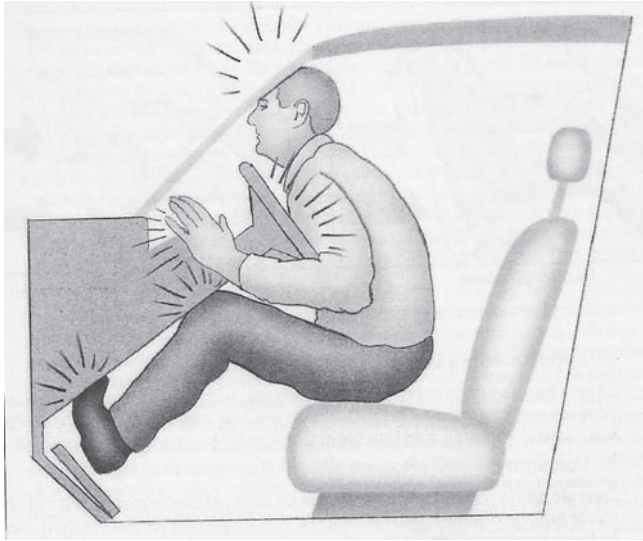
En el momento del impacto, el paciente puede seguir una dirección hacia abajo (y por debajo) siendo las extremidades inferiores su primer punto de impacto y las rodillas o los pies son los que reciben el intercambio inicial de energía. El movimiento del torso hacia adelante teniendo apoyo sobre las extremidades puede dar lugar a:

1. Fractura - luxación del tobillo.
2. Luxación de la rodilla cuando el fémur pasa sobre la tibia y el peroné.
3. Fractura de fémur.
4. Luxación posterior del acetábulo cuando la pelvis pasa sobre la cabeza del fémur.

El segundo componente de este movimiento hacia abajo (y por debajo), es la rotación del torso hacia adelante contra el eje del volante o el tablero. Si la estructura del asiento y la posición del paciente

es tal que la cabeza del paciente se convierte en el punto direccional, el cráneo se impactará contra el parabrisas o el marco alrededor del parabrisas. La columna cervical absorbe algo de la energía inicial mientras que el tórax y el abdomen absorben la energía del golpe contra la columna del volante o el tablero. Dependiendo de la posición de la cabeza durante el impacto, la transferencia de energía puede producir una fuerza directa o dividirse, al tejido cerebral, fuerza de rotación, flexión o extensión a la columna cervical, así como fuerzas compresivas directas hacia las estructuras faciales. También pueden ocurrir laceraciones en los tejidos blandos causados por fragmentos desprendidos del vehículo (Figura 2).

**b. Impacto lateral.** Se define como impacto lateral a la colisión contra un lado del vehículo acelerando al ocupante lejos del punto de impacto (aceleración opuesta a la desaceleración). Después del impacto frontal, este tipo de impacto ocupa el segundo lugar, en frecuencia. Como resultado de un impacto lateral ocurren lesiones con una mortalidad de 31% en colisiones automovilísticas. Es interesante que más del 75% de las víctimas de impactos laterales tiene más de 50 años mientras que sólo el 25% de las víctimas de impactos frontales tienen más de 50 años. Muchas de las lesiones son semejantes a las que ocurren en el impacto frontal, además de que ocurren lesiones en el torso y la pelvis. Las lesiones internas están relacionadas con el lado en que la fuerza fue aplicada, la posición del ocupante (conductor o compañero), la fuerza del impacto y el tiempo sobre el cual la fuerza fue aplicada (intrusión del pasajero de la cabina). El conductor golpeado



*Figura 2*  
*Impacto frontal en conductor sin sujeción.*  
*(Tomado de American College of*  
*Surgeons, Committee on Trauma).*

en el lado izquierdo se encuentra en mayor riesgo de lesiones de ese lado, incluyendo fracturas costales, lesiones pulmonares izquierdas, lesiones esplénicas, fracturas del lado izquierdo incluyendo fracturas pélvicas por compresión. Un pasajero golpeado en el lado derecho puede sufrir de lesiones esqueléticas y torácicas similares en el lado derecho, siendo frecuentes las lesiones hepáticas y renales.

En los impactos laterales, la cabeza actúa como una gran masa provocando que el cuello se doble lateralmente en el momento que el torso es desplazado separándolo del lado de la colisión. Por lo tanto los mecanismos de lesión envuelven una variedad de fuerzas específicas que incluyen separación, rotación, compresión lateral, y distracción. Cuando ocurre una rotación y un impulso rotativo suficientes, puede ocurrir avulsión de las raíces nerviosas y lesión del plexo braquial. El médico tratante debe considerar las fuerzas de aceleración y desaceleración y las

condiciones anatómicas laterales al examinar al paciente.

