



**CARACTERÍSTICAS DE LAS VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL
TRAUMA POR OBJETO CONTUNDENTE.**

SANDRA MILENA RAMÍREZ RESTREPO

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANAS
DEPARTAMENTO DE ANTROPOLOGÍA
MEDELLÍN
2017**

**CARACTERÍSTICAS DE LAS VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL
TRAUMA POR OBJETO CONTUNDENTE**

SANDRA MILENA RAMÍREZ RESTREPO

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE ANTROPÓLOGA

**ASESOR
ANDRÉS FELIPE GARCÍA PINEDA
DEPARTAMENTO DE ANTROPOLOGÍA**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANAS
DEPARTAMENTO DE ANTROPOLOGÍA
MEDELLÍN
2017**

Tabla de contenido

1. CAPÍTULO I. FORMULACIÓN DE LA PROPUESTA	
1.1 INTRODUCCIÓN	10
1.2. ANTECEDENTES	11
1.2.1. El desarrollo histórico de la Antropología Física	12
1.2.1.1. El enfoque paleoepidemiológico	13
1.2.1.2. Los aportes de la paleopatología y el método descriptivo al estudio de los traumas en la Antropología Física	13
1.2.1.3. Los estudios pioneros en traumas por objeto contundente a nivel global	14
1.2.1.4. El estudio de los traumas por objeto contundente en Colombia	16
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.3.1. El conflicto interpersonal en evidencias arqueológicas	17
1.3.2. El conflicto armado en Colombia.	22
1.3.2.1. Estadísticas de muertes violentas	22
1.3.2.2. Estadísticas de lesiones por objeto contundente	24
1.4. OBJETIVOS	27
1.4.1. Objetivo general	27
1.4.2. Objetivos específicos	27
1.5. METODOLOGÍA	28
2. CAPITULO II: ASPECTOS GENERALES DE LAS VARIABLES IMPLICADAS EN LOS TRAUMAS POR OBJETO CONTUNDENTE	30
2.1 TEJIDO ÓSEO	30
2.1.1. Propiedades del tejido óseo	30
2.1.2. Funciones y estructura del hueso.	31
2.2. LESIÓN Y TRAUMA EN EL TEJIDO ÓSEO	33
2.2.1. La lesión	33
2.2.1.1. Lesiones de etiología patológica	34
2.2.1.2. Lesiones de etiología traumática	34
2.2.2. Tipos de trauma	35
2.3. REACCIÓN DEL TEJIDO ÓSEO ANTE EVENTOS DE TIPO TRAUMÁTICO	35
2.3.1. Fases de consolidación	36
2.3.1.1. Formación del hematoma.	37
2.3.1.2. Proliferación celular.	37

2.3.1.3. Proliferación celular/formación del callo primario	38
2.3.2.4. Formación del callo óseo/consolidación	38
2.3.1.5. Remodelación y consolidación ósea	39
2.4.1. Circunstancias asociadas a las fracturas	40
2.4.2. Tipos de fracturas	40
2.4.3. Variables que intervienen en la fractura	44
2.5. LA BIOMECÁNICA EN LA PRODUCCIÓN DE FRACTURA POR OBJETO CONTUNDENTE	46
2.5.1. Terminología básica	46
2.5.1.1. Fuerza	47
2.5.1.2 Impacto	49
2.5.1.3. Elasticidad	49
3. CAPÍTULO III: CIRCUNSTANCIAS COMUNES DE TRAUMA POR OBJETO CONTUNDENTE	53
3.1. PROCESO DE GENERACIÓN DEL TRAUMA POR OBJETO CONTUNDENTE.	54
3.2. ATAQUES POR OBJETO CONTUNDENTE	55
3.3. LESIONES POR HOMICIDIO	55
3.3.1. Abuso de niños, adultos vulnerables y ancianos	56
3.3.1.1. Abuso de niños	56
3.3.1.2. El abuso de ancianos y del abuso de adultos vulnerables	58
3.4. ESTRANGULACIÓN	58
3.4.1. Ahorcamiento	59
3.4.2. Estrangulación con ligaduras	60
3.4.3. Estrangulación Manual	60
3.5. TRAUMA POR VEHÍCULOS DE MOTOR.	61
3.5.1. Traumas del conductor/pasajero	63
3.5.2. Traumas de motociclistas	66
3.5.3. Traumas por vehículo versus traumas de peatón	67
3.6. CAÍDAS	71
3.6.1. Caídas de pie	71
3.6.2. Caídas con fracturas osteoporóticas	73
3.6.3. Caídas desde alturas	74
4. CAPÍTULO IV: ESTUDIOS DE CASO SOBRE MECANISMOS DE TRAUMA POR OBJETO CONTUNDENTE EN DIFERENTES CONTEXTOS	78

4.1 ESTUDIOS DE CASO EN CONTEXTOS ARQUEOLÓGICOS	78
4.1.1. Perspectivas teóricas de la arqueología enfocada en BFT.	78
4.1.2. Enfoques metodológicos de la arqueología enfocada en BFT.	80
4.1.3. Circunstancias de muerte asociadas a BFT.	83
4.1.3.1. Combate cuerpo a cuerpo.	83
4.1.3.2. Violencia interpersonal.	85
4.1.3.3. Causas indeterminadas de muerte	92
4.1.4. Dinámicas sociales reflejadas por los BFT en sitios arqueológicos	94
4.2. ESTUDIOS DE CASO EN CONTEXTOS FORENSES CON EVIDENCIA ÓSEA DE BFT.	101
4.2.1. Perspectivas teóricas de la antropología forense enfocada en BFT.	102
4.2.2 Enfoques metodológicos de la antropología forense enfocada en BFT.	104
4.2.3. Circunstancias de muerte con presencia de BFT.	109
4.2.3.1. Homicidios.	110
4.2.4.2. Abuso infantil.	115
4.2.4.3. Accidentes.	116
4.2.4.4. Caídas	119
4.2.4.5. Suicidio	121
4.2.4.6. Tortura.	122
4.2.4.7. Misceláneos.	124
4.3. ESTUDIOS DE CASO EN CONTEXTOS MÉDICOS REALIZADOS CON MUESTRAS QUE PRESENTAN EVIDENCIA DE BFT.	130
4.3.1. Perspectiva teórica del BFT en los contextos médicos.	130
4.3.2. Enfoques metodológicos de los estudios de BFT aplicados a los contextos médicos.	134
4.3.3. Circunstancias de BFT asociadas a contextos médicos.	137
5. ESTUDIOS DE CASO SOBRE LA BIOMECÁNICA DEL TRAUMA POR OBJETO CONTUNDENTE.	150
5.1 Perspectivas teóricas de los estudios de BFT aplicados a la biomecánica.	150
5.2 Enfoques metodológicos de los estudios de BFT aplicados a la biomecánica	154
5.3 Características biomecánicas de los BFT.	158
6. Discusión y Conclusiones.	177
9. BIBLIOGRAFÍA.	184

