



CINEMATICA DEL TRAUMA

PMD:CARLOS ANDRES





CASO CLÍNICO

A las 17.50 horas de un domingo lluvioso y fresco usted es enviado a atender un accidente de automóvil en un cruce en una autopista muy concurrida no interestatal. Usted y su compañero son informados de que en el accidente se han visto implicados dos vehículos y un número indeterminado de personas y que los agentes de la ley están en camino.

Cuando llegan al lugar del accidente, usted observa que uno de los vehículos sufre un impacto frontal y el segundo uno lateral. En ambos vehículos han saltado los airbags. El primero de los coches muestra daños moderados en la zona frontal, sale humo por debajo del capó y los parachoques están desplazados contra las ruedas. El ocupante que no llevaba cinturón de seguridad sigue dentro del vehículo. El segundo coche está hundido unos 45 cm en el asiento del copiloto. El conductor sigue dentro del vehículo, inclinado sobre el volante.

Con esta información, ¿qué lesiones podría esperar en los dos conductores? Dado que usted es el técnico en emergencias médicas paramédico de mayor edad (TEM-P) presente en el lugar, ¿de qué paciente se ocuparía y cuál podría dejar a su compañero que acaba de terminar su formación en TEM-P hace sólo 3 meses? ■

DEFINICIÓN DE CINEMATICA DEL TRAUMA

Se define como el análisis de un evento traumático para interpretar el mecanismo de trauma involucrado y el intercambio de energía mediante leyes físicas, y así, poder determinar las posibles lesiones ocurridas.
"evaluación de un evento traumático que permite sospechar o determinar los daños resultantes provocados por las fuerzas y movimientos involucrados".



EN LA ESCENA

Una de las virtudes que debe poseer el personal de Atención Prehospitalaria es la sospecha, es por esta razón que al evaluar la escena de un accidente debemos hacernos varias preguntas, por ejemplo:

- ¿Que le choco con que?
- ¿Qué aspecto tiene la escena?
- ¿A que velocidad?
- ¿Cual fue el tipo de impacto?
- ¿Usaban los pacientes medios de protección?
- ¿Ocurrió eyección de alguien del vehículo?
- ¿Hay un ocupante muerto en el mismo vehículo?

Comprender el proceso de intercambio de energía llevara a la sospecha de un 95% de las posibles lesiones.



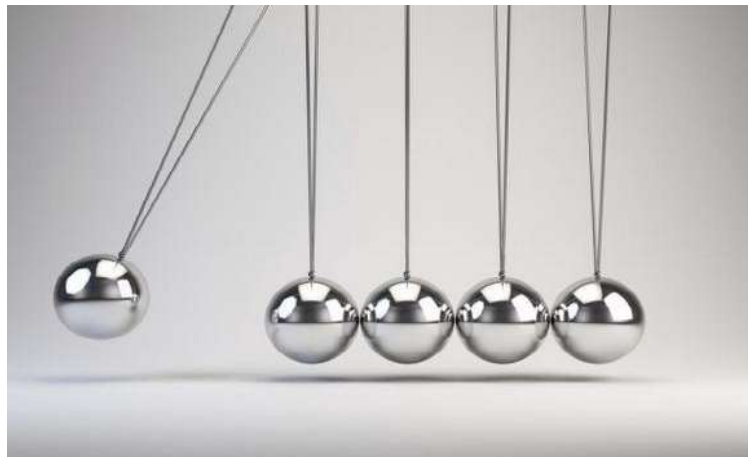
EN LA ESCENA

El TUM debe realizar un análisis de la escena para determinar que fuerzas y movimientos estuvieron implicados en el accidente y así pronosticar las posibles lesiones que padece el paciente. Por tal motivo deberá conocer las principales leyes de energía y física.



PRIMERA LEY DEL MOVIMIENTO DE NEWTON

Esta afirma que un cuerpo que este en reposo o en movimiento permanecerá en su mismo estado a menos que sobre ellos actúe una fuerza externa.



Ejemplo: un carro quieto que al ser colisionado por otro estará en movimiento hasta que la fricción u otro objeto lo detenga, en este tipo de movimiento hay tres tipos de impacto.

SEGUNDA LEY DEL MOVIMIENTO DE NEWTON

Ley de la conservación de la energía, la energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma. El movimiento de un vehículo es una forma de energía.

Para arrancar el vehículo, el motor hace explosionar la energía de la gasolina, que mueve los pistones. Este movimiento es transferido por una serie de marchas hasta las ruedas, que se agarran a la carretera al girar y mueven el vehículo.

Para detener el coche, la energía de este movimiento se debe cambiar por otra forma de energía, como el calor de los frenos o el impacto con un objeto con la consiguiente deformación del chasis.

Cuando el conductor frena, la energía del movimiento se convierte en calor de fricción (energía térmica) entre las pastillas y los tambores de los frenos y entre los neumáticos y el asfalto. El vehículo se desacelerará.

SEGUNDA LEY DEL MOVIMIENTO DE NEWTON

La energía cinética depende del peso y la velocidad del objeto. El peso y la masa de la víctima son lo mismo. En lo que a la energía cinética se refiere, la relación entre el peso y la velocidad es:

Energía cinética = 1/2 de la masa por el cuadrado de la velocidad

$$EC = \frac{1}{2}mv^2$$

Por tanto, la energía cinética de una persona de 68 kg que viaja a 48 km/h será:

$$EC = \frac{68}{2} \times 48^2$$

$$EC = 78.336 \text{ unidades}$$

El factor que incrementa en mayor cantidad la producción de energía cinética es la velocidad más que la masa, es por esta razón que un accidente a gran velocidad producirá mayor lesión a sus ocupantes que uno en el que existía poca velocidad y mayor peso en sus ocupantes.

TERCERA LEY DEL MOVIMIENTO DE NEWTON

Para cada acción hay una reacción igual y opuesta.

La tercera ley de Newton es completamente original (pues las dos primeras ya habían sido propuestas de otras maneras por Galileo, Hooke y Huygens) y hace de las leyes de la mecánica un conjunto lógico y completo.

Expone que por cada fuerza que actúa sobre un cuerpo (*empuje*), este realiza una fuerza de igual intensidad, pero de sentido contrario sobre el cuerpo que la produjo. Dicho de otra forma, las fuerzas, situadas sobre la misma recta, siempre se presentan en pares de igual magnitud y de dirección, pero con sentido opuesto.



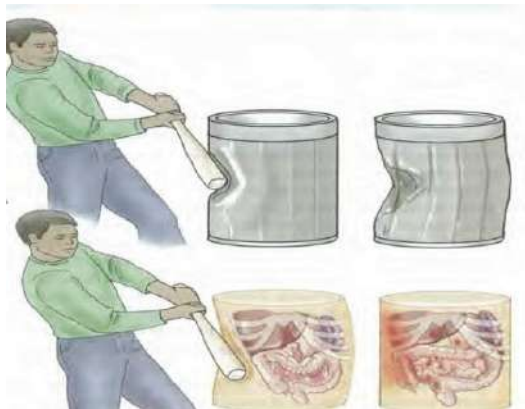
CAVITACIÓN

Se produce cuando se da la colisión de un objeto contra las partículas de un tejido las aceleran en dirección opuesta al punto de colisión. Estos tejidos se convierten entonces también en objetos móviles y entran en colisión con otras partículas de tejido, lo que da lugar a un «efecto dominó».