**c. Impacto posterior.** El impacto posterior representa un tipo diferente de biomecánica. Comúnmente este tipo de impactos ocurre estando el vehículo completamente detenido y es golpeado por otro vehículo en su parte posterior. En el momento en que recoge la energía del vehículo que lo está golpeando en la parte posterior, el vehículo y su ocupante se desplazan hacia adelante. Dada la posición del pasajero con la espalda sobre el asiento, el torso es acelerado hacia adelante junto con el automóvil. Frecuentemente la cabeza del ocupante no es acelerada con el resto del cuerpo, ya que generalmente el respaldo de la cabeza o apoya cabezas no está elevado; el cuerpo acelera y la cabeza no lo hace, lo que resulta en una hiperextensión del cuello. Tal hiperextensión produce un estiramiento de las estructuras que soportan el cuello, produciendo una lesión de "latigazo" o whiplash

en las estructuras cervicales. (Figura 3).

Pueden ocurrir fracturas de los elementos posteriores de la columna cervical como son las roturas laminares, de los pedículos, de los procesos espinosos, y son distribuidas a través de todas las vértebras cervicales. Son comunes las fracturas a diferentes niveles y generalmente se deben a contacto óseo directo. También puede ocurrir un impacto frontal después de que el vehículo es puesto en movimiento por la colisión posterior. No debe olvidarse que el 15% de las lesiones óseas de la columna cervical se asocian con otra fractura de columna a otro nivel. (7)

interior del compartimento del pasajero. Las lesiones pueden ser predecidas observando el punto de impacto sobre la piel del paciente. La regla general es que este tipo de colisión produce lesiones más severas debido a que los movimientos que ocurren durante el volcamiento son múltiples y más violentos. Esto ocurre especialmente en el pasajero que no está sujeto por el cinturón de seguridad.

**f. Expulsión.** Las lesiones que ocurren en el momento que el ocupante es expulsado del vehículo pueden ser mayores que cuando éste golpea el suelo. Las posibilidades de que ocurran lesiones

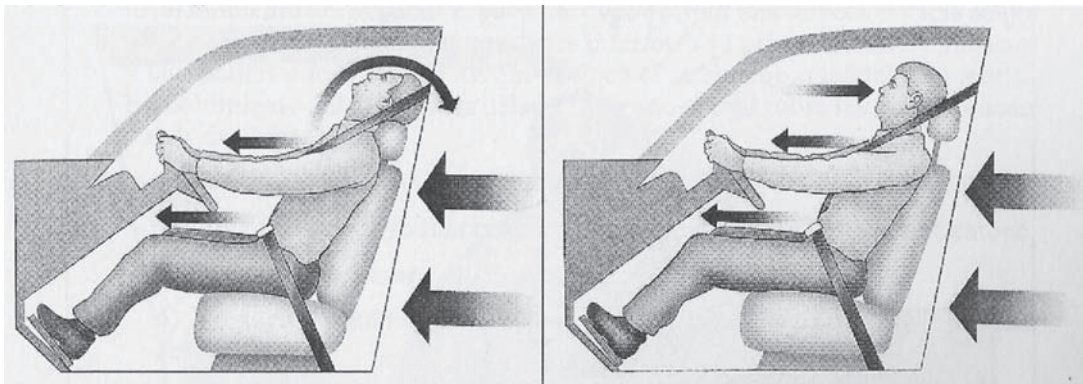


Figura 3

Impacto posterior. Uso inapropiado y apropiado del apoyo cabezas.  
(Tomado de American College of Surgeons, Committee on Trauma).

**d. Impacto sobre la región del tablero anterior.** El impacto angulado sobre el tablero anterior, tanto frontal como posterior, produce una variación en los patrones de lesiones causadas por una colisión tanto lateral y frontal, o de lesiones sufridas en un impacto lateral y posterior.

**e. Volcadura o vuelco.** Durante una volcadura, el ocupante que no lleva los cinturones de seguridad, puede golpear cualquier parte del

graves aumentan en un 300% cuando el paciente es expulsado del vehículo. El médico que examina a los pacientes con esta historia debe sospechar la posibilidad de lesiones ocultas. (1)

#### Colisión de los órganos

**a. Lesión de compresión.** Las lesiones por compresión ocurren cuando la porción anterior del torso (tórax y abdomen) cesa en su movi-

miento hacia adelante y la porción posterior y los órganos internos continúan su viaje hacia adelante. Eventualmente los órganos son prensados entre la parte posterior de la pared tóraco-abdominal y la columna vertebral que se mueven hacia adelante y por las estructuras anteriores impactadas. Un ejemplo típico de este tipo de mecanismo de lesión es la contusión miocárdica (Figura 4).

