

## CINEMÁTICA DE TRAUMA

Mecanismo e lesión= ¿Cómo se lesionó el paciente?

Cinemática= es la ciencia que analiza los mecanismos de lesión. Ayuda a predecir el tipo y extensión de las lesiones.

Energía y cinética= la energía contenida en un cuerpo en movimiento

$$f(x) = \frac{M}{2} * v^2$$

- Principios Generales: un evento traumático tiene tres fases de intercambio de energía
  - Preevento= lo que ocasiona el accidente;
    - Enfermedades, ingesta de sustancias recreativas y el estado de conciencia del paciente.
  - Evento= el momento de impacto entre objetos. Hay tres impactos;
    - Objeto vs objeto
    - Ocupante del vehículo vs objeto
    - Los órganos en el cuerpo entre ellos
  - Posevento= inicia cuando se absorbe la energía del choque.
- Intercambio de Energía: entre un objeto sólido y el cuerpo humano
  - Densidad= entre más denso un objeto sólido mayor será la tasa y la cantidad total de intercambio de energía. El cuerpo tiene tres tipos de densidades en los tejidos (Aire, agua y sólido).
  - Área de contacto= si todo el impacto se enfoca en un área pequeña y esta fuerza es mayor a la resistencia de la piel, el objeto atravesará la piel. Si la fuerza se enfoca en un área grande no atravesará la piel.
    - Trauma contuso= la fuerza no penetra la piel.
    - Trauma penetrante= el objeto penetra la piel.
  - Cavitación= las partículas de un tejido se mueven de su posición normal, creando un orificio.
    - Cavity temporal= cuando se penetra, pero esta vuelve a su forma previa.
    - Cavity permanente= después del colapso y de la cavity temporal, es la forma que adquiere después del golpe.
- Trauma Contuso y Penetrante
  - Trauma Contuso
    - Principios Mecánicos
      - Las probables circunstancias que llevaron al choque que ocasionó un trauma contuso proporcionan indicios sobre la gravedad de las lesiones y los posibles órganos involucrados.
      - Los factores por evaluar son:
        - Dirección del impacto
        - Daño extremo del vehículo (tipo y gravedad)
        - Lesión interna
      - En el trauma contuso se involucran dos fuerzas en el impacto: el desgarro y compresión, ambas pueden producir una cavitación.
        - El desgarro el resultado de que una parte de un órgano o estructura que cambia de velocidad más

rápido que otro órgano o estructura. Durante esta diferencia de velocidad causa que las partes se separen y se desgarren.

- La compresión ocurre cuando la parte de una estructura u órgano es presionada directamente contra otros órganos o estructuras.
- Colisión por vehículos automotores
  - Es la forma más común en donde se presenta trauma contuso
  - Los choques de vehículos de motor se pueden dividir en:
    - Impacto frontal
    - Impacto trasero
    - Impacto lateral
    - Impacto rotacional
    - Volcadura
  - Determinar que tipo de colisión ocurrió, la energía transferida involucrada y la dirección del impacto pueden ayudar a estimar el potencial de la lesión del lesionado.
  - El ocupante recibe el mismo tipo de fuerza que el vehículo desde la misma dirección, sin embargo, la cantidad de fuerza intercambiada con el lesionado puede haber sido reducida por la absorción de energía por parte del vehículo.
    - Impacto frontal
      - Cuando un auto golpea algún objeto por la parte de adelante esta se detiene, pero la parte trasera continua en movimiento hacia adelante y se detiene hasta que la energía deforma el vehículo.
      - El mismo movimiento le ocurre al conductor. La columna es golpeada por el tórax, cuando el esternón se detiene, la pared torácica posterior continua su movimiento hasta que la energía es absorbida por la deformación y la posible fractura de costillas, aplastamiento del corazón y los pulmones entre el esternón y la columna.
      - La cantidad de daño al vehículo indica la velocidad aproximada de este al momento de impactarse.
      - Aunque el vehículo se detiene súbitamente, el ocupante continúa moviéndose y seguirá una de las dos posibles trayectorias: arriba y por encima o hacia abajo y por debajo.
      - El uso del cinturón de seguridad y el despliegue de una bolsa de aire o el sistema de sujeción absorberán algo o la mayor parte de la energía, reduciendo la lesión a la víctima.
        - Trayectoria hacia arriba y por encima el volante