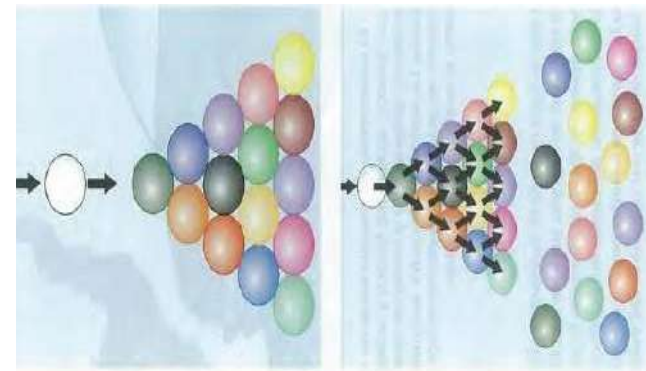
Las cavitaciones se pueden presentar en dos tipos:

Cavidad temporal: es la cavidad que se produce en el momento de la colisión pero que rápidamente desaparece y el tejido u objeto regresa a su posición original o forma original.

Cavidad permanente: es la que se produce con la colisión pero que permanece después de la misma y no regresa a su forma original.



A. El golpe con un bate de béisbol contra un bidón metálico deja una abolladura o cavidad en el lugar del impacto. B. El golpe con el mismo bate contra una pieza de gomaespuma no deja cavidad visible alguna.



TRAUMATISMOS CONTUSOS Y PENETRANTES

En general, los traumatismos se clasifican en contusos y penetrantes. Sin embargo, el intercambio de energía y las lesiones producidas son similares en los dos tipos. La única diferencia real es la penetración a través de la piel.

En los traumatismos contusos, las lesiones ocurren cuando el tejido se comprime, desacelera o acelera. En el impacto de los traumatismos contusos intervienen dos fuerzas: cizallamiento y compresión.

En los traumatismos penetrantes, las lesiones suceden cuando el tejido se rompe y separa a lo largo de la trayectoria del objeto penetrante.

En los dos tipos, aparece una cavidad que desplaza a los tejidos desde su posición normal.

Traumatismo
contuso



Traumatismo
penetrante



TRAUMATISMOS EN ACCIDENTES DE TRANSITO



COLISIÓN

Se debe recordar que el término colisión no solo hace referencia a un choque de automóviles, lo pueden ser también el choque de un automóvil a un peatón, un proyectil que penetra el abdomen de un paciente, la caída de un trabajador al suelo.

Un suceso traumático se puede dividir en tres fases:

- **Fase previa a la colisión:** es la fase de la prevención.
- **Fase de colisión:** parte del suceso traumático que involucra el intercambio de energía o la cinética.
- **Fase posterior a la colisión:** es la fase de la atención al paciente.

A mayor velocidad, existen mayores posibilidades de morir

■ Cada 10 km/h ejercemos sobre el cuerpo una fuerza de gravedad. El cuerpo humano está apto para soportar un máximo de 12 fuerzas de gravedad.

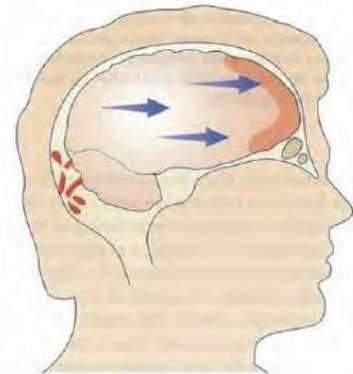
■ Si el auto va a 100 km/h, hay un 80% de posibilidades de que el conductor muera, pese a usar el cinturón de seguridad.

TIPOS DE IMPACTO EN UNA COLICIÓN

Impacto tipo 1: vehículo que choca contra un objeto en reposo o en movimiento.

Impacto tipo 2: persona dentro del vehículo que choca contra las estructuras del vehículo.

Impacto tipo 3: órganos internos del paciente que chocan contra otros órganos y estructuras óseas del mismo paciente.



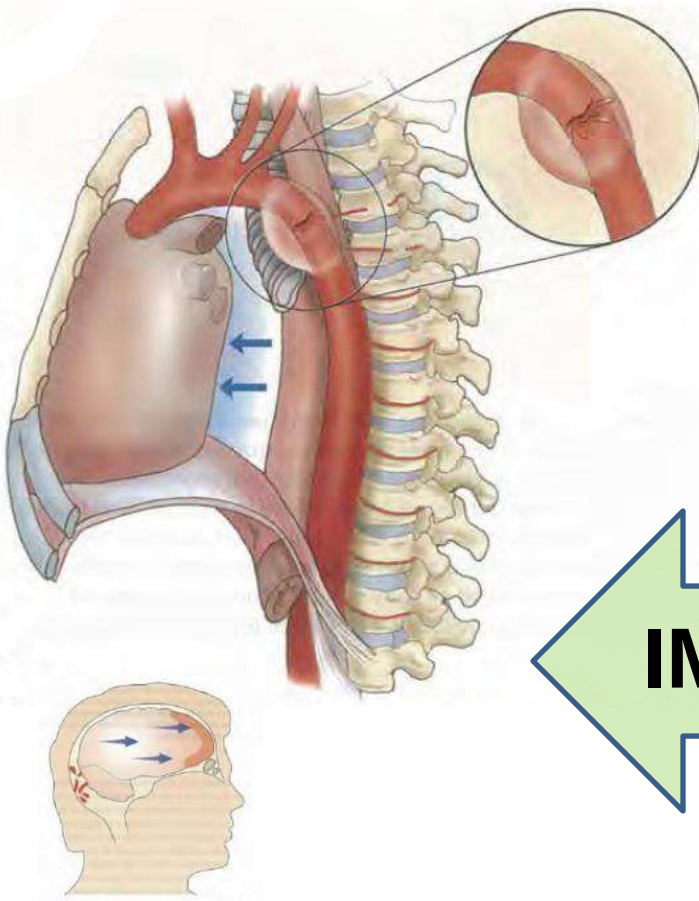
TIPOS DE IMPACTO EN UNA COLISIÓN

IMPACTO TIPO 1



IMPACTO TIPO 3

**IMPACTO
TIPO 2**



TRAUMATISMOS EN ACCIDENTES DE TRANSITO

Los tipos de traumatismos contusos son múltiples, pero los más frecuentes son los que ocurren en los AT (incluidas las colisiones con motocicletas). En 1999, el 86% de las muertes correspondió a ocupantes de vehículos. El otro 14% se repartió entre peatones, ciclistas y otros no ocupantes (*National Highway Traffic Safety Administration* [NHTSA]).

En los accidentes de tránsito se pueden dar 5 tipos de impacto:

1. Impacto frontal.
2. Impacto posterior.
3. Impacto lateral.
4. Impacto con rotación.
5. Vueltas de campana.



IMPACTO FRONTAL



IMPACTO FRONTAL

En el impacto frontal (colisión «de frente») con un vehículo de motor, el vehículo interrumpe bruscamente su movimiento hacia adelante, el ocupante, si no va sujeto y portanto, no se detiene con el vehículo, continuara moviéndose y seguirá una de dos trayectorias posibles, **hacia arriba y por encima o hacia abajo y por debajo** (en relación al volante).

El uso del cinturón de seguridad y la apertura del airbag contribuirán a absorber parte o gran parte de esta energía, de forma que se reducirán las lesiones de los ocupantes.



