

CINEMÁTICA DEL TRAUMA

Luis Alberto Marín G.

Cirujano General y Vascular Periférico
Profesor de Cirugía
Facultad de Ciencias para la Salud
Programa de Medicina
Área de Cirugía.

Justificación:

Dada la alta incidencia de trauma en nuestro país y en el mundo, se hace necesario que el médico conozca de una manera clara los mecanismos de lesión y las lesiones resultantes en los pacientes traumatizados, para poder enfrentar el reto de su manejo y minimizar las posibilidades de olvidar o pasar por alto lesiones que complicarían el cuadro final.

TRAUMA CERRADO

Cinemática y Biomecánica del Trauma Cerrado:

Trauma: Lo podemos definir como una lesión caracterizada por una alteración estructural o un desequilibrio fisiológico, resultado de una exposición aguda a energía mecánica, térmica, eléctrica o química, o por la ausencia de elementos esenciales para la vida como el calor y el oxígeno.

En todos los casos mencionados anteriormente se produce una transferencia de energía que involucra los tejidos corporales.

Leyes de la energía y del movimiento, de Newton:

- 1- La energía no se crea ni se destruye, solo se transforma. Un cuerpo, por tanto, tiende a permanecer en el estado en que se encuentre, a menos que otra fuerza lo lleve a salir de su estado.
- 2- Fuerza = Masa x Aceleración (o Desaceleración)
- 3- Energía cinética = $(\text{Masa} \times \text{Velocidad}^2)/2$

Los componentes de un cuerpo, obviamente, irán a la velocidad que vaya el todo. Para efectos prácticos, por tanto, los ocupantes de un vehículo viajarán a la velocidad a la cual vaya el vehículo, y los órganos, tejidos o líquidos del ocupante estarán en igual condición. Debemos aclarar que el ser humano es relativamente inmune a la aceleración pero altamente sensible a la desaceleración.

La energía cinética que es transferida y absorbida por el organismo, causa disrupción de los tejidos, y esto ocurre por tres posibles vías:

- 1- Lesión por compresión.
- 2- Lesión por desceleración.
- 3- Lesión por anclaje en una posición.

Lesión por compresión:

Ocurre cuando una parte del cuerpo es parada bruscamente mientras que las otras partes continúan en movimiento. Un ejemplo de este mecanismo es el de choque del esternón contra algo, mientras la pared torácica posterior y la columna vertebral continúan en

movimiento ocasionado una compresión en “emparedado” del miocardio. Otro ejemplo claro es el de compresión brusca del tórax (con la glotis cerrada) lo que causaría un efecto de “bolsa de papel” con disrupción de los tejidos pulmonares que lleva a un neumotórax.

Lesión por desaceleración:

Ocurre cuando un órgano fijo está unido a una estructura más móvil. La parte fija para bruscamente, mientras la parte móvil continúa en movimiento causando “desgarro” en el órgano fijo. El ejemplo clásico es el del desgarro de la aorta torácica, que está firmemente unida a la columna dorsal, al parar bruscamente, mientras que el arco aórtico todavía está en movimiento desacelerándose y causando desgarro del istmo aórtico a nivel del ligamento arterioso. Otro ejemplo es el de lesión por desgarro de la íntima de la arteria renal o del pedículo completo en casos de caída libre o en la práctica de deportes extremos del tipo “jumping” (salto al vacío, atado a una cuerda elástica).

Lesión por anclaje en una posición:

Aunque está muy claramente establecida la utilidad de los cinturones de seguridad en los vehículos, las fuerzas residuales de desaceleración son redirigidas a las partes del cuerpo que están sobresaliendo en contacto con el cinturón, como por ejemplo la pelvis y el tórax, y éstas sufrirán consecuentemente la lesión causada por la resultante de las fuerzas.