- La cabeza suele ser la primera en impactarse contra el techo o el parabrisas, la cabeza detiene su movimiento hacia adelante.
- El tronco continúa su movimiento hasta que la energía es absorbida por la columna vertebral.
- La columna cervical es la sección menos protegida de la columna.
- Después el tórax o el abdomen colisionan con la columna en la dirección del volante.
- El impacto del tórax contra el volante ocasiona lesiones a la caja torácica (corazón, pulmones y de la aorta)
- El impacto del abdomen contra la columna del volante puede comprimir y aplastar los órganos sólidos, ocasionando una lesión por sobrepresión, el diafragma es susceptible a esto, y rotura de órganos huecos.
- Los riñones, el bazo y el hígado puede lesionarse por desgarramiento conforme el abdomen golpea la columna del volante y se detiene repentinamente. Un órgano se puede desgarrar de sus tejidos de sujeción y soporte anatómicos.
- La aorta y la vena cava se encuentran estrechamente ligados a la pared abdominal posterior y la columna vertebral.
- El movimiento de los riñones puede estirar los vasos renales hasta romperlos. Algo parecido le puede desgarrar la aorta porque el arco sin sujeción está fuertemente

adherido a la aorta  
descendente.

- Trayectoria hacia abajo y por debajo del volante.
  - En esta trayectoria el paciente se mueve hacia adelante, por rebajo y fuera del asiento hacia el tablero.
  - El pie puede estar plantado en el panel del piso o en un pedal mientras la rodilla esta estirada, esta se puede torcer conforme el movimiento del tronco sigue y angula y fractura la articulación del tobillo, pero si el tobillo no se dobla y las rodillas ya están dobladas estás golpearan el tablero.
  - La rodilla tiene dos puntos de posible impacto contra el tablero; la tibia y el fémur.
  - So la tibia golpea el tablero y se detiene mientras el fémur continuo su movimiento y la sobrepasa, resultara en una rodilla luxada con rotura de ligamentos, tendones y otras estructuras de soporte. Ya que la arteria poplítea yace cerca de la rodilla, la luxación de la rodilla a menudo lesiona ese vaso. La arteria se puede romper por completo o se puede dañar solo la capa de revestimiento, en ambos se casos se ocasiona un coagulo de sangre ocasionando una reducción significativa del flujo sanguíneo hacia los tejidos de la pierna por debajo de la rodilla.
  - Una marca en el tablero en donde se impactó la rodilla es un indicador clave de que una cantidad importante de energía se concentró en esta articulación.

- Cuando el fémur es el punto de impacto, la energía es absorbida por la diáfisis del hueso, la cual se puede romper. Como la pelvis sigue avanzando hacia el fémur, la pelvis puede sobrepasar la cabeza femoral y ocasionar una luxación posterior de la articulación acetabular.
  - Después de que las rodillas y piernas detienen su movimiento hacia delante, la parte superior del cuerpo se inclina hacia delante en dirección al volante o al tablero.
- Impacto trasero
  - Se presentan cuando un vehículo es golpeado por otro vehículo por la parte trasera. El vehículo de mayor velocidad se le conoce como “vehículo bala” y al que va a menor velocidad como “vehículo objetivo o blanco”.
  - Entre mayor sea la diferencia de velocidad entre los vehículos, mayor será la fuerza de impacto.
  - Todo lo que este fijado dentro del vehículo se moverá hacia adelante a la misma velocidad del vehículo, los objetos que no estén fijados (incluyendo a los ocupantes) iniciarán a moverse hacia adelante a diferente velocidad que la del vehículo una vez que algún objeto del vehículo les transmita energía.
  - Si el cabezal no está colocado inadecuadamente (abajo y detrás del occipucio), la cabeza comenzará un movimiento que causará el hiperextensión del cuello. El estiramiento y desgarro de los ligamentos y otras estructuras de soporte, esto puede ocasionar lesiones.
  - Si el vehículo objetivo se detiene repentinamente, los ocupantes continuarán moviéndose hacia adelante.
- Impacto lateral
  - Esto ocurre cuando el vehículo es golpeado en un costado por un vehículo u objeto. El lado del vehículo que recibe el golpe es impulsado contra el lado contrario. El ocupante se puede