► Sumatoria de fuerzas

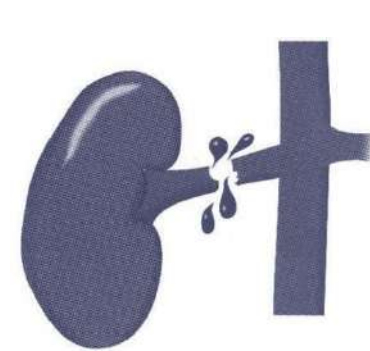
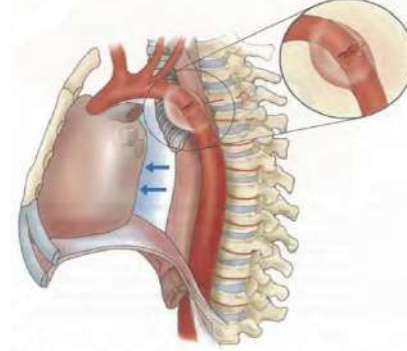
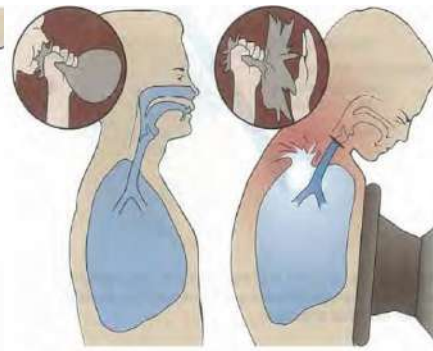
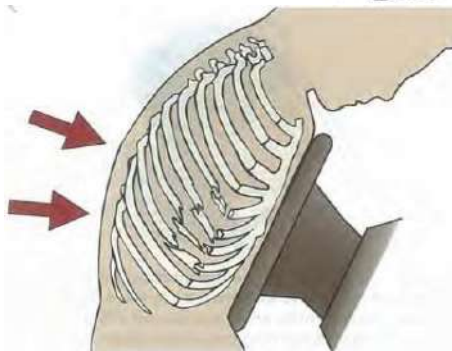
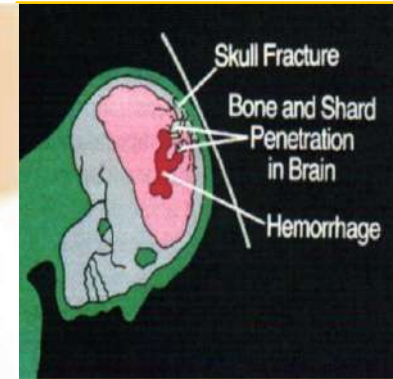
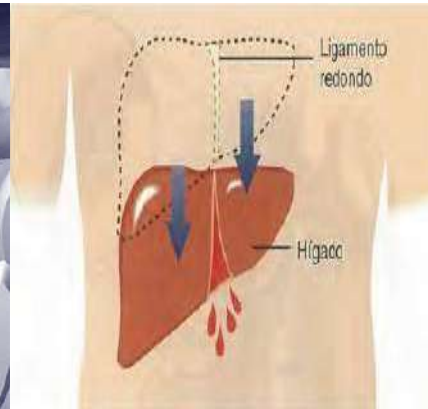
En un choque frontal, las velocidades de cada vehículo se suman provocando un impacto mayor.



TRAYECTORIA ARRIBA Y POR ENCIMA DE

En esta trayectoria la cara y la cabeza son los primeros puntos que golpean el parabrisas, seguidos del tórax y abdomen.

Se producen lesiones de cara y cabeza, y se presentan lesiones de la columna cervical por extensión o por compresión. La lesión directa de la parte anterior del cuello por impacto contra el volante y el parabrisas puede producir graves lesiones traqueales. En resumen los posibles traumas que se pueden dar son trauma en cráneo, columna cervical, trauma tórax, lesión en órganos internos como tráquea, pulmones, corazón (cizallamiento aórtico), diafragma, hígado (separación por ligamento terex) y riñones (cizallamiento).



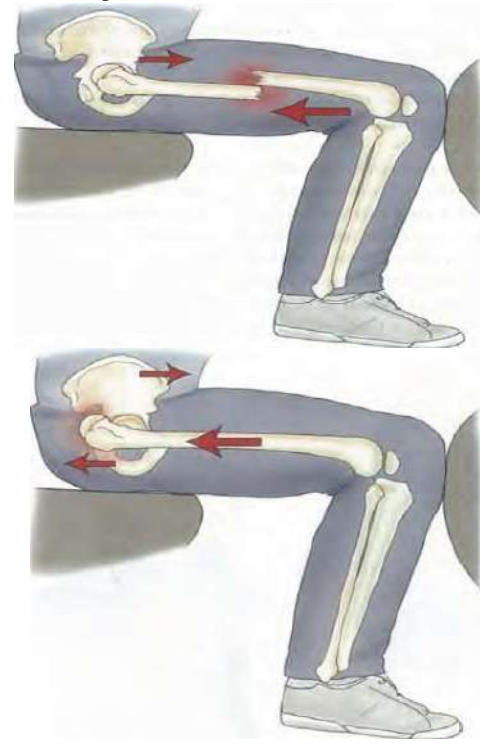
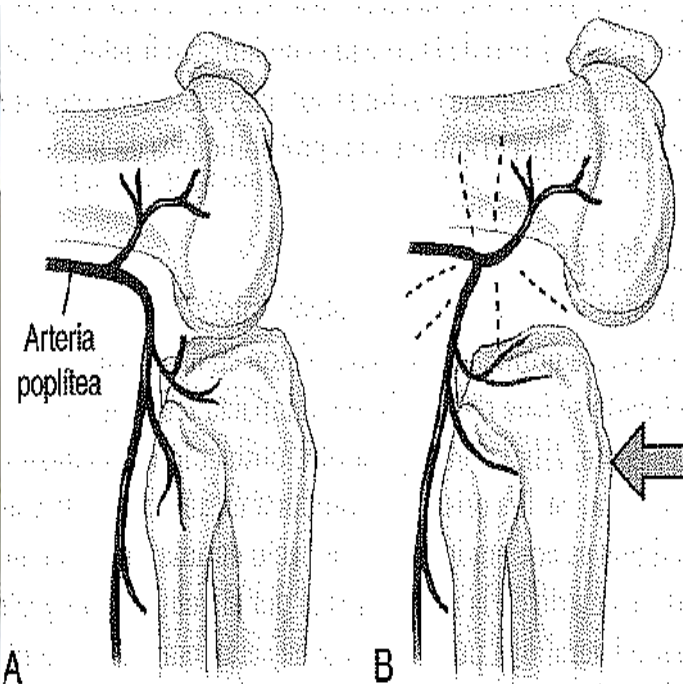
TRAYECTORIA ABAJO Y POR DEBAJO DE

En esta trayectoria el pasajero se desliza del asiento y las rodillas se desplazan hacia delante, golpeando generalmente el borde inferior del tablero (se puede producir ruptura de arteria poplítea).

Las fuerzas se transmiten por medio de los fémures a las caderas y a la pelvis, produciéndose fractura-luxación de rodillas, fractura de los fémures y fractura-luxación de cadera.

El impacto de los pies sobre el suelo causa fracturas y luxaciones y lesiones de partes blandas por debajo de las rodillas.

Como la parte superior del cuerpo se desplaza hacia delante, golpea el volante, el tablero, con resultado de lesiones de cara, cabeza, cuello, tórax y abdomen.



IMPACTO POSTERIOR



IMPACTO POSTERIOR

Las colisiones por detrás se producen cuando un vehículo que se mueve más lento o que está parado es golpeado desde detrás por un vehículo que se desplaza a mayor velocidad. Cuanto mayor sea la diferencia de momento entre los dos vehículos, mayor será la fuerza del impacto inicial y más energía estará disponible para causar daños y aceleración.

En esta colisión se presentan lesiones generalmente en cuello (lesión cervical), en algunas ocasiones cizallamiento de órganos, si el vehículo se detiene lentamente por lo general no se sufren más lesiones pero si este después de la colisión choca o se detiene bruscamente se producirá el patrón característico de la colisión con impacto frontal. El doble impacto aumenta las probabilidades de lesión.