torácica produce la ruptura de los alvéolos y provoca un neumotórax y/o neumotórax a tensión. El mismo problema del aumento de la presión en la cavidad abdominal puede dar lugar a una ruptura del diafragma que da como resultado la translocación del contenido abdominal hacia la cavidad torácica. Debido a la maniobra de Valsalva, ocurre transitoriamente una congestión sanguínea hepática que



Figura 4

*Impacto frontal torácico sin elementos de protección.*

*(Tomado de American College of Surgeons, Committee on Trauma).*

Una lesión similar puede ocurrir con los pulmones o los órganos abdominales. Los pulmones y la cavidad abdominal representan una variación particular en este tipo de lesiones y refuerzan el concepto de que el estado de los tejidos en el momento de la transferencia de energía influye en el daño tisular. Si con una mano se detiene una bolsa de papel arrugada y se comprime golpeándola con la otra mano, no se produce ningún daño a la bolsa. Si ésta se infla, se cierra su cuello firmemente y se aplasta, ésta se rompe.

En una situación de colisión, es un instinto del paciente el tomar una inspiración profunda y retener el aire, cerrando la glotis. En ese momento la compresión de la caja

puede dar lugar a un estallamiento hepático cuando son aplicadas las fuerzas compresivas. En una forma semejante, el intestino puede romperse si un asa cerrada es comprimida entre la columna vertebral y un cinturón de seguridad mal colocado. Lo cual puede verse en la porción de duodeno que se ubica a nivel retroperitoneal, en contacto con el páncreas, el cual también puede verse involucrado.

Además, pueden ocurrir lesiones por compresión del tejido cerebral. El movimiento de la cabeza asociada a la aplicación de una fuerza transmitida por el impacto puede acompañarse con fuerzas de aceleración rápida aplicadas al cerebro, lo que produce estrés y deformación intracraneala, de

la sustancia gris y blanca. Una aceleración angular produce un movimiento del cerebro sobre la superficie irregular de la bóveda craneana produciéndose la lesión. La aceleración del cerebro en cualquier dirección puede producir lesión compresiva al tejido nervioso opuesto al punto de impacto, la llamada lesión por “contragolpe”. Una aceleración del cerebro produce también fuerzas de estrés y estiramiento en uniones críticas, por ejemplo el cerebro con el tallo cerebral o la médula espinal y la unión del parénquima cerebral y las membranas meníngeas. En las fracturas deprimidas del cráneo, también pueden ocurrir lesiones por compresión. (6)

#### **b. Lesiones por desaceleración.**

Las lesiones por desaceleración ocurren cuando la parte fija de un órgano, por ejemplo, el pedículo renal, el ligamento redondo, o la aorta torácica descendente, cesan su movimiento hacia delante junto con el torso mientras que las partes móviles, por ejemplo, el bazo, el riñón, o el corazón y arco de la aorta, continúan hacia adelante. En estas circunstancias se desarrollan fuerzas cortantes en la aorta cuando el arco de la aorta continúa su rotación hacia delante mientras que la aorta descendente, adherida a la espina torácica, disminuye rápidamente su movimiento junto con el torso. Estas fuerzas cortantes son mayores a nivel del ligamento arterioso, en donde se unen el arco aórtico (en movimiento) y la aorta descendente (fija). Este mismo tipo de lesión puede ocurrir con el bazo y los riñones a nivel de la unión con sus pedículos, con el hígado alrededor del ligamento redondo cuando el lóbulo derecho e izquierdo se desaceleran, produciéndose una laceración hepática central; y en

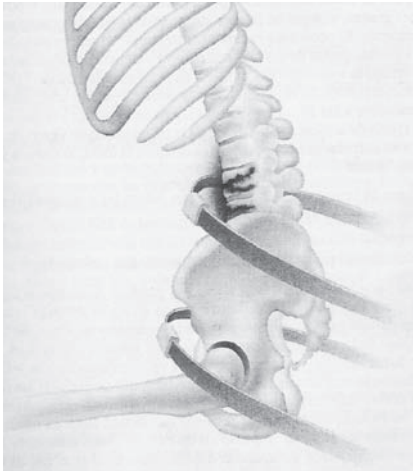
el cráneo cuando la parte posterior del cerebro se separa del cráneo desgarrando vasos y produciendo lesiones hemorrágicas ocupantes. Los numerosos puntos de fijación de la duramadre, la aracnoides y la piamadre dentro de la cavidad craneal separan al cerebro en múltiples compartimentos, los que están sujetos a dividirse por fuerzas de aceleración y desaceleración. Otro ejemplo ocurre en el sitio en donde la columna cervical flexible se une a la relativamente fija columna torácica, dando lugar a la frecuente lesión que se identifica en la unión de C7 con T1. Nivel donde el canal medular reduce su calibre, y si bien las fracturas vertebrales tienden a ser más estables, la posibilidad de lesión medular es mayor por lo estrecho del canal.