CHOQUES EN VEHÍCULOS AUTOMOTORES

Impacto frontal:

Se define como la colisión que ocurre con un objeto en frente de un vehículo en movimiento y que reduce abruptamente su velocidad. Se incluyen en esta categoría los choques con otro vehículo en movimiento o contra un objeto estacionario. La transferencia de energía será una sumatoria algebraica. Así, si un vehículo choca con un objeto estacionario, habrá una transferencia de energía X; si ambos vehículos están en movimiento en el mismo sentido habrá una resta, y si chocan al viajar en sentido opuesto, se sumarán ambas energías.

Un ocupante no sostenido (no anclado) continuará moviéndose frontalmente por unos pocos instantes (milisegundos) después del impacto inicial. Este movimiento cesará rápidamente con el contacto con las partes de vehículo como la columna de dirección, tablero o el espaldar de un asiento delantero, lo que podría causar lesiones cráneo (contra el parabrisas), en tórax (contra la dirección), en rodillas y cadera (contra el panel de instrumentos), por ejemplo.

Impacto lateral:

El impacto lateral resulta de la colisión perpendicular a la dirección frontal de su movimiento. Así, los pasajeros no anclados saldrán acelerados contra las partes del vehículo, con posibilidades de lesión contra las partes y de los pasajeros entre sí. Las posibilidades de lesión son múltiples. Mencionaremos algunas: El pasajero más cercano a la zona de impacto podrá tener lesión de clavícula ipsilateral, costillas, pelvis y de órganos sólidos. Si el brazo es atrapado entre el cuerpo y el vehículo podría fracturarse la clavícula. La cabeza del fémur podría ser desviada a través del acetábulo hacia el espacio retroperitoneal, o fracturarse el trocánter mayor. La cabeza usualmente permanece “estacionaria” mientras el cuerpo inferior a ella es impulsado lateralmente generando lesión a nivel cervical que podría lesionar el plejo braquial o los vasos

subclavios o axilares. Igualmente, un impacto lateral podría causar desgarros de la aorta.

Impacto posterior:

Éste ocurre cuando un vehículo estacionario o en menor velocidad es golpeado por otro que lo golpee por detrás y que discurra a una velocidad mayor. Esta colisión genera una aceleración del vehículo golpeado, movilizándolo con posibilidad de lesión de la columna cervical. Si el descanso-cabezas no está presente, o si es inadecuadamente ubicado, la cabeza es forzada inicialmente hacia atrás en hiperextensión, a lo que sigue una flexión forzada, lo que puede causar desgarramiento de los ligamentos y músculos del cuello (lesión por “latigazo”). Las fracturas de columna y lesión de médula por este mecanismo, son poco comunes.

La aceleración inicial es seguida por una desaceleración brusca, similar a la que ocurre en los mecanismos de lesión por impactos frontales.

Lesiones por impacto rotacional:

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.

Lesiones por volcamiento:

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. También, hay en este mecanismo alto riesgo de eyección. Los ocupantes anclados tienen menores posibilidades de lesión, pero igualmente están sometidos a los efectos rotacionales y lesión en los puntos de anclaje. En este mecanismo tiene gran importancia el terreno por el cual se produce el volcamiento y los objetos o salientes contra los cuales se golpea el vehículo en ese proceso.

Lesiones por eyección:

Los ocupantes eyectados de un vehículo podrán sufrir lesiones durante el proceso de eyección y en el golpe de parada. La eyección puede ser completa o parcial. En eyección parcial, una parte del cuerpo queda dentro del vehículo y otra por fuera de él, lo que puede generar grandes ablaciones, machacamiento o amputaciones, o traumas severos de la parte que ha permanecido por fuera contra la superficie del terreno u otros objetos. La eyección total incrementa hasta seis veces la posibilidad de muerte y hasta el 8% de las víctimas eyectadas podrán tener trauma de columna vertebral.

Lesiones por cinturón de seguridad o bolsas de aire anti-choque (“air-bags”):

Con el uso de estos elementos se ha logrado una reducción de la mortalidad y la morbilidad globales en más de un 50%. Sin embargo, los air-bags solo protegerán contra las lesiones por mecanismo de lesión frontal. Al momento se está trabajando en popularizar los air-bags laterales.