Listado de ilustraciones

Ilustración 1 Muertes violentas en Colombia período 2005-2014	23
Ilustración 2 Maneras de muerte violenta.....	23
Ilustración 3 Causas de muerte indeterminada en Colombia	24
Ilustración 4 Homicidios según mecanismo causal en Colombia, 2014.....	25
Ilustración 5 Violencia interpersonal según mecanismo causal en Colombia	26
Ilustración 6 Estructuras del hueso	31
Ilustración 7 Estructura interna de dos tipos de hueso	32
Ilustración 8 Tipos de fracturas incompletas	43
Ilustración 9 Tipos de fracturas completas	43
Ilustración 10 Tipos de fuerza que producen la fractura.....	48
Ilustración 11 Modulo de Young.....	50
Ilustración 12 Movimiento de peatones impactados por un automovil.....	68
Ilustración 13 Compresión de pecho y compresión de la pelvis	70
Ilustración 14 Zona HBL	103
Ilustración 15 Homicidios indígenas australianos desde 1969 hasta 2008	111
Ilustración 16 Tipo de fractura craneal	112
Ilustración 17 Presencia, ausencia y tipo de trauma	113
Ilustración 18 Algoritmo para el reportar autopsias y tiempos de llegada	141
Ilustración 19 Severidad y alargamiento de la amnesia postraumática	142
Ilustración 20 Distribución de frecuencias por tipo de trauma laboral.....	148
Ilustración 21 Modelo de flexión de tres puntos	157
Ilustración 22 Resultados de la prueba con la barra de presión Hopkinson	171
Ilustración 23 Criterios para distinguir el tiempo de las fracturas.....	175

AGRADECIMIENTOS

Inicialmente, quiero agradecer a mi familia, a mi madre, una mujer que ha trabajado de manera incansable toda su vida, a mi tía quien siempre celebra de la manera más efusiva mis logros, a mi hermana por darme su apoyo siempre que lo requería, a mi prima, a mi sobrina María Fernanda quien llena mi vida de felicidad, de color y me hace intentar ser una mejor persona, a Memo porque ha sido una persona fundamental para que yo pudiera terminar mi carrera. Gracias. No tengo como agradecerles tantos esfuerzos, si soy antropóloga y soy la persona en la que me he convertido es gracias a ustedes.

A mis amigos, Juan, Stiven y Daniel por ser mi paño de lágrimas, por escucharme, por abrazarme y dejar que me desahogara en los momentos difíciles. Su amistad es una de las tantas cosas maravillosas que me deja la Universidad.

A mis compañeros de Antropología gracias por los cafés, la compañía y las conversaciones. A mi equipo de trabajo quienes siempre comprendieron mis ausencias y me ayudaron a ser una mejor profesional.

A la Universidad de Antioquia, el Departamento de Antropología y, en especial, al profesor Andrés García por su infinita paciencia, por su dedicación, por su tiempo, por las palabras de apoyo y comprensión durante el desarrollo de este trabajo de grado. Finalmente, a la profesora Juliana Isaza con quien inicié este proceso, gracias por su apoyo y por sus palabras en los momentos de mayor confusión.

RESUMEN

En el presente trabajo de grado se aborda la temática de los traumas producidos por objeto contundente en seres humanos. Inicialmente, se hace un acercamiento a los aspectos morfológicos y funcionales del tejido óseo. Luego se desarrollan los conceptos de lesión y trauma, considerando una clasificación para los tipos de trauma. En cuanto a las fracturas, se realiza una revisión de las etiologías, las causas y las variables comúnmente implicadas, dedicándose un apartado especial a los aspectos biomecánicos. En la última parte se presentan las circunstancias bajo las cuales se producen los traumas por objeto contundente. Finalmente, se exploran diferentes estudios de caso en contextos arqueológicos, forenses y médicos en los que se han reportado este tipo de trauma, así como estudios relacionados con la biomecánica.

PALABRAS CLAVE: trauma, objeto contundente, biomecánica, tejido óseo, revisión bibliográfica, antropología física.

“Me inspiraba un interés tan vivo, y era tan porfiada la lucha que sostenía entre el placer y la pesadumbre, placer por haber dado cima a una empresa que requirió durante mucho tiempo mis facultades, y pesadumbre porque su terminación me obligaba a separarme de muchos y muy queridos compañeros”

Charles Dickens

1. CAPÍTULO I. FORMULACIÓN DE LA PROPUESTA

1.1 INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de grado se abordan los traumas por objeto contundente a partir de una investigación no experimental de tipo transeccional descriptivo. Primero se presentan los antecedentes desde los aportes de las diferentes disciplinas que han enriquecido la comprensión del tema, contextualizando con estudios a nivel mundial y a nivel nacional. A continuación, viene la discusión sobre las problemáticas que presenta el BFT (por su nombre en inglés *blunt force trauma*) desde el conflicto interpersonal en las evidencias arqueológicas y el conflicto armado en Colombia, presentándose las estadísticas sobre muertes violentas y de lesiones por objeto contundente en el país.

En el apartado siguiente se plantean el objetivo principal, consistente en la realización de una revisión bibliográfica sobre los estudios de traumas óseos por objeto contundente, y los objetivos específicos, que pretenden describir las generalidades de las variables implicadas en el BFT, caracterizar sus circunstancias de muerte y analizar los estudios de caso reportados en diferentes contextos.

Seguidamente, se hace una aproximación a las propiedades, la función y la estructura del tejido óseo que son necesarios para abordar diferentes estudios sobre los BFT. De igual forma, se abordan los conceptos de lesión y trauma con sus respectivas tipologías, para luego, partiendo de la descripción de la reacción del tejido óseo ante eventos de tipo traumático a través de las fases de consolidación, considerar las circunstancias, tipologías y los aspectos biomecánicos que influyen en las fracturas.

Una vez se exponen los conceptos generales, se pasa al contenido específico de los traumas por objeto contundente en un capítulo dedicado a las circunstancias comunes de generación en contextos arqueológicos, forenses y médicos en los

cuales se reportó este tipo de traumas, así como de estudios de caso sobre biomecánica. La discusión se centra en la comparación de los diferentes estudios, enfatizando en los trabajos realizados en el país y los enfoques que han sido predominantes. Al final, el lector encontrará una serie de conclusiones que resumen los aspectos más relevantes hallados y las posibles líneas de trabajo hacia el futuro.

1.2. ANTECEDENTES

La Antropología Física estudia el origen y naturaleza de la variabilidad biológica de las poblaciones humanas pasadas y presentes (Comas, Méndez y De Castillo, 1971; Valls, 1985; Rebato, Susanne y Chiarelli, 2005). De igual forma, le interesa la historia natural del ser humano, por lo que debe tomar teorías y métodos de las ciencias naturales y las ciencias humanas; es decir, es una ciencia de síntesis. Asimismo, se puede entender que la variación humana da cuenta de las bases hereditarias o ambientales que se materializan en las poblaciones (Rebato, Susanne y Chiarelli, 2005).

En el ámbito de la Antropología Física se estudian los restos esqueléticos de las poblaciones pasadas, así como las poblaciones modernas a través del perfil bioantropológico con el cual se estima el sexo, la edad, la estatura y la filiación poblacional. Se realiza, además, la descripción morfométrica mediante craneometría, craneoscopia, lateralidad y robustez de la morfología dental y la odontometría. También es posible realizar el retrato antropológico a través de una reconstrucción facial gráfica o tridimensional (Rodríguez, 2011). El perfil bioantropológico no se limita a características generales, pues entiende el dinamismo que contiene el esqueleto, así como la variabilidad de las poblaciones, dando como resultado otro tipo de elementos de la individualización como son las lesiones que mediante los estudios de paleopatología, ayudan a determinar la singularidad en la historia de un individuo.

A través de los estudios de variabilidad se entiende el sistema esquelético como una estructura dinámica, en la cual existe una sincronización entre masa y

arquitectura ósea para las necesidades en las que el individuo actúa habitualmente; por tanto, existen diferencias en los niveles de actividad de las poblaciones no sólo contemporáneas sino también antiguas que son de interés paleopatológico, ya que ambas pueden dar cuenta de la variación del comportamiento (Calce, 2014). A continuación, el lector podrá encontrar un esbozo de los estudios del BTF en el marco de los estudios bioantropológicos.