SX DEL LATIGAZO



IMPACTO LATERAL

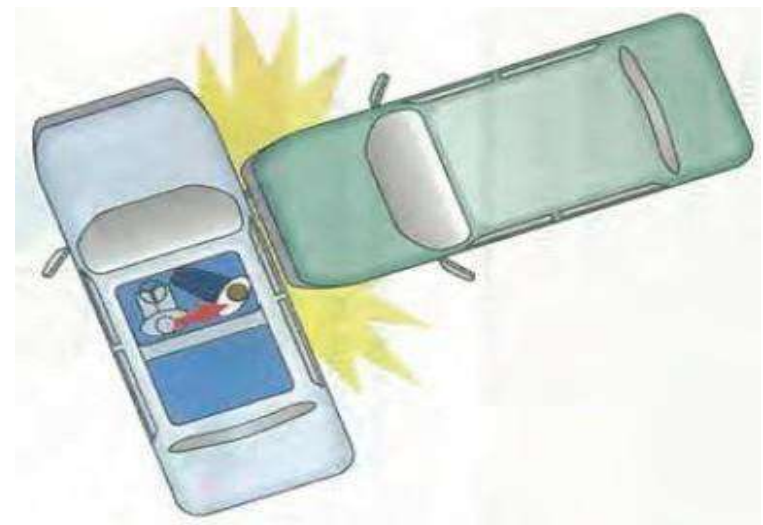


IMPACTO LATERAL

Los mecanismos del impacto lateral intervienen cuando un vehículo está implicado en una colisión en un cruce o cuando el vehículo se sale de la calzada e impacta contra un poste, árbol o cualquier otro obstáculo del margen de la carretera.

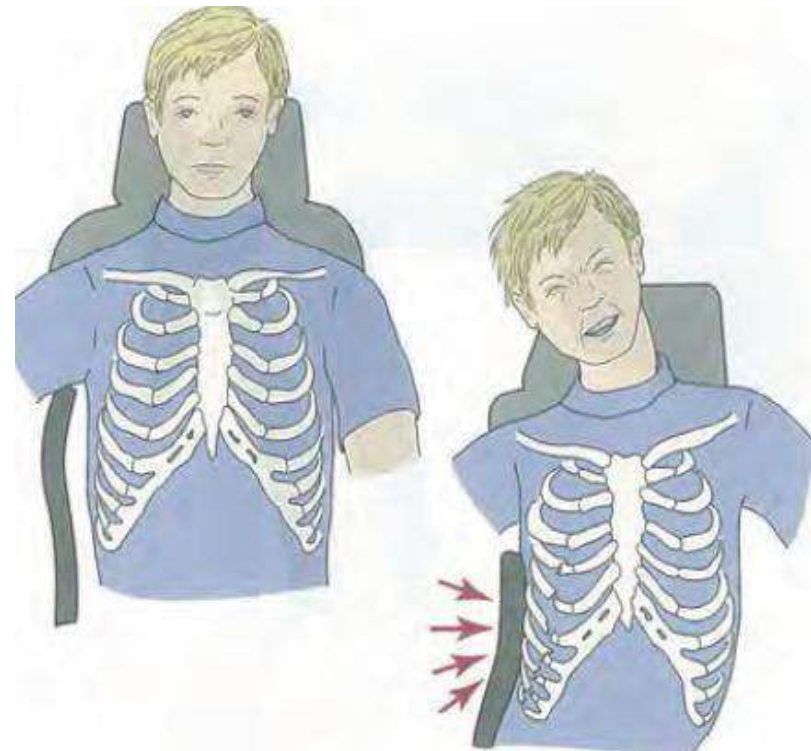
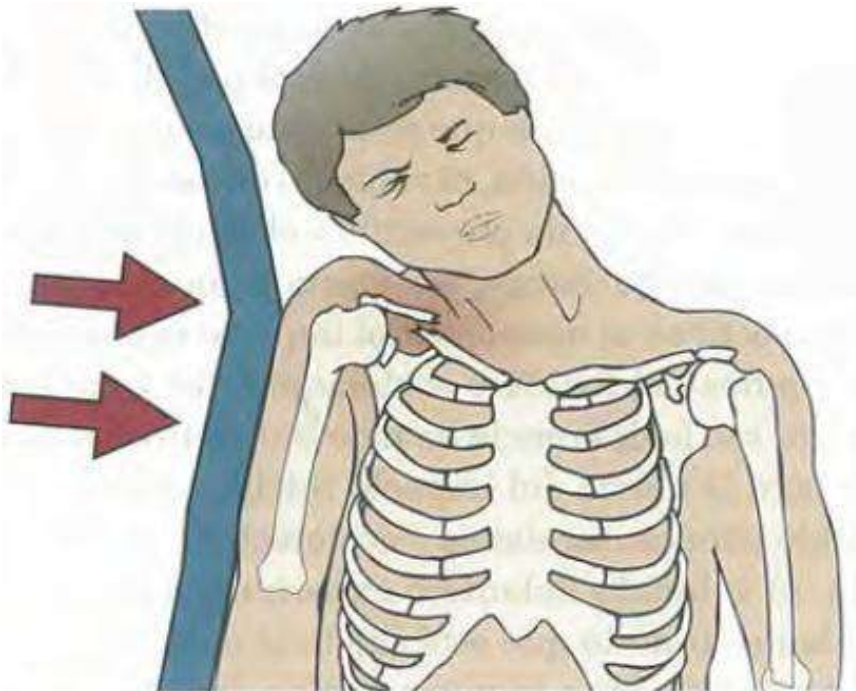
Si la colisión se produce en un cruce, el vehículo diana es acelerado tras el impacto en una dirección que tiende a alejarlo de la fuerza creada por el vehículo proyectil. La parte lateral o la puerta del coche serán empujadas contra el lado del ocupante y los ocupantes podrán sufrir lesiones porque se aceleran en sentido lateral o porque el compartimento del acompañante se deforma hacia dentro por la proyección de la puerta.

En impactos laterales 4 regiones del cuerpo son susceptibles de lesionarse.



IMPACTO LATERAL (LESIONES DE TORAX)

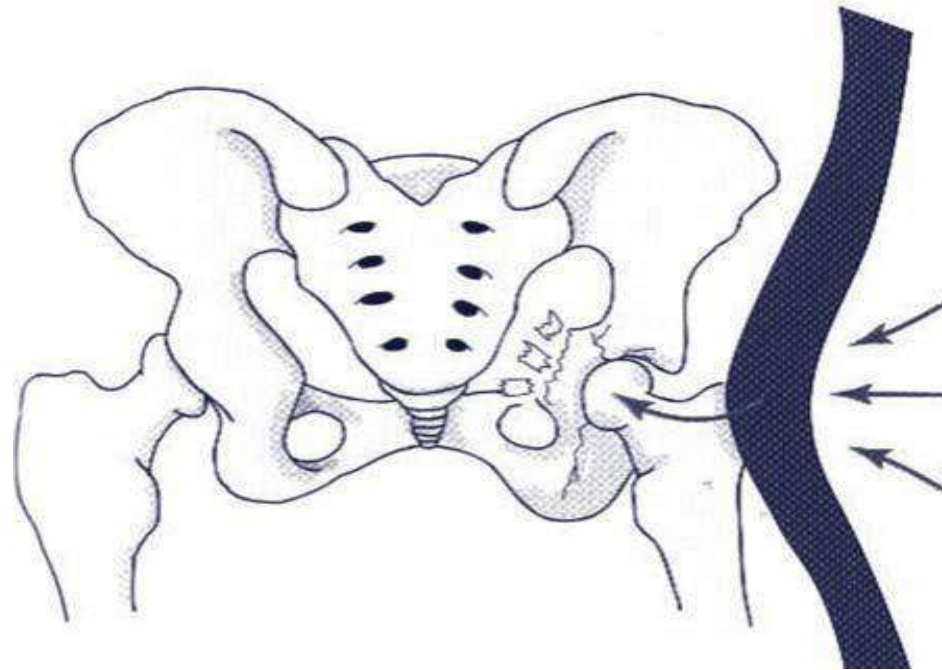
1. Tórax. La compresión de la pared torácica hacia dentro puede causar fracturas de las costillas, contusión pulmonar o lesiones por compresión de los órganos sólidos situados dentro de la caja torácica, pero por debajo del diafragma, además de lesiones por exceso de presión (p. ej., neumotórax). Las lesiones por cizallamiento de la aorta pueden asociarse a una colisión lateral (el 25% de las lesiones aórticas por cizallamiento aparece en colisiones con impacto lateral). La clavícula puede comprimirse y fracturarse cuando la fuerza se dirige contra el hombro.