A pesar de este éxito, estos mecanismos de protección tienen su propia corte de riesgos, con lesiones originados por causa de ellos mismos.

Los puntos de contacto con el cuerpo, de los cinturones de seguridad deben ser claros entre la cabeza femoral y la espina iliaca. Cuando el contacto no se hace allí, se incrementan las posibilidades de lesión de órganos intra-abdominales por compresión. Se han evidenciado desgarros de vasos mesentéricos, lesión de vísceras huecas, laceraciones de órganos sólidos y desgarros intimaes de aorta, entre otros. También se han reportado fracturas de cuerpos vertebrales por hiperflexión del torso.

Debemos llamar la atención, especialmente, en las posibilidades de lesión en niños dada su pequeña talla, no compatible con los cinturones de adultos.

También son probables las lesiones a nivel de hombro y tórax con relación a los puntos de anclaje superiores.

Los “air –bags” puede producir lesiones tales como laceraciones corneales, lesiones oculares por penetración de fragmentos de lentes o gafas y escoriaciones en cara y cuello. Hay reportes, además, de asfixia en niños.

TRAUMA EN MOTOCICLETAS Y BICICLETAS.

Los conductores de bicicletas y motocicletas son particularmente vulnerables a los choques dado que no poseen protección externa por el chasis como en los automovilistas. Así, la víctima recibe todo el intercambio de energía en su cuerpo. La única protección común puede ser el casco, que ofrece protección al cerebro.

Impacto frontal o eyeción:

Cuando una parte de la bicicleta o moto choca contra un objeto y para, el resto, incluyendo al conductor, continúa en movimiento. Dado que el centro de gravedad es el eje, el vehículo tiende a volcarse hacia delante, causando la expulsión del conductor por encima del manubrio. Cualquier parte del cuerpo podrá lesionarse contra el manubrio con un efecto de compresión en tórax o abdomen. Si los pies permanecen fijos la distribución de fuerzas por la expulsión del torso podrá causar fractura de fémur. Obviamente, si el conductor es expulsado podrá sufrir cualquiera de las lesiones que causaría el choque del cuerpo contra el piso o contra un objeto que esté por delante.

Impacto lateral:

Son más frecuentes en este mecanismo las fracturas (abiertas o cerradas) de extremidades. Las lesiones son similares a las de los impactos laterales en carros, pero con una transferencia de energía mucho mayor. También habrá lesiones al caer.

Caída debajo del la moto o bicicleta:

Este mecanismo es frecuente cuando se pierde el eje vertical del vehículo y éste se resbala dejando la pierna por debajo de él. Se causan grandes abrasiones, o avulsiones con pérdida significativa de tejido. Esto puede prevenirse por el uso de vestidos con protectores adecuados.

LESIONES DE LOS PEATONES

Este es un problema común de las áreas urbanas. La mayoría de los peatones son lesionados por vehículos que van a velocidades por debajo de 60 Km/h, excepto los atropellados en avenidas donde las velocidades son mayores. Característicamente los lesionados son principalmente niños, ancianos o intoxicados por alcohol o sicotrópicos. La lesión podrá tener relación directa con el tamaño del lesionado y del vehículo. Así, los niños tendrán más probabilidades de trauma craneoencefálico o en tórax y abdomen superior, mientras los adultos tendrán primariamente el impacto en miembros inferiores y pelvis.

Impactos por parachoques (“Bumper”):

El parachoques es, frecuentemente, el sitio de impacto primario, y la altura de éste y de la víctima determinarán el tipo y órgano o tejido lesionado, como ya se indicó.

Impacto contra el capó o el parabrisas:

Luego del impacto inicial, la víctima podrá caer sobre el capó o contra el parabrisas, causándose serias lesiones en tórax, o abdomen (por ejemplo: estallido esplénico). Alternativamente y en proporción a la velocidad del vehículo impactante, la víctima podrá ser lanzada a alguna distancia, con lesión derivada de compresión.