lesionar al ser acelerado lateralmente o con la deformación del compartimiento de pasajeros.

- Cinco regiones del cuerpo que pueden lesionarse en un impacto lateral:
  - Clavícula: se puede comprimir y fracturar si la fuerza es contra el hombro.
  - Tórax: la compresión de la pared torácica puede fracturar costillas, contusión pulmonar o lesión por compresión de los órganos sólidos por debajo de la parrilla costal. Las lesiones por desgarro de la aorta pueden producirse por la aceleración lateral (en lesiones laterales ocurre el 25% de las lesiones por desgarro de la aorta).
  - Abdomen y pelvis: la pelvis puede comprimirse y fracturarse y empujar la cabeza femoral a través del acetábulo. Los ocupantes del lado del conductor son vulnerables a las lesiones esplénicas, ya que el bazo se ubica del lado izquierdo. Los ocupantes del lado del pasajero tienen mayor probabilidad de una lesión en el hígado.
  - Cuello: el tronco se puede mover hacia afuera por debajo de la cabeza. El punto de fijación de la cabeza es posterior e inferior al centro de gravedad de la cabeza, por lo que el movimiento de la cabeza en relación con el cuello es de flexión lateral y rotación. El lado contralateral de la columna se abrirá (distracción) y el lado ipsilateral se comprimirá. Este movimiento puede fracturar las vértebras o más probablemente causar que las facetas se imbriquen, una posible luxación y una lesión de la medula espinal.
  - Cabeza: la cabeza puede golpear el marco de la puerta. Los impactos en el lado más cercano pueden producir más lesiones que los impactos en el lado más alejado.

- Impacto rotacional
  - Ocurre cuando la esquina de un vehículo golpea un objeto inmóvil otro vehículo que va a menor velocidad o dirección opuesta. La esquina se detiene, pero el resto del vehículo continúa moviéndose hasta que la energía es transformada por completo.
  - Estos impactos causan lesiones que son una combinación de las que se ven en los impactos frontales y en las colisiones laterales.
  - Los ocupantes continúan moviéndose hacia delante y después es golpeado por el lado del vehículo conforme el vehículo rota alrededor del punto de impacto.
  - El paciente más cercano al punto será el que probablemente presente las peores lesiones.
- Volcadura
  - En estas el vehículo puede presentar varios impactos a diferentes ángulos, al igual que el cuerpo y los órganos internos del ocupante.
  - Un ocupante sin sujeción por lo común presenta lesiones tipo desgarro porque hay fuerzas importantes presentes en el vehículo que rota.
  - En ocasiones los ocupantes pueden ser lanzados del vehículo mientras esta rueda y ser aplastados por el vehículo o presentar lesión por el impacto contra algún otro objeto.
- Incompatibilidad del vehículo
  - El tipo de vehículo involucrado puede inferir en el tipo de lesiones.
  - Los ocupantes del vehículo golpeado en su cara lateral tienen 5.6 veces mayor probabilidad de morir que aquellos en el auto que golpea. Esto puede ser por la falta de protección en esta área del vehículo. Cuando el auto golpeado es una SUV o pickup los ocupantes tienen casi el mismo riesgo de muerte que los del auto que los golpea ya que el compartimento se encuentra a mayor altura por lo que los ocupantes reciben un golpe menos directo.
  - Si un vehículo golpea en la cara lateral a un vehículo los ocupantes del vehículo golpeado tienen 13 veces mayor probabilidad de morir que los del otro vehículo. Si una camioneta SUV o pick-up es la que golpea la probabilidad

de morir de los ocupantes del vehículo golpeado es de 25 a 30 mayor que los de la camioneta.