IMPACTO LATERAL (LESIONES DE ABDOMEN Y PELVIS)

2. Abdomen/pelvis.

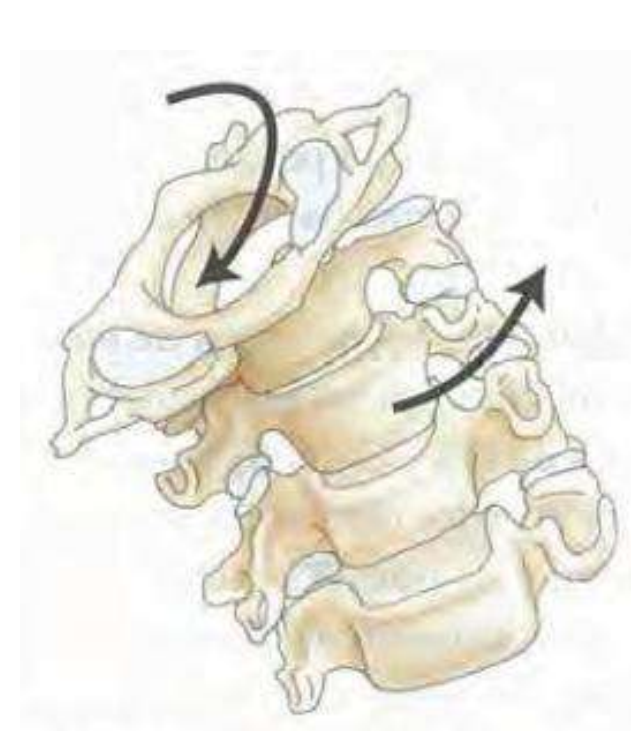
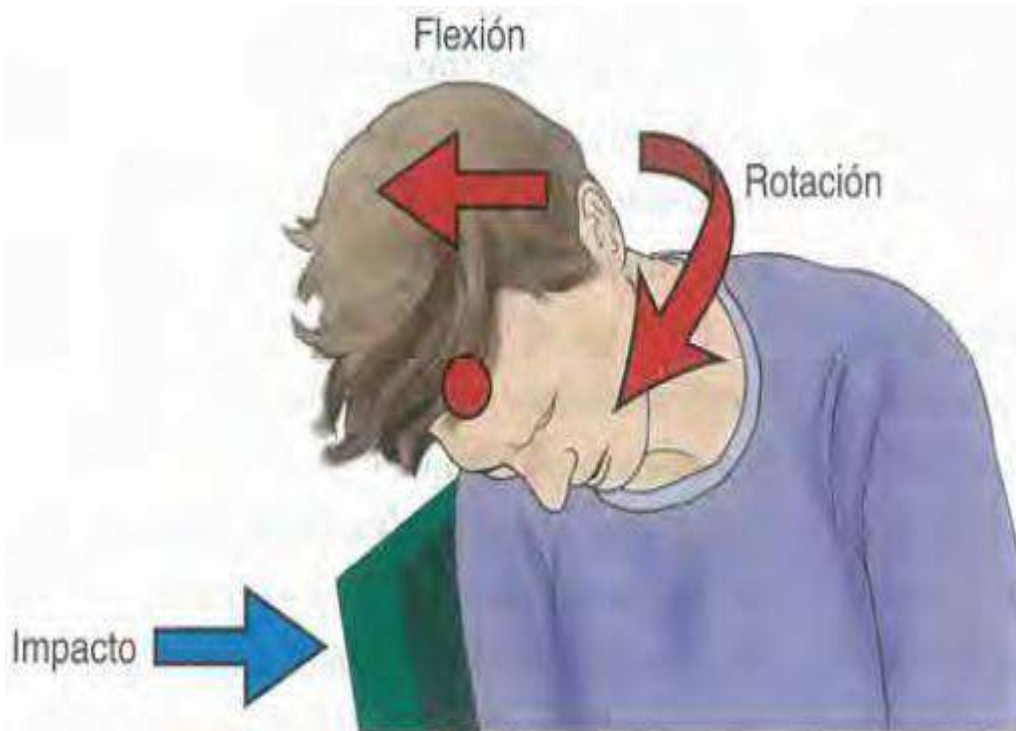
La intrusión comprime y fractura la pelvis y empuja la cabeza del fémur contra el acetábulo. Los ocupantes del lado del conductor pueden sufrir lesiones esplénicas, ya que el bazo está situado en el lado izquierdo del cuerpo, mientras que los del lado opuesto tienen más probabilidades de sufrir lesiones hepáticas.



IMPACTO LATERAL (LESION EN CUELLO)

3. Cuello. El tronco puede moverse con respecto a la zona inferior de la cabeza tanto en las colisiones laterales como en los golpes por detrás. El punto de anclaje de la cabeza es posterior e inferior al centro de gravedad de la cabeza, de forma que el movimiento de la cabeza en relación con el cuello es la flexión lateral y la rotación.

Este movimiento puede fracturar las vértebras o con más probabilidad determinar un desplazamiento de las carillas articulares con luxación de las mismas.



IMPACTO LATERAL (LESION EN CABEZA)