Impacto contra el suelo:

La fase final ocurre cuando la víctima se desliza del capó y cae al piso. En este momento puede sufrir trauma craneoencefálico o fractura de extremidades, o lesiones del torso.

Debemos anotar que al caer el peatón, el vehículo puede también pasar por encima de él causando lesiones por aplastamiento.

LESIONES POR CAÍDAS

Las caídas son la causa más común de lesiones no fatales y la segunda causa de lesiones neurológicas, pueden catalogarse como una forma de trauma cerrado, en el cual la lesión es causada por un cambio brusco en la velocidad, y la severidad del trauma estará relacionado con las características de la derivada de la velocidad y la superficie de contacto.

La magnitud de la lesión por desaceleración depende de:

1. La derivada de la velocidad con relación a la distancia.
2. El área de contacto del cuerpo contra el cual se hace la transmisión de energía.
3. Las propiedades de viscosidad y elasticidad de los tejidos que reciben el impacto.
4. Características de la superficie de contacto.

La posición de la persona que recibe el trauma al momento de la caída, determina el mecanismo de transmisión de energía y, con frecuencia permite predecir el tipo de lesión. Por ejemplo, si la persona cae sobre sus pies, transmite la energía de choque sobre su esqueleto axial con lesión de calcáneos, tibia, cuello femoral y fracturas vertebrales por aplastamiento. Algunos órganos intra abdominales podrán sufrir desgarros en sus zonas de fijación.

Pero si la persona cae sobre su espalda, la distribución de la energía se hará sobre un área mayor, causando un daño menos significativo.

Obviamente, la sobrevivencia está íntimamente ligada a la altura de caída. Se ha calculado que la altura de caída a la cual el 50% de la población podría morir es de 14.5 m. Y la altura a la cual morirían el 90% de la población es de 25 m.

TRAUMA PENETRANTE

La transferencia de energía sigue siendo igual a lo ya explicado en el trauma cerrado, sin embargo el hecho de que se penetre el tejido está, obviamente, en relación con el área de contacto (área de transferencia de energía), con la elasticidad del tejido y en relación con la densidad del mismo (número de moléculas por unidad de superficie). A menor área de contacto mayor probabilidad de penetración dada la concentración de la transferencia de energía sobre un punto lo que implica menor dispersión de la misma.

El daño subsiguiente lo dará el recorrido del objeto transmisor de energía. En el caso de las heridas por armas cortopunzantes, el daño estará relacionado con la longitud del arma u objeto causante de la transgresión del tejido, y con los movimientos de éste dentro del organismo. Igual mecanismo ocurre con las lesiones por empalamiento (por ejemplo caídas sobre estacas).

En el caso de las lesiones por arma de fuego, debemos anotar la importancia de la velocidad del misil que será el factor más importante en consonancia con la fórmula de transmisión de la energía (donde la velocidad está elevada al cuadrado). La magnitud del daño la dará igualmente el área de contacto del misil, la transmisión de energía con choque de las moléculas que causará efecto de cavitación, los movimientos rotacionales y de balanceo del misil y la probabilidad de su fragmentación que formará misiles secundarios.

Un caso especial es el de las lesiones por proyectiles de carga múltiple. Su comportamiento tanto en balística interna, balística externa y balística terminal es diferente. A este campo pertenecen las lesiones por escopeta. Los proyectiles (perdigones) no son bien direccionados en su recorrido por el cañón, no son aerodinámicos (sufren alto roce en el aire durante su recorrido y pierden fácilmente su velocidad), al salir del cañón viajan compactos por corta distancia y se dispersan rápidamente (cono de dispersión), el tapón del cartucho también viaja con los proyectiles y puede penetrar, y su rango de efectividad es de corta distancia. Esto hace que las lesiones causadas por disparos a corta distancia causen grandes daños, pero que a distancia mayores de 15 metros la dispersión es tan grande y la pérdida de velocidad tal que es poco probable una lesión grave.

Para mayor información, remitimos al lector a textos de balística.

Nota: Este es un documento de trabajo inicial y es susceptible de ser modificado, corregido y cualificado.

Luis Alberto Marín G.