1.2.1. El desarrollo histórico de la Antropología Física

En el estudio de la biología humana, las diferencias que caracterizan a las poblaciones pueden ser analizadas desde varios enfoques. Uno de ellos corresponde al evolutivo, pues algunos rasgos que caracterizan a ciertos grupos humanos evolucionaron como adaptaciones biológicas. Este enfoque con énfasis en la interacción entre biología y cultura, permite dar cuenta de los cambios como resultado de ajustes a las condiciones ambientales locales, tales como la luz del sol, la altitud o las enfermedades infecciosas y de otros rasgos que pueden ser el resultado de aislamiento geográfico, el descenso de las poblaciones de los pequeños pueblos fundadores o los ciclos estacionales capaces de establecer una relación con la biología y el comportamiento de las poblaciones a largo, medio o corto plazo. Sus efectos se pueden observar en la fisiología humana, los patrones de fecundidad, el crecimiento y desarrollo, el estado nutricional, la morbilidad y mortalidad (Pagezy, 2005; Jurmain, Kilgore y Trevathan, 2009).

El interés por estos indicadores ecológicos surge a partir de los avances posteriores a la década de 1950 (Jurmain, Kilgore y Trevathan, 2009). La Antropología Física “había prestado demasiada atención a la frecuencia y distribución de los rasgos físicos como un fin en sí mismo, pero no a las pruebas de hipótesis. Además, reducía la comprensión de la variabilidad humana al estudio de las razas, que en la *síntesis moderna* habían perdido su importancia biológica” (Tabares, Rosique y Delgado-Burbano, 2012: 3), por lo tanto, se “pasó de un estudio descriptivo de los parámetros biológicos a la comprensión de sus causas y a la modelización de la biología de las poblaciones” (Tabares, Rosique y Delgado-Burbano, 2012: 3).

1.2.1.1. El enfoque paleoepidemiológico

Es a partir del interés por la relación entre biología y cultura que surgen nuevas líneas de estudio. A finales de los años 60's del siglo xx se desarrolla la paleoepidemiología, en la cual se aborda la "prevalencia, distribución y determinantes de las enfermedades" (Civera, 2006: 3). Conforme avanza el siglo, los estudios se abren a nuevas preguntas y para los 80's, el diagnóstico de enfermedades específicas, los marcadores de estrés ocupacional y la relación con la nutrición, marcaron el interés de los estudios antropológicos (Civera, 2006).

Si bien los demás estudios son importantes, fueron de particular interés los indicadores de estrés, pues contaron con una popularidad desde el surgimiento del enfoque ecológico que aumentó a medida que se pudieron hacer estudios con los indicadores generales, episódicos o específicos. Los indicadores generales dan cuenta de patrones demográficos, de crecimiento y desarrollo para los subadultos y, para los adultos, de la estatura; los indicadores episódicos dan cuenta de las enfermedades que el individuo sufrió en vida las cuales pudo sobrevivir, y, por último, entre los indicadores específicos se encuentran las patologías dentales, indicadores de anemia, enfermedades infecciosas, enfermedades osteoarticulares y los traumatismos (Civera, 2006).

1.2.1.2. Los aportes de la paleopatología y el método descriptivo al estudio de los traumas en la Antropología Física

El estudio sobre traumas es relativamente reciente. En la literatura resalta el trabajo de Ortner y Pustchar (1981) en donde se aborda el tema de la paleopatología desde un enfoque descriptivo. Allí se dedica un capítulo extenso a los traumas de poblaciones pasadas. Por su parte, las publicaciones de Lovell (1997; 1998) analizan los mecanismos de lesión y los tipos de fractura que afectan al ser humano, describiendo protocolos para fracturas que fueron adaptados de la medicina clínica y forense. En la segunda edición de Ortner (2003), el objetivo fundamental seguía siendo el mismo: proporcionar un sistema integrado de análisis detallando la

patología general del esqueleto humano con énfasis en las condiciones que pueden verse independientemente cuando se identifica material arqueológico. Vale resaltar que la diferencia entre las dos publicaciones no sólo está en los veinte años de diferencia, sino en la incorporación de nueva terminología médica y paleopatológica, la cual fue resultado de los conocimientos adquiridos sobre las enfermedades esqueléticas.

Hacia el año 2008 en el libro *The Cambridge Encyclopedia of Human Palopathology*, Waldron se basó en el conocimiento clínico moderno y proporcionó antecedentes e información para entender la historia natural de las enfermedades óseas, lo que permitió sacar conclusiones fiables a partir de sus observaciones. Allí detalla el metabolismo óseo y proporciona los fundamentos básicos de patología ósea, así como una amplia bibliografía actualizada. Por su parte, White, Black y Folkens (2011) utilizaron la terminología empleada en las más recientes normas internacionales sobre anatomía y, si bien el tema se centró en las características osteológicas en general para una referencia completa de la anatomía del esqueleto humano, dedican un capítulo específico al trauma.

1.2.1.3. Los estudios pioneros en traumas por objeto contundente a nivel global

En la literatura paleopatológica clásica normalmente se dedicaba un sólo capítulo al tema del trauma. El trabajo de Ortner y Pustchar (1981) marca un punto de partida para el análisis de los traumas *in extenso*; muestra de esto es la propuesta de Passalacqua y Fenton (2012) en su artículo *Developments in skeletal trauma: blunt-force trauma*, donde hacen todo un recorrido histórico sobre el trauma por objeto contundente. Es importante recordar que los autores que han estudiado el tema de los BFT empezaron a hacer sus aportes a finales de los noventa del anterior siglo. Entre estos se encuentran Berryman y Haun que, en el año 1998, publican un capítulo de libro titulado *Recognizing gunshot and blunt cranial trauma through fracture interpretation*; esta publicación se dio por el trabajo de casos en Memphis (Estados Unidos) sobre la base de las contribuciones globales que ayudaron a

establecer el análisis del trauma en la Antropología Forense. Un año después se publica *Broken bones: Anthropological analysis of blunt force trauma*, el cual es considerado el referente clásico en los traumas por objeto contundente, ya que contiene descripciones e interpretaciones de los BFT. Sin embargo, el inicio de la investigación de este fenómeno data de los experimentos con cadáveres que realizó el equipo del neurocirujano y anatomista E. S. Gurdjian (1975), quienes concluyeron que no había diferencias biomecánicas entre el hueso seco y el hueso fresco, y que las fracturas iniciaban lejos del punto de impacto en las áreas de torsión hacia afuera y luego se propagan de vuelta al lugar del golpe. No obstante, a mediados de los años 2000, Kroman y sus colegas volvieron a ensayar las teorías Gurdjian usando cabezas de cadáver humano adulto, donde encontraron que las fracturas iniciaban en el lugar de impacto, contradiciendo lo planteado por Gurdjian.

Otra investigación relevante en el campo del BFT fue la realizada por un equipo de la Universidad Estatal de Michigan (2010), donde Baumer, Passalacqua, Powell, Newberry, Smith, Fenton, y Haut, utilizaron cráneos de cerdos infantiles. Los resultados sugieren que las propiedades del material del que están compuestos los cráneos de cerdo son similares a los humanos infantiles; asimismo, el desarrollo de las propiedades de la bóveda craneal porcina sugiere que hay una correlación de la edad en días del cerdo a la edad en meses del bebé humano. En esta investigación se utilizó un modelo animal de cerdo (*S. scrofa*) y los huesos largos de ciervos (*Odocoileus virginianus* y *Odocoileus hemionus*). Passalacqua y Fenton (2012) también exponen el estudio de Marceau (2007) quien examinó la densidad cortical y la geometría de la sección transversal del ser humano (*Homo sapiens*) y de los animales, concluyendo que ambas especies de animales pueden servir como modelos adecuados para experimentos forenses en función de su geometría y las similitudes densitométricas.