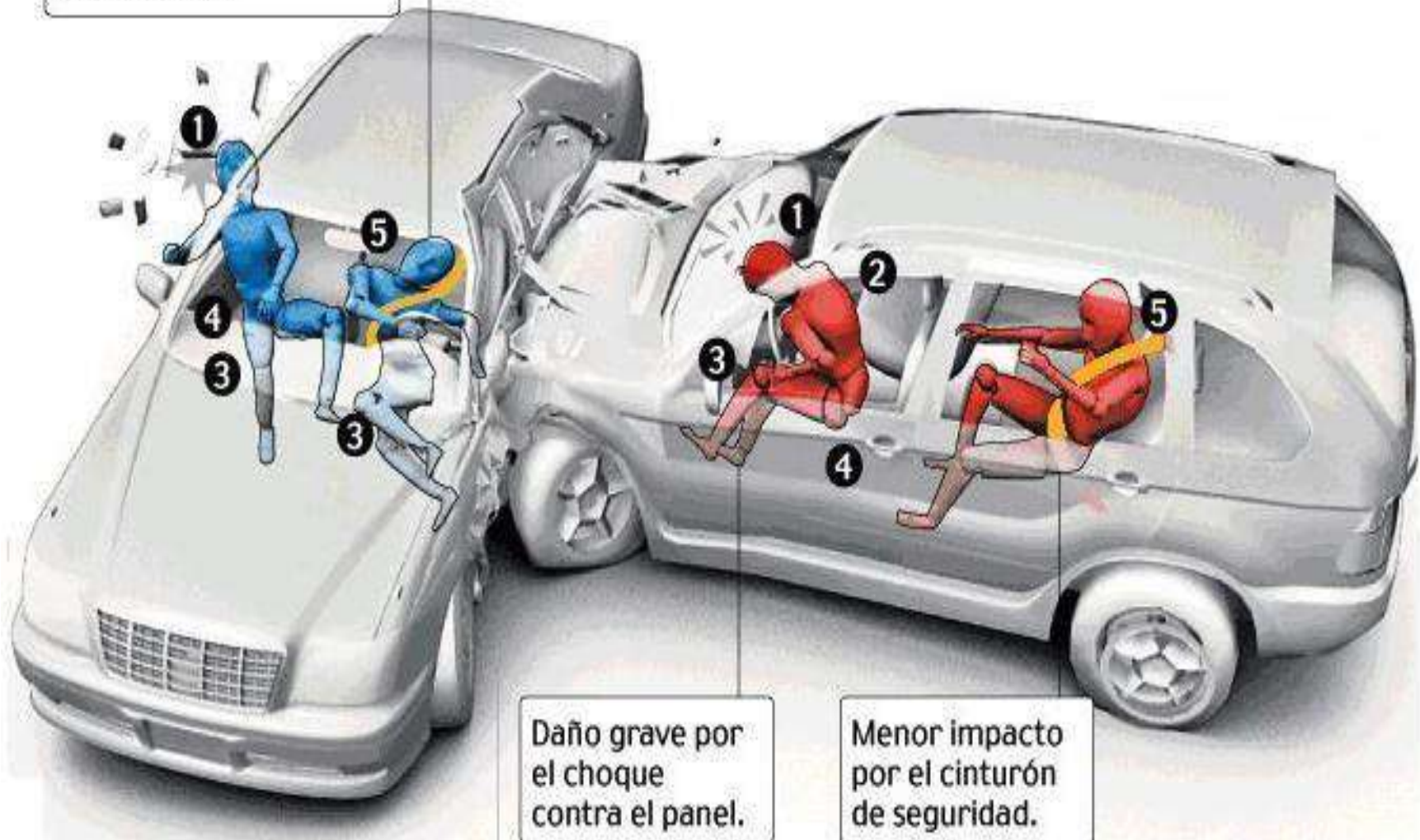
4. La cabeza puede golpearse contra el marco de la Puerta o parabrisas que pueden producir traumas o fractura a nivel del temporal del cráneo.

Los impactos laterales cercanos producen más lesiones que los lejanos.



IMPACTO LATERAL (VEHICULO 1) Y FRONTAL (VEHICULO 2)

Recibe el golpe directo
y no tiene una protec-
ción lateral.



Daño grave por
el choque
contra el panel.

Menor impacto
por el cinturón
de seguridad.