#### **c. Lesiones por sujeción (cinturón de seguridad) y por bolsas de aire.**

El cinturón de seguridad, ha variado desde su implementación en forma masiva en los automóviles a mediados del siglo pasado. Pasando por un sistema de ajuste de dos puntos fijos, o de cadera, al de tres puntos fijos con sistema inercial o de bandolera, llegando al sistema de cinturón de seis puntos, utilizado actualmente en aeronaves.

La importancia del cinturón de seguridad es tal que al día de hoy, su uso eleva 5 veces la posibilidad de sobrevivir a un accidente.

La ubicación incorrecta de las cinchas puede provocar lesiones, tal el caso en las mujeres embarazadas, quienes deben pasar la banda a nivel pelviano, dejando libre el abdomen a fin de evitar compresión del útero en caso de accidente (Figura 5).



*Figura 5*  
*Uso correcto e incorrecto del cinturón*  
*de seguridad inferior.*  
*(Tomado de American College of*  
*Surgeons, Committee on Trauma).*

Otro elemento de seguridad a tener en cuenta son las bolsas de aire o air bag, las cuales tienen una apertura en 0.03 segundos por acción de una carga explosiva. Cuando el air bag no se activa, el cinturón es de gran ayuda. No es conveniente circular en vehículos equipados con bolsas de aire, sin utilizar el cinturón de seguridad, ya que la apertura de la bolsa se estima en una velocidad de 300 km por hora, necesitando una distancia mínima de 20 a 25 cm entre el volante y el pasajero para no provocar daños maxilofaciales y de columna cervical. Si la bolsa de aire se activó, debe controlarse la deformación del volante, ya que la bolsa se desinfla tan rápido como se activa, y solamente protege del primer impacto. En caso de un impacto secundario como por ejemplo un choque en cadena, la bolsa queda inutilizada.

El tercer elemento de seguridad a tener en cuenta en los vehículos de motor es el apoya cabezas, el cual protege de los mecanismos de hiperextensión de la columna cervi-

cal en caso de impactos frontales y posteriores. Debiendo regular la altura de los mismos, acorde a la contextura física de los ocupantes del vehículo, de forma tal que el centro del apoya cabezas quede a la altura de la implantación de las orejas y de una línea imaginaria que pase por los ojos (Ver figura 3).

Estos elementos, que salvan vidas y evitan lesiones graves durante las colisiones, son en muchos casos considerados opcionales de lujo, al ser interpretados como elementos que encarecen el costo final del vehículo, sin tomar en cuenta la posibilidad real de ser partícipe de una colisión vehicular, en la cual el “objeto de lujo” deja de ser un opcional para pasar a ser un imprescindible. En Argentina, los elementos de seguridad se venden como opcionales.

El avance en la ingeniería vial, y los estudios sobre muñecos antropomórficos sensorizados, ha permitido observar que gran parte de la energía de una colisión la absorbe la carrocería, y logrando una mayor deformación externa con conservación de la cabina o habitáculo, la aparición de lesiones en los ocupantes disminuye. Es por ello que las estructuras de parachoques o paragolpes han ido evolucionando desde las de metal a las de fibra de vidrio, plástico de alto impacto o fibra de carbono. Teniendo en cuenta esto, es de vital importancia considerar los modelos de vehículo involucrados en una colisión y los materiales con que están contruidos, ya que es posible correlacionar las posibles lesiones de los ocupantes con el tipo de impacto y deformación, lo que redundará en proteger a las víctimas al momento de la extricación o desencarcelación, agregando la

menor cantidad de lesiones por el trabajo de desatrapamiento.

Por lo expuesto, deberán considerarse lesiones graves aquellas ocurridas en vehículos con deformación de 40 cm o más de su estructura.

Considerar lesiones graves aquellas ocurridas en vehículos con más de un impacto, donde los elementos de seguridad actúan una sola vez.

Considerar lesiones graves aquellas ocurridas en vehículos con cualquier grado de deformación del techo.

Considerar lesiones graves aquellas ocurridas en vehículos con exceso de ocupantes.

Considerar lesiones graves aquellas ocurridas en vehículos con cualquier grado de deformación que no estén equipados con elementos de seguridad.

Un factor importante a tener en cuenta en la producción de accidentes son los distractores. O sea situaciones ajenas al proceso de manejo que hacen perder la atención al conductor, aún por milésimas de segundo, tales como: encender un cigarrillo o la radio, hablar con el acompañante y mirarlo, abrir la guantera, tomar una bebida, perder la reacción de alerta por sueño y el distractor que ocupa el primer lugar en la producción de accidentes desde hace más de una década: el teléfono celular.