Los ejemplos del uso de un modelo no humano son muy pertinentes en el trauma experimental y en el carácter tafonómico pues la adquisición de tejidos humanos para fines destructivos presenta muchos problemas. Otras investigaciones se han

centrado en modelos artificiales de cráneos humanos infantiles y adultos con un éxito limitado. Coats y Margulies (2006) diseñaron un modelo infantil de cuerpo entero de 18 meses de edad. Sin embargo, una correlación entre la carga de impacto de la fractura y la iniciación de la propagación, aún no se ha hecho. Asimismo, Desantis, Hulbert y Schneider (2002) y Roth, Raul, Ludes, y Willinger (2007; 2008) construyeron un modelo computacional que puede ser utilizado como un sustituto de cráneos humanos.

Además de ser precursoras, estos estudios son importantes en tanto la documentación, el rigor científico y el establecimiento de estándares para la investigación experimental del traumatismo en la actualidad. El problema de estos experimentos es que el tejido esquelético humano es difícil de obtener sin un modelo de etiqueta; es decir, sin un adecuado manejo de los tejidos en donde el etiquetado se adapte a las necesidades de los experimentos. Otra dificultad radica en el alto precio del tejido animal y la escasa correlación con la morfología humana (Passalacqua y Fenton, 2012). Otro obstáculo para los experimentos es que generan grandes cantidades de datos que a menudo no recrean las circunstancias observadas de los patrones de fractura humanos.

1.2.1.4. El estudio de los traumas por objeto contundente en Colombia

En Colombia la investigación sobre BFT no es tan prolífica como lo es en cuanto a otros tipos de trauma, que también hacen parte de las formas en las que se ejerce la violencia, o con relación a los trabajos realizados en otras partes del mundo. En la bibliografía se encuentra el apartado de un capítulo sobre traumas que hace parte del libro *La Antropología Forense en la identificación humana* de José Vicente Rodríguez; allí el autor explica cuáles son las características generales de un evento traumático. Se puede encontrar también una tesis de la especialización en Antropología Forense de la Universidad Nacional de Colombia -sede Bogotá- en la que buscaron la relación entre la lesión patrón en el tejido óseo y el elemento causal cuando ya no están presentes los tejidos blandos (Gómez, 2008).

En suma, se puede concluir que las características y la clasificación de las fracturas óseas, el patrón a nivel microscópico, y las características de las lesiones en tejidos blandos, son los temas más recurrentes en la literatura, esto debido a los diferentes enfoques que ha tenido históricamente el estudio del trauma. Sin embargo, las publicaciones recientes como son los diseños experimentales reflejan la preocupación por continuar enriqueciendo el análisis de los BFT desde todos los enfoques posibles. En los trabajos que ocupan los traumas por objeto contundente, no sólo a nivel mundial sino también en Colombia, no hay una prolífica publicación que dé cuenta de nuevas metodologías que permitan nuevas preguntas y que faciliten posibles respuestas.

A continuación, se expone el planteamiento del problema. Inicialmente se aborda el tema del conflicto interpersonal en contextos arqueológicos, seguido por un breve recorrido histórico de las perspectivas de análisis en el conflicto armado colombiano por parte de los científicos sociales. Finalmente, se encuentran algunas cifras que permiten cuantificar el fenómeno de los BFT.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desde otra perspectiva, el estudio del trauma por objeto contundente tiene importancia a la luz de la comprensión de las causas de los conflictos interpersonales a través de la historia. Ahora bien, aunque no existen marcos generales con los que se pueda sistematizar, interpretar y dar sentido, se hace evidente que el fenómeno no surge en la modernidad, pues los cambios en las tecnologías usadas por las poblaciones a lo largo del proceso evolutivo estuvieron relacionados con la modificación de los tipos de lesiones observables en poblaciones esqueletizadas de diferentes épocas (Gordon, 2011). La bioarqueología, ha encontrado evidencias de conflicto interpersonal en registros arqueológicos que se reflejan en individuos con marcas de violencia.

1.3.1. El conflicto interpersonal en evidencias arqueológicas

La violencia interpersonal puede ser definida como las agresiones violentas

ejercidas por un individuo o por un grupo pequeño de individuos en contra de una o más personas, con las cuales no existe un motivo político definido de manera clara (World Health Organization, 2004; Gordon, 2011). El término de violencia interpersonal aplica en aquellas investigaciones que se ocupan de sociedades de pequeña escala. La guerra, por el contrario, se refiere a magnitudes más grandes. Para diferenciar entre guerra y violencia interpersonal es importante resaltar que, aunque a nivel conceptual son diferentes, la identificación arqueológica no es tan clara y, por supuesto, su interpretación tampoco. Dada la complejidad de ambos términos, se tienen diferentes escalas con grados y formas de manifestación variables (Gordon, 2011).

Con las ambigüedades que representa el concepto de violencia interpersonal respecto al de guerra, Gordon (2011) plantea que, aunque ambos conceptos son operativos y pueden ser utilizados en situaciones extremas que requieran una definición, son los criterios usados en la definición los que crean la ambigüedad, puesto que la gama de matices entre ambos conceptos no se puede dejar por fuera. Estos matices ponen de “manifiesto la necesidad de plantear una revisión de los criterios y conceptos comúnmente utilizados y señalar que la variabilidad de situaciones de violencia hallada en el registro arqueológico es mucho más amplia y compleja; es decir que las manifestaciones de violencia no se reducen a lo que se denomina comúnmente guerra o violencia interpersonal” (Gordon, 2011: 48)

Desde la antropología, la arqueología y la sociología se han hecho análisis de la violencia interpersonal que se presenta en las sociedades humanas, postulando hipótesis de diferentes factores causantes del aumento del fenómeno (Walker, 2001; Lambert, 2002; Barrientos y Pérez, 2004; Gordon, 2011). Algunos de ellos, por ejemplo, son consecuencia del “deterioro ambiental y escasez de recursos, del nucleamiento poblacional, el aumento de la densidad demográfica, los contactos interétnicos, las innovaciones tecnológicas, el surgimiento de sociedades complejas, la competencia por prestigio, venganzas, búsqueda de parejas y presencia de contextos coloniales, entre otros” (Gordon, 2011: 52). Cabe aclarar que hasta el momento no se ha demostrado la responsabilidad de estos factores

como para determinar que sea el agente causal de los niveles de violencia (Gordon, 2011).

La documentación, el análisis y la interpretación de la violencia interpersonal en el registro del esqueleto humano es uno de los principales temas de la paleopatología y la bioarqueología (Jurmain, 2001; Walker, 2001; Judd, 2008), y tiene unas profundas implicaciones sobre cómo las culturas arqueológicas son percibidas (Meyer, Ganslmeier, Dresely y Alt, 2012). El comportamiento violento ha sido siempre una de las maneras de resolver las tensiones intra e intergrupales en sociedades humanas, el cual ha sido descrito como una potente expresión de la interacción social humana (Schulting y Wysocki, 2005).