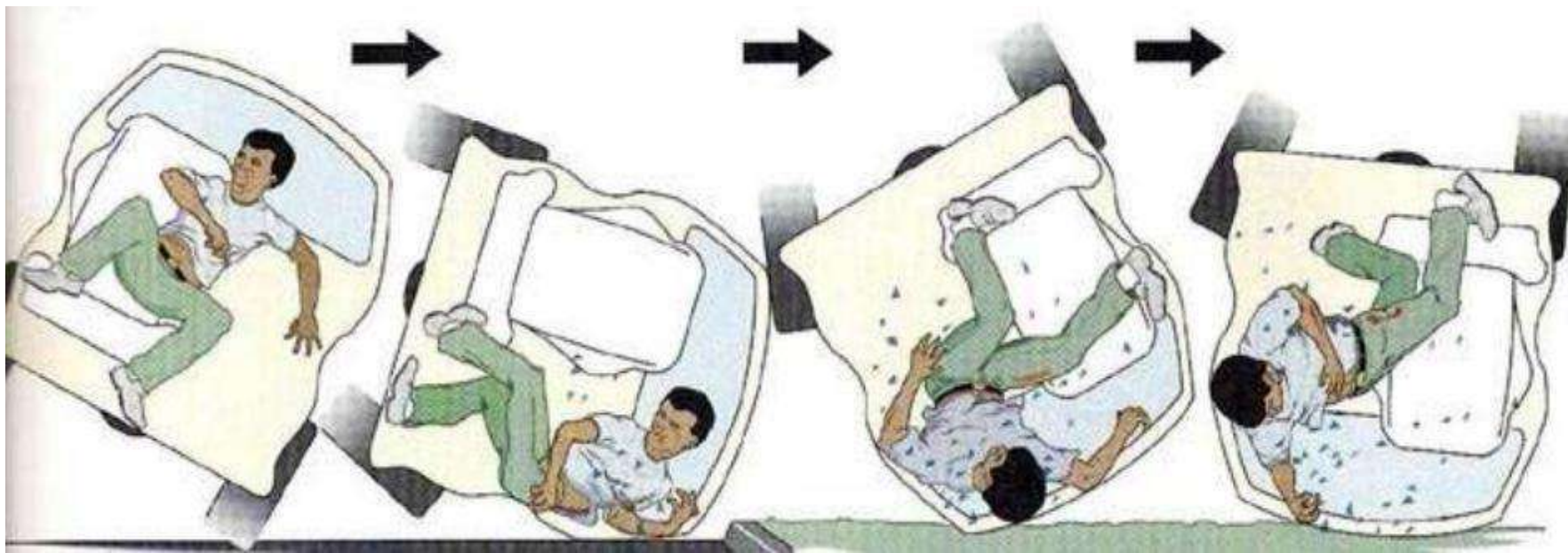
VOLCAMIENTO O VUELTAS DE CAMPANA



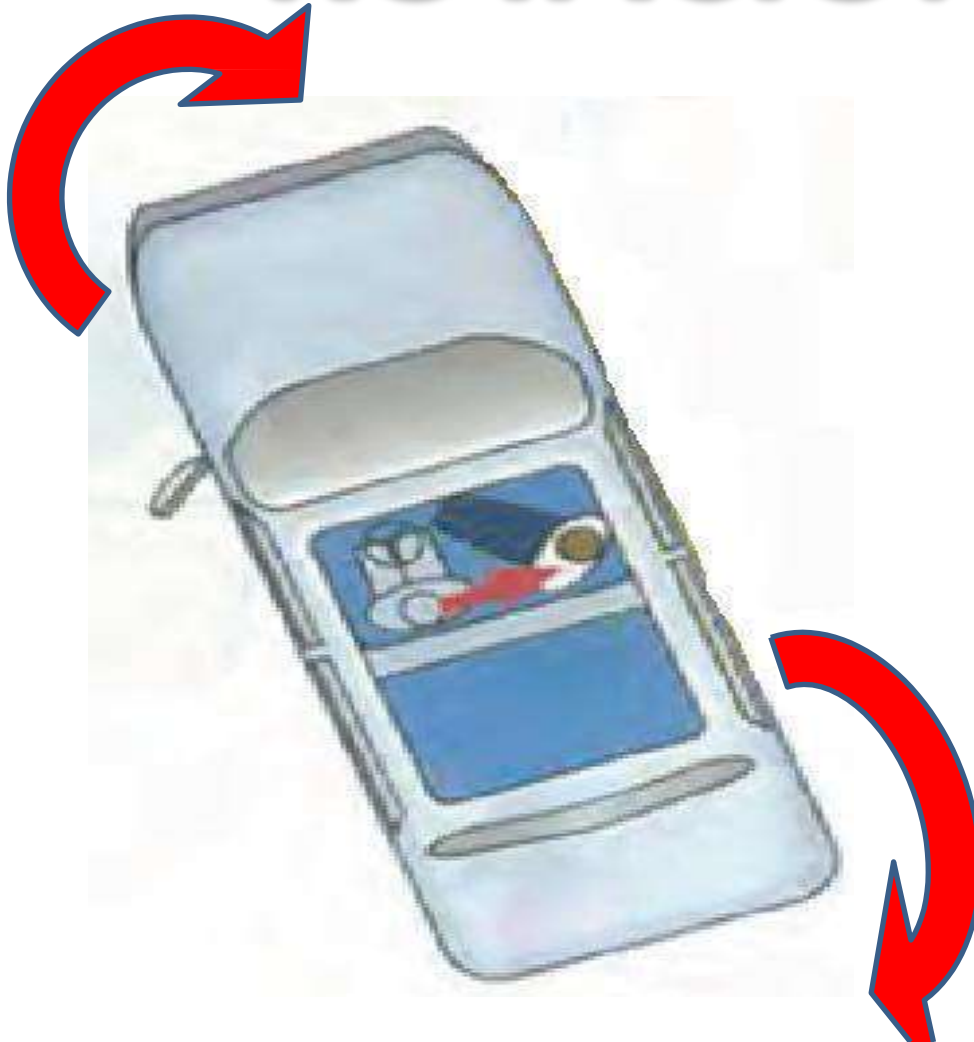
VOLCAMIENTO O VUELTAS DE CAMPANA

Por este mecanismo, el rango de lesiones es extenso, desde los traumas mínimos hasta lesiones severas. En general, los ocupantes no anclados sufrirán múltiples traumas al chocar contra el interior del vehículo en varios puntos, y contra los otros ocupantes (debe sospecharse politraumatismo en estos pacientes).

También, hay en este mecanismo alto riesgo de eyección.

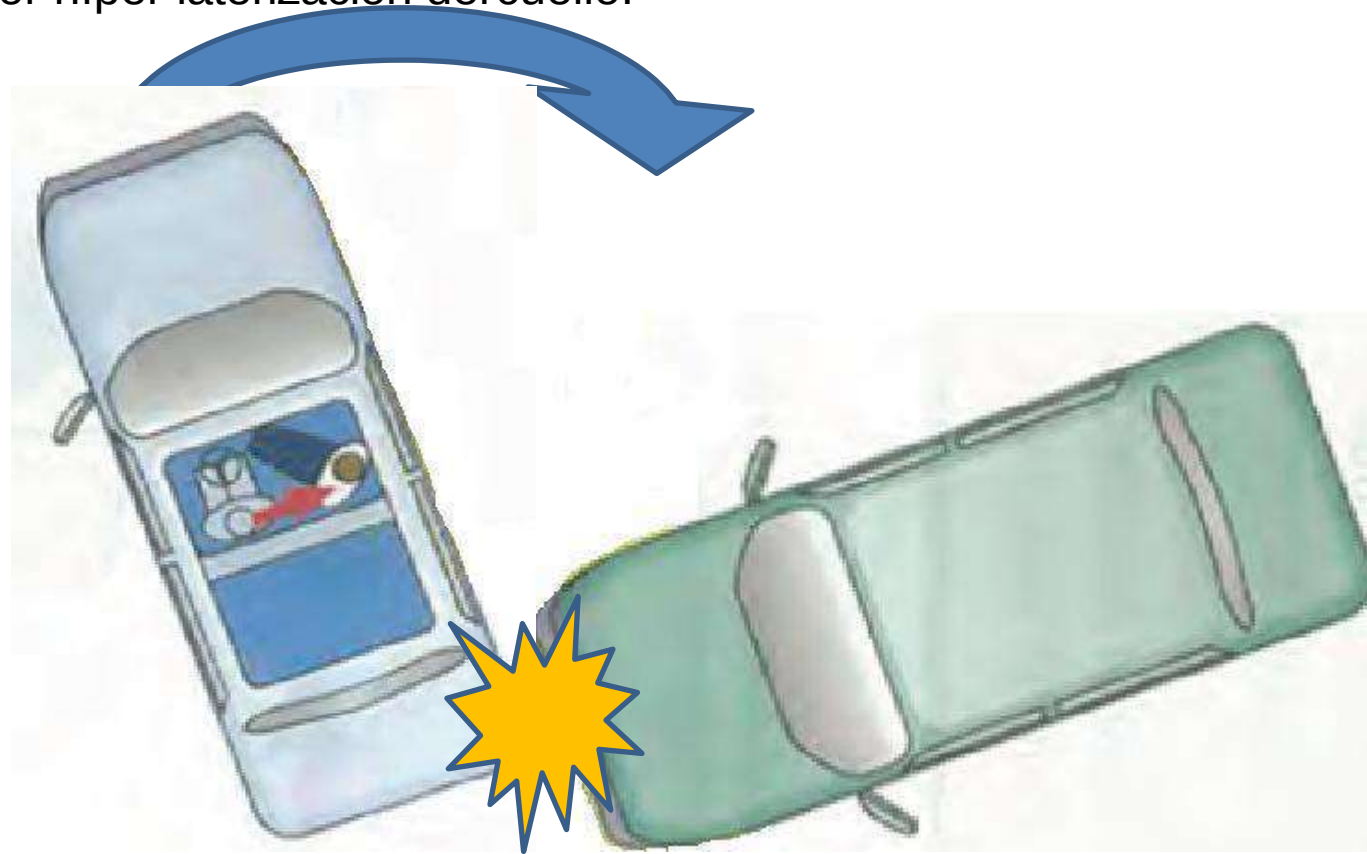


IMPACTO CON ROTACIÓN



IMPACTO CON ROTACIÓN

Ocurre cuando el vehículo es golpeado por fuera de su centro, oblicuamente en un ángulo entre el impacto frontal o posterior y el lateral experimentando, consecuentemente, un efecto rotacional con eje en el sitio de colisión. Los ocupantes, entonces, son sometidos a una fuerza centrífuga que hace que las lesiones sean una resultante de las combinaciones de fuerzas entre los impactos frontales, lateral y Posteriores, las posibles lesiones podrían ser concusiones cerebrales, trauma cervical por híper laterización del cuello.



MORTALIDAD POR TIPO DE COLISION

TIPO DE COLISION	MORTALIDAD ESPERADA EN PORCENTAJE %
IMPACTO FRONTAL	50 – 60 %
IMPACTO LATERAL	20 – 35 %
VOLCAMIENTO	8 - 15 %
IMPACTO POSTERIOR	3 - 5%

Mackay M: Mechanisms of injury and Biomechanics: Vehicle design and crash performance. World J Surg 16:420, 1992
Gikas PW: Mechanisms of injury in automobile crashes. Clin Neurosurg 19:175, 1972

LESIONES EN PEATONES



LESIONES EN PEATONES

Los atropellos de peatones por un vehículo tienen tres fases distintas, cada una de las cuales se asocia a un patrón de lesiones específico:

1. El impacto inicial se produce en las piernas y a veces en las caderas.
2. El tronco gira sobre el capó del vehículo.
3. La víctima cae al suelo separada del vehículo, en general chocando primero con la cabeza, lo que puede ocasionar un traumatismo de la columna cervical.



LESIONES EN PEATONES

Todoniño golpeado por un automóvil debe ser considerado como víctima de un trauma multi-sistémico, requiriendo rápida atención y traslado.

El conocimiento de la secuencia específica de los impactos múltiples que ocurren en los atropellos de peatones por vehículos de motor y de las múltiples lesiones que en ellos aparecen resulta esencial para realizar una valoración inicial y determinar el tratamiento adecuado de cada paciente.