Los distractores, junto con el consumo de drogas y alcohol, provocan que la reacción de frenado se retarde, surgiendo así la fórmula: Distancia de detención = distancia de reacción + distancia de frenado.

La utilidad de la sujeción de los pasajeros en la reducción de las lesiones ha sido tan bien establecida

que ya no es motivo de discusión. La historia de los dispositivos para sujeción tiene sus orígenes en los tiempos de la Primera Guerra Mundial. En 1903 una modificación de los "cinturones de las maletas" fue colocada en los aviones militares con el fin de impedir que los pilotos se salieran de sus cabinas. El uso de esos dispositivos de seguridad no ganó la popularidad que tienen en la actualidad. En 1955 la Fuerza Aérea de los Estados Unidos reconoció que morían más pilotos en colisiones automovilísticas que en impactos aéreos e inició una intensa investigación sobre el uso de dispositivos de seguridad en los automóviles. Utilizados adecuadamente, los actuales cinturones de seguridad que emplean tres puntos de fijación han mostrado una reducción en mortalidad que va del 65 al 75% y ha reducido en 10 veces la presencia de lesiones graves. En la actualidad la falla más importante de estos dispositivos es el rechazo del ocupante a utilizar el sistema.

El aumento en la disponibilidad de las bolsas de aire en los automóviles puede reducir en forma significativa las lesiones debidas a impactos frontales, sin embargo éstas funcionan solamente en el 70% de estos impactos. Estos dispositivos no deben ser considerados reemplazos del cinturón de seguridad, sino como un suplemento en los dispositivos de seguridad. Los pasajeros que sufren un impacto frontal pueden beneficiarse con las bolsas de aire pero solamente en el impacto primario, en un segundo impacto contra otro objeto la bolsa ya está inflada y desplegada lo que ya no da ninguna protección. Las bolsas de aire no brindan protección cuando ocurren volcaduras, colisiones secundarias e impactos laterales



o posteriores. Los sistemas de sujeción con tres puntos de fijación siempre deben ser utilizados. Actualmente se están instalando bolsas de aire laterales lo que ofrece mayor seguridad para los compartimentos de los pasajeros. En este momento, la máxima protección se obtiene cuando se utilizan los dos sistemas en forma simultánea.

Las lesiones pueden ser reducidas cuando los cinturones de seguridad son utilizados correctamente. No es sorpresa que con el incremento en la utilización de los dispositivos de seguridad, el número de lesiones que ocurren debido al uso del cinturón esté aumentando; sin embargo no debe olvidarse que la gravedad de las lesiones se ha reducido dramáticamente con el uso del sistema de sujeción. Si la colocación del cinturón es inadecuada puede causar lesiones. Para funcionar en forma adecuada el cinturón debe ser colocado por debajo de las espinas ilíacas anterosuperiores y arriba del fémur, estar lo suficientemente apretado para permanecer en su sitio durante el movimiento en caso de impacto y asegurar el acoplamiento del pasajero a la estructura del vehículo. Cuando su colocación es inadecuada, por ejemplo, por arriba de las espinas ilíacas anterosuperiores, el movimiento de la cara posterior de la pared abdominal y la columna vertebral hacia adelante causa un atrapamiento del páncreas, hígado, bazo, intestinos: duodeno y riñones contra el cinturón en la parte delantera, pudiendo ocurrir entallamiento y laceraciones en dichos órganos. El movimiento de hiperflexión sobre el cinturón colocado en forma incorrecta puede ser causa de fracturas por compresión de la columna lumbar (Fractura de Chance). La energía que intercam-

bia en el tórax durante la colisión puede ser de tal magnitud que pueden ocurrir lesiones aun con el uso correcto del cinturón de seguridad, entre ellas fracturas claviculares, lesión por contusión cardíaca y neumotórax. En estas circunstancias el paciente no hubiera sobrevivido sin la protección ofrecida por el sistema de sujeción.

Se está realizando una extensa investigación con el objeto de aumentar la efectividad de los sistemas de seguridad automotrices. Utilizando la función óptima de los sistemas de sujeción, se encuentran en estudio modificaciones que pueden mejorar la función de los cinturones de seguridad y bolsas de aire utilizados en la actualidad. El sistema inercial con que están siendo equipados los cinturones de seguridad maximizan el tiempo y la distancia sobre los que las fuerzas de sujeción son aplicadas y la disipación de las mismas ocurre más rápido durante el evento de la colisión. Se encuentran en desarrollo sensores precolisión que iniciarían el inflado de las bolsas de aire en forma muy oportuna durante la colisión, aplicando tempranamente los sistemas de sujeción durante la secuencia de la transferencia de energía. Diferencias en la rigidez de los cojines de los asientos pudiesen evitar el deslizamiento de la pelvis hacia abajo y adentro (descrito previamente) manteniendo la posición correcta del cinturón en el cuerpo. Se están diseñando cinturones de seguridad capaces de estirarse y absorber mayor energía en una distancia mayor. Una protección adicional será el diseño de telescopaje de la columna del volante lo que pudiese alargar el intervalo desde el momento de la colisión al del impacto del pasajero, aumentando la distancia entre éste y el interior. (13)