Las lesiones, en general, más frecuentes asociadas con la violencia interpersonal y que son observables en los restos óseos arqueológicos, pueden incluir: lesiones craneales atribuidas a golpes directos o punción, múltiples lesiones desde el habitual asalto grave, y fracturas de la diáfisis distal del cúbito (fracturas Parry), que se consideran resultado de defenderse de un golpe en la cabeza (Lambert, 1997; Lovell, 1997).

Los traumas por objeto contundente en los contextos arqueológicos han acompañado el desarrollo tanto de la arqueología como de la bioarqueología. Con la adopción de los postulados de la síntesis neodarwiniana durante la segunda mitad del siglo xx, comienza a tener relevancia el estudio de la evidencia ósea; es decir, de restos humanos como fuente de información acerca del proceso adaptativo (Neves, 1989) debido al surgimiento del enfoque biocultural (Dressler, 1995). Con este enfoque se pretende ir más allá de las preguntas tradicionales en el estudio de restos humanos de origen arqueológico a través, de una escala de análisis poblacional que supera las instancias descriptivas. “El objetivo principal del enfoque biocultural es el de comprender las relaciones existentes entre las poblaciones humanas, la cultura y el ambiente” (Gordon, 2011: 31), sin establecer una prioridad causal de ninguno de ellos sobre los otros. Gracias al enfoque biocultural se abrieron nuevos campos de estudio en aras del trabajo inter y transdisciplinario que

se promueve desde la bioarqueología (Buikstra, 1981; Larsen, 1987). Con el enfoque biocultural se establece un acercamiento al estudio de “los procesos de formación de las muestras de restos humanos, de la demografía, de las relaciones biológicas, de las pautas de salud, enfermedad, actividad, nutrición, crecimiento y desarrollo, como un medio de lograr una mayor comprensión acerca de la adaptación y de la evolución de las poblaciones humanas del pasado” (Barrientos, 1997: 25). Con este proceso de formación de las muestras de restos humanos, Forman y Gordon (1986) conceptualizan el registro bioarqueológico desde un enfoque que modela las relaciones entre referentes empíricos, es decir desde los restos humanos, otros restos materiales o rasgos como son los marcadores de tumba, el mobiliario y el ajuar funerario, entre diversos elementos del paisaje. Por lo tanto, al hablar de registro bioarqueológico es necesario tener en cuenta que existen diferentes factores que interaccionan con la demografía, la organización social, económica, tecnológica e ideológica, los procesos tafonómicos y postdeposicionales (Gordon, 2011). Se puede decir, finalmente, que el enfoque biocultural permite hacer un enlace entre la evidencia ósea y los elementos socioculturales que la produjeron.

Aunque se han encontrado individuos que exhiben evidencias de violencia, el problema radica en la falta de marcos amplios que no carezcan de detalle y que, a su vez, ayuden a interpretar en una escala poblacional la prevalencia de evidencias violentas en contextos arqueológicos (Gordon, 2011). A finales del siglo pasado y en la primera década del presente, a partir de la información disponible como evidencia directa (restos óseos humanos) e indirecta (los sitios de funcionalidad defensiva y tecnología asociada) se han podido evidenciar las elevadas tasas de violencia en las pequeñas sociedades prehistóricas donde ha sido posible hacer etnoarqueología (Gordon, 2011).

Los restos óseos permiten mostrar la evidencia de violencia en contextos arqueológicos en donde, a través de ciertos patrones de variación del registro osteológico, se encuentran las evidencias más fuertes (Gordon, 2011). Los restos óseos humanos se constituyen como fuente importante en la que se pueden

reconstruir las conductas individuales y poblacionales con el fin de aportar información útil para evaluar situaciones de violencia interpersonal (Larsen, 1987; Lambert, 2002). A través de los análisis osteológicos se pueden tener herramientas que permitan estudiar las interrelaciones entre los indicadores óseos y otras variables, tales como el ambiente y la cultura, para poder explicar de manera adecuada la manifestación de este tipo de conductas (Larsen, 1987; Lambert, 2002; Judd, 2004; Gordon, 2011).

Aunque la evidencia esquelética de traumatismos violentos (por ejemplo, puntas de proyectil infligidas, arrancamiento del cuero cabelludo, la toma de trofeo con desmembramiento y el BFT) es una estimación imperfecta de los niveles de la conducta agonística, es la única evidencia directa disponible para la violencia deliberada. Esto ha hecho que el traumatismo osteológico sea a menudo anecdótico o simplemente presentado de manera marginal en los informes de los sitios arqueológicos (Smith, 2003).

Son dos las formas en que se pueden relacionar los objetos contundentes en contextos arqueológicos: la primera, incluye martillos, mazas de guerra y picos altos, los cuales dejan fracturas concéntricas o irradiando con un bisel interno; la segunda tiene que ver con traumas de fuerza infligidos por armas de proyectiles, tales como flechas y ballestas (Giuffra, Pejrani, Baricco, Subbrizio, y Fornaciari, 2013).

Si bien el conflicto en poblaciones antiguas ha sido analizado desde enfoques disciplinares correspondientes a la bioarqueología y a la paleontología, para las poblaciones actuales -o al menos de las que se tiene evidencia histórica- las ciencias sociales han aportado y aplicado sus teorías y metodologías para una mejor comprensión del fenómeno, lo cual aplica plenamente para el contexto colombiano donde la violencia política ha suscitado un prolongado conflicto por más de seis décadas. Aunque el trauma por objeto contundente es una de las múltiples causas de muerte, su estudio en nuestro país merece una breve contextualización que proporciona elementos que justifican este tipo de trabajos.

1.3.2. El conflicto armado en Colombia.

En Colombia el conflicto armado ha sido analizado desde diferentes perspectivas que pueden situarse históricamente. Inicialmente, la ciencia social que hizo énfasis en la coyuntura política acaecida para el periodo de los 40s y hasta los 60s del siglo XX, fue la Historia. Para los años 70s, la Ciencia Política acudió a análisis deterministas que miraban el conflicto desde sus causas políticas, sociales y culturales. La sociología, a finales de la década del 80, hizo sus estudios sobre la violencia urbana; la antropología por su parte, abrió un abanico de temáticas relacionadas con los aspectos culturales y simbólicos del contexto. Las ciencias sociales en conjunto hicieron grandes aportes y enriquecieron el estudio del fenómeno. Con los diferentes enfoques disciplinares, fue posible que el argumento político central al momento de dar cuenta de la violencia, diera lugar a nuevas relaciones (por ejemplo, entre pobreza, desigualdad y exclusión); además de empezar a hablar de “violencias” por la condición de ser multicausal y pluridimensional. De acuerdo con Blair (20104), la violencia en el país ha sido “cuasi permanente” y puede ser pensada como una forma de resolución de conflictos entre agentes sociales y políticos. Veamos entonces algunas cifras de la violencia reciente en Colombia y cómo aparece el BTF como causa de muerte.

1.3.2.1. Estadísticas de muertes violentas

En el año 2014 (ver ilustración 1) el Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses reportó un total de 25.225 casos por muertes violentas (Forensis, 2014). Como lo muestra la gráfica, desde el año 2005 y hasta 2008, las cifras por muertes violentas fueron estables por debajo de 30.000 y superiores a 25.000. A partir de 2008 comienza una elevación de las cifras, las cuales llegan a las 30.000 muertes desde el año 2009 hasta 2011 donde nuevamente hay una reducción y continúan con esa misma tendencia para 2014.

Ilustración 1 Muertes violentas en Colombia período 2005-2014



Número de casos de muertes violentas en Colombia período 2005-2014.
(Tomado de Forensis, 2014: 23).

