

RESUMEN

Las cargas de impacto son la fuente primaria de lesiones en la cabeza y pueden resultar en un rango de traumatismo desde leve hasta severo. Debido a la existencia de múltiples entornos en los que se pueden desencadenar lesiones por impacto (accidentes automovilísticos, deportes, caídas accidentales, violencia), éstas pueden afectar potencialmente a toda la población independientemente de su estado de salud. Pese al creciente esfuerzo en investigación para comprender la biomecánica de las lesiones por traumatismo en la cabeza, todavía no es del todo posible realizar predicciones precisas ni prevenir estos eventos.

En esta Tesis, se han estudiado algunos aspectos del comportamiento ante impacto de los diferentes tejidos biológicos involucrados mediante el desarrollo de un modelo numérico de cabeza humana a partir de imágenes de tomografía computerizada (TAC). Se han realizado simulaciones en elementos finitos (EF) de ensayos experimentales de la literatura con el fin de validar el modelo numérico desarrollado, estableciendo unas propiedades mecánicas adecuadas para cada uno de sus constituyentes. De esta manera se puede adquirir una predicción adecuada del riesgo de sufrir daños. Parte de esta Tesis se centra en el entorno balístico, específicamente en cascos de combate antibalas, los cuales son susceptibles de causar traumatismo craneoencefálico debido a la elevada deformación que sufren durante el impacto. Previamente al estudio de estos fenómenos de alta velocidad, se han realizado ensayos experimentales y numéricos para caracterizar la respuesta mecánica de algunos materiales compuestos ante impacto de baja velocidad. Se ha obtenido una adecuada caracterización de los mecanismos de daño y fallo de estos materiales mediante la implementación de un modelo de mecánica de daño continuo junto con un criterio de fallo de Hashin y relaciones cohesivas de tipo superficie-superficie. Al principio de esta Tesis se ha realizado una revisión del estado del arte acerca de los criterios existentes para cuantificar el trauma craneoencefálico. Este es un aspecto clave para las simulaciones numéricas, ya que la idoneidad de algunos de estos criterios para la predicción de lesiones cerebrales todavía es un debate abierto.

Mediante EF se han realizado simulaciones numéricas de impactos balísticos en una cabeza protegida con un casco de combate. Mediante la posterior aplicación de diferentes criterios de daño sobre los resultados obtenidos se ha evaluado el nivel de protección que aseguran los protocolos de aceptación de cascos de combate, así como las estrategias para determinar su tallaje. Se ha demostrado que las normativas existentes para cascos de combate son capaces de mitigar algunos mecanismos de trauma pero no logran prevenir otros como los gradientes de presión intracraneales. Además, se ha demostrado que algunas de las estrategias de tallaje más comúnmente adoptadas por los fabricantes, como producir un solo tamaño de calota y adaptar el espesor de las espumas interiores a las diferentes dimensiones de los sujetos, deberían ser reconsideradas ya que existe un mayor riesgo de traumatismo cuando la distancia entre la cabeza y la calota del casco no es suficiente.

Siguiendo la línea de protecciones personales, algunos de los materiales compuestos comúnmente empleados en la industria armamentística se han combinado para crear distintas posibles configuraciones de calota para optimizar la relación entre peso del casco y protección para la cabeza. Materiales ligeros como el UHMWPE han resultado en un comportamiento menos eficiente que el de los apilados de tejido de aramida a la hora de limitar la BFD (deformación máxima en la calota del casco en la zona de impacto).

Hacia el final de la Tesis se presenta un modelo numérico de cabeza humana detallado, que incluye treinta y tres de las estructuras anatómicas principales. Dicho modelo se ha desarrollado para la simulación de un accidente ecuestre en el que aparecen múltiples lesiones craneoencefálicas.

Principalmente, se pretende establecer un criterio mecánico para la predicción del hematoma subdural (HS) basado en la ruptura de los vasos sanguíneos intracraneales. Se ha propuesto un valor umbral de ruptura en tensiones de 3.5 MPa, pero tanto este límite como la localización del vaso dañado son altamente dependientes de la anatomía específica de cada sujeto.