## Lesiones en los peatones

Solamente en los Estados Unidos de Norteamérica, cada año mueren más de 7.000 peatones después de haber sido heridos por un vehículo automotriz, y otros 110.000 sufren lesiones graves, aunque no fatales, después de sufrir el impacto por un vehículo en movimiento. El problema es fundamentalmente urbano o en calles residenciales. En tres cuartas partes de los incidentes hay evidencia de un frenado, el cual en promedio redujo la velocidad del impacto en poco más de 10 millas por hora (16 km/h). Se estima que cerca del 90% de las interacciones entre un peatón y un auto ocurren a velocidades menores a las 30 millas por hora (48 km/h), siendo los niños los que constituyen la inmensa mayoría de lesionados debido a la colisión con un vehículo. La mayoría de las lesiones sufridas por los peatones ocurren en el tórax, la cabeza y las extremidades, en ese orden. (8) (9)

Existen tres fases de impacto en las lesiones que sufren los peatones:

### **a. Impacto con el parachoques o paragolpes delantero del vehículo.**

La altura del paragolpes contra la altura del paciente es un factor crítico en la lesión específica causada. En un adulto estando de pie el impacto inicial con el paragolpes delantero es usualmente contra las piernas y la pelvis, siendo comunes las lesiones de las rodillas, así como las lesiones sobre la pelvis. Los niños son más aptos a sufrir lesiones en tórax y abdomen en el impacto con la defensa. Con el cambio de diseño muchos de los nuevos modelos que tienen perfiles delanteros más bajos y capots más cortos están ocurriendo otros tipos de lesiones en los peatones. Esto

ha variado las formas de lesiones que se ven tanto en niños como en adultos, alterando las áreas de impacto en las extremidades inferiores. En cierto grado ésta tendencia puede desaparecer debido al aumento en el uso de camionetas y vehículos recreativos de porte frontal.

### **b. Impacto contra el capot y parabrisas del vehículo.**

Cuando el impacto del paciente es contra el capot y el parabrisas pueden ocurrir lesiones en el torso y la cabeza, observándose el daño y la deformación estructural del vehículo, de tal forma que permite a los peritos reconstruir la escena. Tal lo que se observa en parabrisas como imagen en tela de araña por contacto directo entre el vidrio y la cabeza de la víctima, debiendo considerar la dirección de la deformación ya que será hacia el interior del vehículo cuando el impacto lo produce el peatón, y será hacia el exterior del automóvil cuando el impacto lo provoca un ocupante del rodado.

### **c. Impacto contra el suelo.**

Cuando el peatón cae al piso luego del choque, es acelerado contra otro objeto dando por resultado un impacto adicional, pueden ocurrir lesiones en la cabeza o en la columna y como se describió, también pueden ocurrir lesiones por compresión en diversos órganos.

## **Lesiones en los ciclistas (Motociclistas y bicicletas)**

Los vehículos bicis y multibicis son ampliamente utilizados en todo el mundo como medio de transporte, en negocios y con fines recreativos. Solamente en los Estados Unidos se usan más de 100 millones de bicicletas y la cantidad

es mayor en otros países. Casi el 50% de los norteamericanos manejan bicicletas. Las lesiones relacionadas con las bicicletas son las lesiones recreativas más comunes en los Estados Unidos, registrándose por este motivo más de 600.000 consultas en los departamentos de urgencia cada año, y en este período ocurren más de 1.200 muertes por choques en bicicleta y por colisiones en motocicleta mueren más de 5.000 personas anualmente. Los impactos relacionados con las motocicletas dan lugar a lesiones graves, que ameritan la hospitalización de más de 360.000 individuos cada año.

Los ciclistas y/o sus pasajeros pueden llegar a sufrir lesiones por compresión, aceleración/desaceleración, y desgarros o arrancamientos. Los ciclistas no están protegidos por la estructura del vehículo o dispositivos como son los cinturones de seguridad, como ocurre con el ocupante de un automóvil. Los motociclistas están protegidos únicamente por su ropa y los artículos de seguridad que colocan sobre sus cuerpos: cascos, botas, o ropa protectora; sólo el casco protector tiene la capacidad de redistribuir la transmisión de energía y reducir su intensidad, pero aún así su capacidad es limitada. Obviamente, a menor protección, el riesgo de lesión es mucho mayor. Es por eso que la cantidad y tipo de ropa protectora que usaba el motociclista antes del impacto constituye una información importante que debe obtenerse del personal de rescate prehospitalario.