Las maneras de muerte violentas en Colombia se clasifican en: homicidios, suicidios, muertes accidentales de transporte, otras muertes accidentales y muertes violentas indeterminadas. La distribución de las muertes para el año 2014 (ver ilustración 2) fue de: 12.626 homicidios que corresponden al 50,05%, los accidentes de transporte fueron 6.402 para un porcentaje del 25,37%, otras muertes accidentales fueron en total 2.708 casos representando el 10,73%, hubo 1.878 suicidios (7,44%), y las muertes violentas indeterminada fueron 1.611, es decir, el 6,38%. Si se comparan los años 2013 y 2014, es de notar que la reducción de muertes fue de 1.398.

Ilustración 2 Maneras de muerte violenta

Manera de Muerte	2013		2014		Variación	
	Casos	Tasa x 100.000 hab.	Casos	Tasa x 100.000 hab.	Absoluta	Relativa
Homicidios	14.294	30,33	12.626	26,49	-1.668	-11,67%
Transporte	6.219	13,20	6.402	13,41	183	2,94%
Accidentales	2.643	5,61	2.708	5,68	65	2,46%
Suicidios	1.810	3,84	1.878	3,94	68	3,76%
Indeterminada	1.657	3,52	1.611	3,38	-46	-2,78%
Total	26.623	56,50	25.225	52,91	-1.398	-5,25%

Cifras Maneras de muerte violenta. Colombia 2013-2014. (Tomado de Forensis, 2014: 24).

1.3.2.2. Estadísticas de lesiones por objeto contundente

Considerado la manera de muerte indeterminada para el año 2014 (ver ilustración 3), se tiene que la primera causa de muerte fue por objeto contundente con un 39,85% de los casos, en segundo lugar, aparecieron los generadores de asfixia con el 18,75%, y, en cuarto lugar, las muertes por proyectil de arma de fuego. Como se observa en la imagen, la manera de muerte contundente dobló a la segunda causa de muerte. De las 1.611 muertes, 642 fueron por objeto contundente. En el resto de los casos (969), se distribuyen otras doce causas de muerte que corresponden al 41,4%. El total de hombres con una muerte indeterminada es de 1.293, es decir, el 80%, lo que difiere con respecto a las mujeres, en donde las muertes fueron 305 (18%) para una diferencia total de 62% de hombres respecto a mujeres.

Ilustración 3 Causas de muerte indeterminada en Colombia

Causa de muerte	Hombre		Mujer		Indeterminado		Total	
	Casos	%	Casos	%	Casos	%	Casos	%
Contundente	514	39,75	127	41,64	1	7,69	642	39,85
Generadores de asfixia	244	18,87	58	19,02	-	-	302	18,75
Por determinar	108	8,35	49	16,07	9	69,23	166	10,30
Proyectil de arma de fuego	151	11,68	13	4,26	-	-	164	10,18
Tóxico	114	8,82	30	9,84	-	-	144	8,94
Térmico	61	4,72	16	5,25	-	-	77	4,78
Cortopunzante	34	2,63	6	1,97	-	-	40	2,48
Cortocontundente	19	1,47	4	1,31	1	7,69	24	1,49
Agentes y mecanismos explosivos	20	1,55	-	-	2	15,38	22	1,37
Eléctrico	22	1,70	-	-	-	-	22	1,37
Punzante	3	0,23	1	0,33	-	-	4	0,25
Caústico	1	0,08	1	0,33	-	-	2	0,12
Cortante	2	0,15	-	-	-	-	2	0,12
Total	1.293	100	305	100	13	100	1.611	100

Distribución de muerte indeterminada en Colombia, 2014. (Tomado de Forensis, 2014: 27).

Considerando los principales mecanismos causales de homicidios (ver ilustración 4) en 2014, la muerte por objeto contundente se ubica en el tercer lugar con un

2,51% de los casos, muy lejos de la principal etiología que corresponde a arma de fuego, la cual registra el 72,68% de los casos; por su parte, los homicidios con arma cortopunzante aparecen en el 17,71%. Si bien para el mecanismo causal las cifras por objeto contundente son bajas respecto al proyectil por arma de fuego y a los elementos cortopunzantes, esta cifra se incrementa cuando el análisis se establece por causas de muerte indeterminada y por violencia interpersonal según mecanismo causal (ver ilustración 5). Por tanto, existe un vacío en la determinación de las características de los BFT que ayude a especificar las causas de muertes, lo que significa que es necesario que se realicen estudios que permitan comparar las diferentes causas de muertes enfocándose en los BFT.

Como se observa en la gráfica, con un objeto de contundente o que dentro de sus múltiples características tiene esa capacidad como son los objetos contundentes y cortocontundentes, se cometieron en total 552 homicidios, representados en el 4,39%.

Ilustración 4 Homicidios según mecanismo causal en Colombia, 2014

Mecanismo causal	Hombre		Mujer		Total	
	Casos	%	Casos	%	Casos	%
Proyectil de arma de fuego	8.449	73,95	688	59,98	9.137	72,68
Cortopunzante	2.002	17,52	224	19,53	2.226	17,71
Contundente	267	2,34	49	4,27	316	2,51
Generadores de asfixia	170	1,49	76	6,63	246	1,96
Cortocontundente	204	1,79	32	2,79	236	1,88
Agentes y mecanismos explosivos	182	1,59	35	3,05	217	1,73
Cortante	97	0,85	14	1,22	111	0,88
Térmico	26	0,23	23	2,01	49	0,39
Punzante	17	0,15	2	0,17	19	0,15
Tóxico	8	0,07	2	0,17	10	0,08
Otros	2	0,02	1	0,09	3	0,02
Caústico	1	0,01	-	-	1	0,01
Eléctrico	-	-	1	0,09	1	0,01
Total	11.425	100	1.147	100	12.572	100

Distribución de homicidios según mecanismo causal en Colombia para el 2014. (Tomado de Forensis, 2014: 104).

Cuando se abarcan los mecanismos causales de violencia interpersonal, las cifras difieren bastante de los homicidios, siendo estos la primera causa de las lesiones por objeto contundente con un 50,05% de los casos. La segunda causa, entonces,

es por mecanismo múltiple con 21,18%, y en tercer lugar están las lesiones por objeto cortocontundente con un 12,30 %. Los tres porcentajes más altos están ocupados por mecanismos causales que, dentro de sus características para infligir una lesión, se consideran a partir de un elemento contundente, abarcando en total el 62,35% de los casos, los cuales corresponden a 67.019 individuos.

Ilustración 5 Violencia interpersonal según mecanismo causal en Colombia

Mecanismo causal	Hombre		Mujer		Total	
	Casos	%	Casos	%	Casos	%
Contundente	35.521	50,65	18.279	48,94	53.800	50,05
Mecanismo múltiple	13.614	19,41	9.150	24,50	22.764	21,18
Corto contundente	7.736	11,03	5.483	14,68	13.219	12,30
Corto punzante	5.874	8,38	1.086	2,91	6.960	6,48
Cortante	3.177	4,53	1.516	4,06	4.693	4,37
Abrasivo	1.588	2,26	1.172	3,14	2.760	2,57
Proyectil de arma de fuego	1.889	2,69	292	0,78	2.181	2,03
Agentes y mecanismo explosivo	220	0,31	41	0,11	261	0,24
Punzante	186	0,27	40	0,11	226	0,21
Térmico	130	0,19	91	0,24	221	0,21
Tóxico	76	0,11	65	0,17	141	0,13
Caústico	35	0,05	47	0,13	82	0,08
Biodinámico	41	0,06	37	0,10	78	0,07
Agentes y mecanismos biológicos	25	0,04	32	0,09	57	0,05
Generadores de asfixia	12	0,02	15	0,04	27	0,03
Eléctrico	12	0,02	7	0,02	19	0,02
Total	70.136	100	37.353	100	107.489	100

Distribución de violencia interpersonal según mecanismo causal en Colombia, 2014 (Tomado de Forensis, 2014: 144).