- Sistemas de protección y sujeción de los ocupantes.
  - Cinturones de seguridad
    - Al usar de manera adecuada el cinturón de seguridad la presión del impacto será absorbida por el tórax y la pelvis, lo que origina pocas lesiones graves, si es que se presentan.
    - Cuando los cinturones de la pelvis están mal colocados, pueden ocurrir lesiones por compresión de los órganos abdominales blandos (bazo, hígado, páncreas). El incremento de la presión intraabdominal puede provocar la ruptura del diafragma y la herniación de los órganos abdominales.
    - Si se utiliza solo el cinturón de la pelvis sin el cinturón del hombro se pueden suscitar fracturas por compresión de la columna lumbar conforme las partes superior e inferior del tronco pivotan por encima del cinturón a nivel de la pelvis y las vértebras T12, L1 y L2.
  - Bolsas de aire
    - Las bolsas de aire absorben con lentitud la energía al aumentar la distancia de frenado del cuerpo.
    - Son extremadamente efectivas en la primera colisión con impacto frontal y casi frontal.
    - Las bolsas se desinflan inmediatamente después del impacto, por lo que no son efectivas en las colisiones con múltiples impactos o en los impactos traseros.
    - Una bolsa de aire se despliega y se desinfla en .5 segundos.
    - Las bolsas de aire pueden ocasionar abrasiones en los brazos, tórax y cara; cuerpos extraños en la cara y lesiones causadas por los lentes del ocupante.
    - Las bolsas de aire que no han sido desplegadas pueden ser peligrosas.



- El conductor debe estar a por lo menos 25 cm del volante y el pasajero a por lo menos 45 cm de la cubierta para minimizar las posibles lesiones causadas por la bolsa de aire.
  - Las bolsas de aire pueden ocasionar lesiones graves a los menores de 12 años que son golpeados por estas, la bolsa de aire les puede causar la muerte.
- Choques en motocicletas
  - Impacto de cabeza:
    - Ocurre cuando una colisión de cabeza hacia un objeto sólido detiene el movimiento frontal de una motocicleta.
    - Ya que el centro de gravedad de un motociclista está por encima y detrás del ángulo frontal el cual es el punto de pivote en la colisión, la motocicleta se inclina hacia delante y el conductor se estrella contra el manubrio.
    - El conductor puede presentar lesiones en la cabeza, tórax, abdomen o pelvis, dependiendo que parte del cuerpo golpeó el manubrio.
    - Si los pies del motociclista permanecen en los estribos de la motocicleta y los muslos golpean el manubrio, el movimiento hacia delante será absorbido por la diáfisis del fémur, lo que comúnmente ocasiona fractura bilateral del fémur.
    - Las fracturas pélvicas “en libro abierto” suelen presentarse cuando la pelvis golpea el manubrio.
  - Impacto angular.
    - Ocurre cuando la motocicleta golpea un objeto en cierto ángulo, después la motocicleta caerá sobre el motociclista o aplastará al conductor entre la moto y el objeto.
    - Puede haber lesiones en extremidades superiores e inferiores, pueden ser fracturas y lesiones extensas en los tejidos blandos. Y puede haber lesiones de los órganos en la cavidad abdominal.
  - Impacto de eyección:
    - La falta de sujeción puede ocasionar que el motociclista sea expulsado, este continuará en vuelo hasta que alguna parte de su cuerpo golpe a un objeto externo, esto ocasionara una lesión en el punto de impacto y esta se irradiara hacia el resto del cuerpo.
  - Prevención de lesiones:
    - La estructura del casco absorbe la mayor parte del impacto, reduciendo las lesiones en cara, cráneo y cerebro. El no usar casco aumenta en más de 300% las lesiones en cabeza. Pero el casco proporciona una protección mínima al cuello.
- Lesiones en los peatones