Los mecanismos de la lesión que pueden tener lugar en una colisión con bicicletas/motocicletas, incluyen el impacto frontal, impacto lateral, expulsión, y el llamado “acostando la moto”. Además el

conductor puede lesionarse simplemente al caerse del vehículo o ser atrapado por sus componentes mecánicos, sin olvidar, que en el proceso de derrape de la motocicleta en el asfalto, pueden quedar atrapados los miembros inferiores bajo la estructura metálica y producirse no solo lesiones de partes blandas, sino fracturas y quemaduras graves por caños de escape y motores. La presencia de cicatrices retráctiles antiguas en miembros inferiores es la prueba para los peritos de que el accidentado ya ha protagonizado otro evento similar.

**a. Impacto frontal/expulsión.** El eje frontal es el punto pivote de la motocicleta y sobre éste, cerca del asiento, está el centro de gravedad. Si la rueda delantera de la motocicleta golpea o se impacta con un objeto y el vehículo se detiene, rota en arco hacia adelante sobre su eje. La velocidad adquirida hacia adelante se mantiene hasta que el ciclista y el vehículo son afectados por fuerzas que disminuyan la energía cinética como son la colisión con el suelo o un objeto fijo. Durante esta proyección anterior, la cabeza, el tórax y/o el abdomen del conductor pueden golpearse contra el manubrio. Si el motociclista se proyecta sobre el manubrio y es expulsado fuera de la motocicleta, la parte superior de las piernas puede golpear contra este manubrio, dando lugar a una fractura bilateral del fémur. El grado de las lesiones sufridas durante la segunda colisión dependerá del sitio del impacto, la energía cinética del ciclista y el tiempo que tarda en agotarse la energía.

En caso de acompañantes traseros, suele verse que salen despedidos por arriba del conductor, no pudiendo predecir el tipo de

lesiones, siendo las más importantes aquellas ubicadas en cráneo, miembros superiores, tórax, abdomen y miembros inferiores, en ese orden.

**b. Impacto lateral/expulsión.**

Cuando ocurre un impacto lateral pueden ocurrir fracturas expuestas y/o cerradas o lesiones por aplastamiento de la extremidad inferior. Si el impacto lateral es causado por un automóvil o camión, el conductor es vulnerable al mismo tipo de lesiones que puede tener el ocupante de un automóvil involucrado en una colisión lateral. En forma diferente a lo que ocurre con el ocupante de un auto, el ciclista no es protegido por la estructura del compartimiento de pasajeros para transferir la energía cinética del impacto en fuerzas de deformación de tal manera que se reduzca la energía transferida al conductor. El ciclista recibe toda la energía del impacto. Como en el impacto frontal, ocurren lesiones agregadas durante el impacto secundario contra el suelo o un objeto fijo.

**c. “Acostando la moto”.** Para evitar el atrapamiento entre la motocicleta y un objeto fijo el motociclista puede voltear la motocicleta de lado, dejándola caer sobre su pierna la cual queda por debajo contra el piso. Esta estrategia tiende a disminuir la velocidad del motociclista y a separarlo de la motocicleta. Con esta maniobra, el motociclista puede llegar a presentar lesiones graves de los tejidos blandos además de toda la gama de lesiones descritas con anterioridad, teniendo en cuenta lo ya comentado en caso de quemaduras.

**d. Cascos.** El uso de cascos para todos los ciclistas, conductores de vehículos motorizados o no,

ha mostrado en forma repetitiva que reduce la incidencia de lesión craneoencefálica severa, aumenta las posibilidades de vida, acorta la estancia hospitalaria, reduce los costos de hospitalización y quizás se asocia con un comportamiento de “menor riesgo”. El trauma craneoencefálico ocurre en más de un tercio de todas las lesiones asociadas con las bicicletas, es responsable del 66% de las hospitalizaciones y es causa del 85% de las muertes relacionadas con el uso de las bicicletas, siendo estas cifras semejantes para las motocicletas. Aunque la utilidad del casco para proteger la cabeza es limitada, éste no debe ser subestimado. El casco está diseñado para reducir la fuerza hacia la cabeza cambiando la energía cinética del impacto hacia el trabajo de la deformación del acolchonado del casco, distribuyendo la fuerza sobre la mayor área posible, reduciéndose en esta forma la cantidad de energía transmitida a la cabeza. Obviamente la efectividad de los cascos se basa en reducir la transferencia de energía, trasladándola. Sin embargo es aceptado que una aceleración rotativa o angulada probablemente causará lesión cerebral. Considerando la efectividad de los dispositivos se deduce que los cascos pueden ofrecer alguna protección de las fuerzas rotativas. La preocupación respecto que el uso de cascos para ciclistas o motociclistas aumenta el riesgo de lesiones por debajo de la cabeza, especialmente lesiones de la columna cervical, no ha sido comprobada. (14)