Teniendo en cuenta las cifras anteriormente mencionadas y el marco del conflicto que ha vivido el país, el estudio del trauma por objeto contundente se hace necesario sobre todo cuando se trata de establecer específicamente las causas de muerte categorizadas como indeterminadas, las cuales representan más de un tercio de los casos. Asimismo, es menester para abordar las causas de violencia interpersonal registradas en la mitad de todos los mecanismos causales. Por lo anterior, la importancia de este trabajo radica en que, a partir de los aportes de teorías, metodologías y nuevas perspectivas de los trabajos publicados en otras latitudes, se puede adaptar, validar, experimentar y cuestionar ese conocimiento en nuestro contexto.

Teniendo en cuenta que el trauma por objeto contundente tiene diferentes causas, es necesario hacer un proceso de sistematización e interpretación en el cual sean abarcadas las múltiples causas en las que se presentan. Considero que este trabajo puede aportar aspectos importantes en cuanto a la investigación de BFT, ya que le brinda a la persona interesada en el tema la exposición de los conceptos básicos como tejido óseo, trauma y biomecánica que son esenciales para comprender el BFT; asimismo, presenta una revisión bibliográfica de la literatura publicada y, por último, permite conocer el estado actual del fenómeno.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Realizar una revisión bibliográfica sobre los estudios de traumas óseos por objeto contundente, abordando los aspectos teóricos y metodológicos desde la Antropología Física.

1.4.2. Objetivos específicos

- Describir los aspectos generales del trauma asociados al tejido óseo, las fracturas y las propiedades biomecánicas que participan en el fenómeno traumático por objeto contundente en el hueso.
- Caracterizar las circunstancias comunes en las que se genera el trauma por objeto contundente.
- Presentar y discutir estudios de caso sobre trauma por objetos contundentes reportados en diferentes contextos y aplicados a la biomecánica.

1.5. METODOLOGÍA

El presente trabajo de grado es una investigación no experimental de tipo transeccional descriptivo. Teniendo en cuenta que en las investigaciones descriptivas se busca especificar las propiedades importantes que se encuentren presentes en cualquier fenómeno que sea sometido a análisis (Toro y Parra, 2006; Lerma, 2009; Hernández Sampieri, Fernández Collado, Valencia, Torres 2014). En este caso, el BFT y sus propiedades son las que se describen. La investigación es de tipo transeccional, ya que los datos fueron recolectados en un solo momento (Toro *et al.*, 2006).

El proceso de recolección de datos fue en el semestre 2015-1, durante el cual se ingresó a las siguientes bases de datos de la Universidad de Antioquia: *Science direct, Pubmed, Scielo, Scopus, Ebsc y Jstor*. Las palabras claves para la búsqueda en las bases de datos mencionadas fueron: *blunt force trauma, blunt force trauma and skull, blunt force trauma and osteology, blunt force trauma and bones*. A los artículos que arrojaron las bases de datos se les leyó el título, buscando que coincidieran con los criterios de búsqueda; posteriormente se leyó el *abstract*, en el cual se identificó si en su contenido se hallaban las características importantes del BFT y se seleccionaron para una lectura cuidadosa de todo el contenido. En total 94 artículos cumplieron con los criterios establecidos.

Toda la información se ingresó en una base de datos en Excel que tenía los siguientes criterios de organización para el análisis: (i) la asignación de un código correspondiente con la secuencia que fue encontrado, que se continuaba con el título, el nombre de los autores y el país; (ii) el tipo de investigación, es decir, si era comparativa, exploratoria, reporte de casos, recopilación o descriptiva con enfoque analítico; (iii) los métodos utilizados, ya fueran morfoscópicos o morfométricos; (iv) la región esquelética de la lesión, ya fuera cráneo, poscráneo o ambas; y (v) los contextos arqueológicos, fueran forenses o médicos. En una segunda clasificación se separaron los artículos en dos categorías: *contextos y biomecánica*. Cada uno de los trabajos, se dividieron a su vez siguiendo los criterios derivados de las

circunstancias de muerte y los tipos de lesión.

Es importante aclarar que existieron dificultades que radicarón en la imposibilidad de ingresar a las bases de datos indexadas, pues hubo artículos (teóricos) a los que no se pudo acceder, ya sea porque eran antiguos y no estaban digitalizados o porque se debía pagar para su lectura.

2. CAPITULO II: ASPECTOS GENERALES DE LAS VARIABLES IMPLICADAS EN LOS TRAUMAS POR OBJETO CONTUNDENTE

En este capítulo el lector puede encontrar en la primera sección las particularidades del tejido óseo, es decir, sus propiedades celulares, así como las diferentes funciones y estructuras que posee. En la segunda sección, encuentra el desarrollo de los conceptos de lesión y trauma en el tejido óseo, así como las tipologías inherentes a cada uno. Una vez se han explorado las discontinuidades a las que se ve expuesto el hueso, se aborda la reacción del tejido óseo ante los eventos de carácter traumático. Se sigue con las fracturas, sus circunstancias, tipología y variables que intervienen en la generación. Finalmente, se aborda el desarrollo del concepto de biomecánica, seguido de la terminología básica que permite comprender el BFT como son fuerza, estrés e impacto.

2.1 TEJIDO ÓSEO

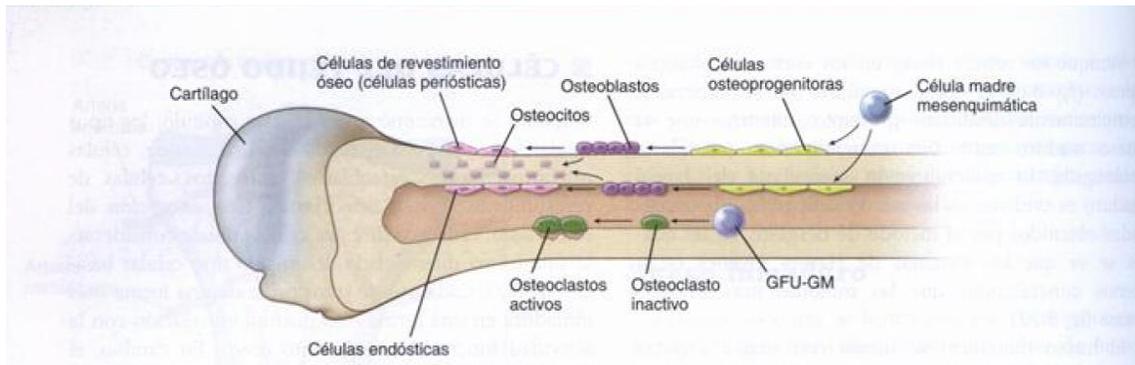
En el presente apartado expongo las propiedades y los aspectos generales que caracterizan el tejido óseo, explicando la función de los cinco tipos de células que lo componen en el nivel macro y microestructural, la función y estructura del hueso y las respectivas tipologías que se desprenden de cada nivel.