- En las colisiones entre peatones y vehículos hay tres fases separadas, cada una con distinto patrón de lesiones:
  - El impacto inicial es contra las piernas, en ocasiones contra las rodillas.
  - El tronco gira hacia el cofre del vehículo, y puede golpear el parabrisas.
  - Después el peatón golpea el pavimento, por lo general con la cabeza hacia delante, con posible trauma de la columna cervical.
- Las lesiones varían según la altura del paciente y la del vehículo.
- Los adultos por lo general son golpeados primero por la defensa del vehículo en la parte inferior de las piernas, provocando fractura de tibia y de peroné, dependiendo de la altura del cofre, el abdomen y el tórax resultarán golpeados por la parte superior del cofre y el parabrisas.
- El segundo golpe puede ocasionar fracturas de la parte superior del fémur, la pelvis, las costillas y la columna vertebral, ocasionando aplastamiento o desgarres intraabdominales e intratorácicos. Si la cabeza golpea algún objeto o continúa moviéndose puede ocasionar lesiones en cara, cabeza y columna vertebral cervical y torácica. Si el vehículo tiene un área frontal grande el cuerpo puede ser golpeado completamente de manera simultánea.
- Cuando la víctima es lanzada lejos del vehículo y golpea el pavimento, la víctima puede recibir un fuerte golpe de un lado del cuerpo, pudiendo lesionar la cadera, hombro y cabeza.
- Los tres impactos ocasionan un movimiento violento, repentino, del tronco, cabeza y cuello, por lo que puede haber fractura inestable de la columna. Cuando el peatón es empujado puede recibir un segundo golpe.
- Los niños suelen ser golpeados en la parte superior de su cuerpo debido a su estatura. El primer impacto suele ser cuando la defensa golpea las piernas del niño (por encima de las rodillas) o la pelvis, lesionando el fémur o la cintura pélvica. El segundo impacto ocurre cuando el cofre golpea el tórax del niño, después la cabeza y la caragolpean el cofre. Por el tamaño y peso del niño puede no ser arrojado muy lejos por lo que puede quedar justo enfrente del vehículo y puede ser arrollado por el vehículo.
- Los niños normalmente giran hacia el automóvil por curiosidad, esto puede complicar las heridas del niño, al girar exponerá la parte anterior del cuerpo y la cara a lesiones.
- Caídas
  - Las víctimas de caídas pueden presentar lesiones por múltiples impactos.
  - La altura estimada de la cual cayó la víctima, la superficie sobre la que aterizó y la parte del cuerpo que impactó primero ayudan a indicar la energía involucrada y el intercambio de energía que ocurrió.
  - Las caídas de más de 6.1 m en los adultos y de 3 m en los niños, de dos a tres veces la altura de una persona) casi siempre son graves. Esto

puede variar dependiendo de la superficie sobre la que aterrice y la compresibilidad de la superficie.

- Síndrome de Don Juan: patrón de lesión en las caídas con los pies por delante. Se le llama así por las películas cuando una persona salta de un balcón alto y aterriza con los pies y después continúa caminando. Se asocia con fracturas por desgarro o compresión de los tobillos y fracturas distales de la tibia y peroné. Cuando los pies golpean el suelo y dejan de moverse, las piernas son las siguientes en absorber la energía. Puede haber fracturas de la meseta tibial de la rodilla, fracturas de huesos largos y de la cadera. El cuerpo se comprime por el peso de la cabeza y el tronco, estos continúan moviéndose, lo que puede fracturar la columna por compresión en la columna vertebral de las áreas torácica y lumbar. Hay hiperflexión con inclinación cóncava en S de la columna vertebral, lo que ocasiona lesiones por compresión en el cóncavo y lesiones por distracción de lado convexo.

▪