TRAUMATISMOS PENETRANTES

Los traumatismos penetrantes se producen con herida traumática superficial o profunda, que afecta más allá de las partes blandas (piel y grasa subcutánea). De forma específica, se refiere a aquellas heridas que penetran en una cavidad orgánica (frecuentemente la cavidad torácica o abdominal).

Estas pueden ser causadas con mas frecuencia por:

- Armas corto punzantes.
- Armas de fuego.



LESIÓN Y NIVELES DE ENERGIA

El daño causado en una herida penetrante se puede calcular mediante la clasificación del objeto agresor en tres categorías según su capacidad energética, es decir, **armas de energía baja, media o alta**.

Los traumatismos penetrantes se pueden deber a objetos que se enclavan, como los postes de verjas y las señales de tráfico en los accidentes de tráfico, los palos de esquí en los deportes de nieve y las lesiones por el manillar en los accidentes de bicicleta.



ARMAS DE BAJA ENERGIA

Son las que se manejan con la mano, tales como cuchillos, punzones (armas cortopunzantes, armas corto-contundentes). Estos proyectiles sólo producen daños con sus puntas agudas o sus bordes afilados. Dado que son lesiones de baja velocidad, los traumatismos secundarios suelen ser escasos (es decir, las cavitaciones menores).

Las lesiones de estas víctimas pueden preverse trazando la trayectoria del arma en el interior del cuerpo. Si se ha extraído el objeto, el profesional de la asistencia prehospitalaria deberá identificar el tipo de arma utilizada y, si es posible, el sexo del agresor.



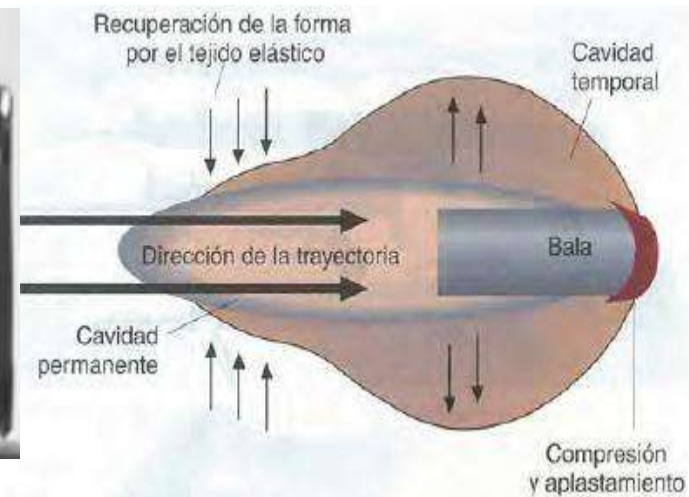
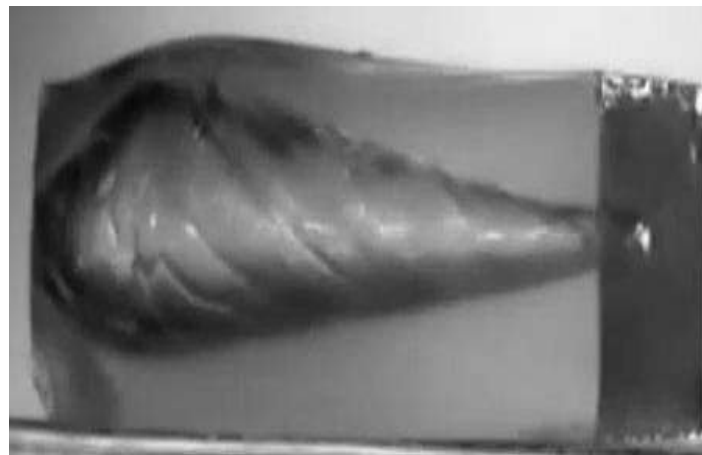
ARMAS DE MEDIANA ENERGIA

Las armas de energía media son las pistolas. A medida que aumenta la cantidad de pólvora del casquillo, también lo hace la velocidad de la bala, por tanto, su energía cinética.

En general, las armas de media y alta energía no sólo lesionan directamente al tejido a lo largo del trayecto del proyectil, sino que también dañan los que se encuentran a los lados de la trayectoria.

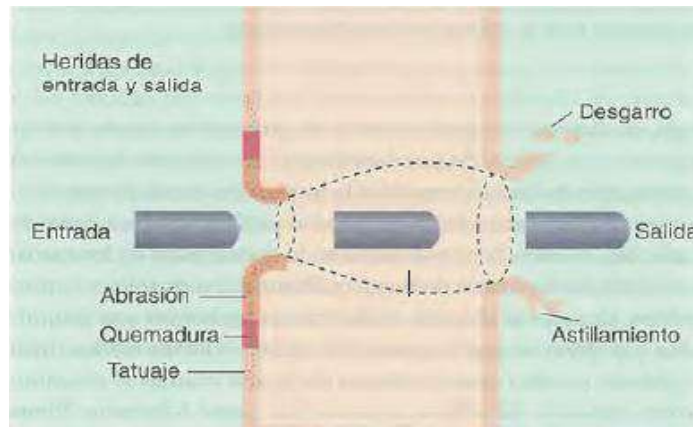
Las variables de perfil, caída y fragmentación influyen en la magnitud y dirección de las lesiones.

Las armas de energía media siempre producen una cavidad temporal cuyo tamaño suele ser tres a seis veces mayor que el área frontal del proyectil.



ARMAS DE ALTA ENERGIA

Las armas de alta energía son las de asalto, los rifles de caza y otras armas que disparan proyectiles de alta velocidad. Estos proyectiles no sólo producen una trayectoria permanente, sino que también crean una cavidad temporal mucho mayor que la asociada a la velocidad menor. Esta cavidad temporal se expande mucho más allá de los límites del recorrido de la bala y lesiona un área mucho mayor de la que resulta evidente en la valoración inicial.



CAIDAS



LESIONES POR CAIDAS

Las víctimas de caídas también pueden sufrir varios impactos. La estimación de la altura de la caída, la superficie sobre la cual aterrizó la víctima y la parte del cuerpo golpeada por primera vez forman parte de la valoración de la cinemática de las caídas. Las víctimas que se caen desde alturas mayores muestran una mayor incidencia de lesiones porque la velocidad aumenta conforme caen. En general, las caídas desde una altura tres veces superior a la de la víctima son graves.

En posición de pie, las fuerzas del impacto se transmiten a través de pies y talones, tibia, peroné, fémur, pelvis y columna vertebral; pueden lesionarse algunas de estas estructuras o todas ellas. Los impactos directos de la cabeza reparten las fuerzas sobre cabeza, columna vertebral, hombros y cintura pélvica. La mayoría de las caídas de más de 16 metros (aproximadamente cuatro pisos) son necesariamente mortales, pero está demostrado que hay personas que, milagrosamente, llegan a salvarse.

Caída de 11° piso	=	choque frontal a 90 km/hr
Caída de 7° piso	=	choque frontal a 70 km/hr
Caída de 4° piso	=	choque frontal a 50 km/hr
Caída de 2° piso	=	choque frontal a 30 km/hr

LESIONES POR CAIDAS

Preguntas que se debe hacer el TEM al atender un paciente con lesiones por caída:

- ¿Desde dónde cayó la víctima y qué altura fue aproximadamente?
- ¿Sobre qué tipo de superficie cayó la víctima?
- ¿Tiene la víctima varios impactos producidos por objetos con los que chocó durante la caída?
- ¿Qué parte del cuerpo de la víctima sufrió el impacto inicial al llegar al suelo?





MUCHAS GRACIAS