Teniendo en cuenta los tipos de impacto descriptos, la estadística para la República Argentina, durante el año 2007 que aportara el CESVI (Centro de Estudios sobre Seguridad Vial), atribuye el 48% de

los impactos a colisiones frontales, 16% laterales y 13% posteriores o traseras. El 9% fueron por despiste y el 7% por choque en cadena. Contra peatones 4% y contra ciclistas el 3% restante.

## ESTADÍSTICAS

En Argentina hay 1 muerto por colisión vehicular cada 48 minutos. O sea 28 por día, cifra que trepa hasta 31 víctimas en época de verano, por el receso vacacional, donde si bien las ciudades tienen menor circulación vehicular, el incremento de las velocidades y el tránsito en rutas son los factores que mantienen la estadística activa. El Instituto de Seguridad y Educación Vial ha informado que en el mes de enero de 2007 hay un 40% menos de vehículos en la Ciudad de Buenos Aires, pero el incremento de velocidades y la falta de prevención en los conductores es determinante al momento de producirse accidentes. (2) (3)

En la Ciudad de Buenos Aires, la primera quincena de agosto de 2006 registró el mismo número de accidentes de tránsito que en todo el mes de julio del mismo año.

En el primer semestre de 2006 la denuncia a las compañías de seguro por muerte en accidente de tránsito aumentó 19%.

En el primer semestre de 2006, la provincia de Buenos Aires incrementó en un 30% el número de muertos, respecto de 2005: 102 (2005) y 133 (2006).

La Asociación Luchemos por la Vida ha informado que para el año 2007, el total de fallecidos en el país por colisión vehicular asciende a 8104 muertes anuales al 3/1/08. Con un promedio mensual

de 676 fallecidos y 22 muertos por día. Debiendo tener en cuenta que el número de lesionados superaría en diez veces estas cifras; y en cinco veces el total de secuestrados permanentes en alguna medida tanto física como psíquica, o la combinación de ambas.

El estudio accidentológico en el país, según el día de la semana, ha colocado al día sábado como aquel durante el cual se produce el mayor número de colisiones: 20%, seguido por las primeras horas del día domingo 16%, viernes 14%, lunes y miércoles 13%, martes y jueves 12%. (Estudio realizado por el CESVI, 2007).

## BIBLIOGRAFÍA

1. American College of Surgeons, Committee on Trauma. Advanced Trauma Life Support. Sexta edición. (Chicago, Illinois), 1997.
2. Cohen R., Muro M. y colab. Accidentes de tránsito. Estadísticas del SAME. Rev SAME 2000; 8 (2): 64-65.
3. Cohen R., Muro M y colab. Muertes violentas en Capital Federal. Estudio comparativo. Rev SAME 2001; 9 (1): 56-57.
4. Fernández G. y colab. Normas de Atención Médica del SAME 2003. Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. Ed. Talleres Como (Buenos Aires), 2003.
5. Gómez M. y Neira J. Atención inicial de pacientes politraumatizados. 1ª edición. Editorial Fundación Pedro Luis Rivero (Buenos Aires), 1992.
6. Lossetti O., Trezza F. y Patito J. Accidentes de tránsito: Consideraciones médico-legales, lesionológicas y tanatológicas. Cuad med For 2003; 2 (3): 7-15.
7. Ludueña R. Síndrome del Latigazo

- (Whiplash). Consideraciones médico legales. Cuad Med For 2003; 2 (3): 67-72.
8. Patitó J. y colab. Medicina Legal. Ed. Centro Norte (Buenos Aires), 1º edición, 2000.
  9. Patitó J. y colab. Tratado de Medicina Legal y Elementos de Patología Forense. Ed. Quorum (Buenos Aires), 2003.
  10. Poole G. A plea for prevention. J Trauma 1998; 45: 394.
  11. Riú J., Tavella de Riú G. Lesiones. Aplicaciones Médico-Legales. Ed. Akadia (Buenos Aires), 1994.
  12. San Román E y colab. Trauma Prioridades. Ed. Panamericana (Buenos Aires), 1º edición, 2002.
  13. Simonín C. La medicine legale et la medicina sociale des accidents d´automobile. Ann Med Leg, 1931; 285-354.
  14. Yavuz M. y colab. The correlation between skull fractures and intracranial lesions due to traffic accidents. Am J Forensic Med and Pathol 2003; 24 (4): 339-345.
-