2.1.1. Propiedades del tejido óseo

El tejido óseo es un tipo de tejido conjuntivo con matriz celular mineralizada que contiene fosfato de calcio en la forma de cristales de hidroxiapatita, compuesta por colágeno de tipo I y otras proteínas. Es un lugar para el depósito de calcio y fosfato. Está compuesto por cinco tipos de células (ver ilustración 6): las osteoprogenitoras derivadas de células madre originan osteoblastos encargados de secretar la matriz osteoide que es la sustancia intercelular orgánica, constituida por matriz amorfa que se compone de: osteopontina, osteonectina, osteocalcina y fibras colágenas tipo I. Cuando se rodea completamente, se transforma en osteocito, el cual mantiene el tejido y cuando el depósito cesa, se transforma en células de revestimiento óseo que permanecen en la superficie en tanto no haya actividad. Por último están los

osteoclastos presentes en la superficie ósea en donde el hueso se resorbe o remodela, es decir, son los encargados de evitar el exceso y que la apariencia del hueso sea la adecuada. (Ross, 2007:219)

Ilustración 6 Estructuras del hueso



Células que componen las diferentes estructuras del hueso (Tomada de Ross, 2007:226)

2.1.2. Funciones y estructura del hueso.

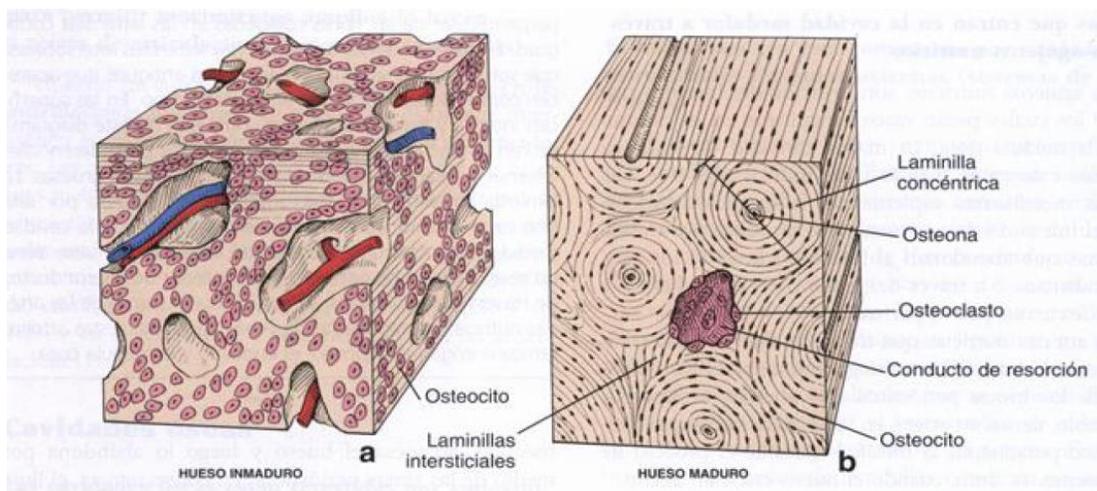
El componente principal de los huesos es el tejido óseo que está activo metabólicamente, y cumple funciones mecánicas como: soportar el peso, dar forma a diferentes partes del cuerpo, servir de punto para la inserción de músculos, ligamentos y tendones, llevar a cabo movimientos al cuerpo y proteger órganos internos (Isaza, 2008). Está compuesto, además, por otros tejidos conjuntivos como el hematopoyético y el adiposo, así como vasos sanguíneos y nervios (Ross, 2007: 219). El tejido se clasifica en compacto o denso y esponjoso o trabecular. Depende de su capacidad para desempeñar su función esquelética. El sistema esquelético está dividido en craneal y postcraneal.

Cuando el hueso forma parte de una articulación móvil depende del cartílago hialino, presente en este tipo de estructura ósea. A nivel externo está compuesto por el periostio que es una capa vascularizada e innervada de tejido conectivo denso irregular vascular. Cubre al hueso en su totalidad a excepción de las superficies articulares, se adhiere en la superficie externa del hueso a través de haces de fibras colágenas llamadas fibras de Sharpey, que se introducen perpendicularmente desde el periostio hacia las laminillas que se encuentran más externas del hueso

denso o compacto. En la parte externa del periostio se encuentra la capa fibrosa de tejido conectivo denso; en la parte interna, la capa osteogénica está constituida por células osteogénicas. Por otro lado, los huesos largos en la superficie interna de la diáfisis poseen una capa muy fina de tejido conjuntivo laxo en el que predominan las células osteógenas y osteoblastos denominada el endostio, conformado por una capa de células osteogénicas planas que junto con la capa osteogénica del periostio participan en la reparación de fracturas (Ross, 2007: 220).

Los huesos son los órganos del sistema esquelético, el cual está compuesto por un total de 206 en un adulto maduro, número que puede variar en individuos infantiles y por la presencia de huesos sesamoideos (Isaza, 2008). Pueden clasificarse según su forma en irregulares, planos, cortos y largos; según el tipo de osificación se clasifican en *intramembranosa*, la cual se da por diferenciación celular y *endocondral*, a partir de un modelo de cartílago; por grado de madurez, los huesos pueden ser inmaduros, que se desarrollan en el feto, y maduros que son aquellos que están compuestos por laminillas intersticiales (ver ilustración 7), así como laminillas concéntricas alrededor del conducto de Havers que contiene vasos y nervios, y sirve para el intercambio de sustancias.

Ilustración 7 Estructura interna de dos tipos de hueso



Estructura interna de a) hueso inmaduro y b) hueso maduro (tomada de Ross, 2007:224)

Debido a que el hueso se ve afectado por los diferentes cambios que atraviesa el individuo a lo largo de su vida, es posible identificar dos tipos de procesos que lo afectan: los de carácter endógeno, es decir que suceden al interior del individuo como son los “desórdenes de tipo hematopoyéticos, metabólicos, endocrinos y las enfermedades infecciosas” (Isaza, 2008), y los de carácter exógeno como son “traumas, marcas de estrés laboral, estrés nutricional, factores culturales” (Rodríguez, 1994; Isaza, 2008).

A través de las propiedades del tejido óseo es posible comprender la forma en que se encuentra estructurado, así como las funciones que tienen en nuestro organismo y el nivel micro y macroestructural. En este capítulo se pudo observar el tejido óseo en condiciones de desarrollo normales. A continuación se abordan las discontinuidades que puede sufrir el hueso.

2.2. LESIÓN Y TRAUMA EN EL TEJIDO ÓSEO

En el presente apartado se aborda el concepto de lesión, haciendo énfasis en las lesiones de etiología traumática, así como las diferentes características a partir de las que surgen clasificaciones teniendo en cuenta el lugar en el que se genera el evento traumático, la forma en la que se ve reflejado el trauma en el tejido óseo y las variables individuales que intervienen. También, se exponen los diferentes tipos de traumas que son observables en el hueso. Para comprender las particularidades del trauma por objeto contundente, primero, es necesario relacionarse con los conceptos básicos, que, finalmente, nos dan los elementos para comprender las características del BFT.

2.2.1. La lesión

Las lesiones, si son bien descritas, pueden conducir a la identificación, realizando un cotejo con los protocolos de necropsia y los hallazgos en los restos óseos. Además, permiten establecer la causa, mecanismo y manera de muerte (Rodríguez, 2011). Existen dos tipos: de etiología patológica y de etiología traumática.

2.2.1.1. Lesiones de etiología patológica

De acuerdo con Ortner (2003:110) para los contextos no forenses, en la lesión patológica se presentan tres tipos de información u opciones básicas:

- El individuo puede morir antes de que la lesión penetre hasta el hueso debido al nivel de infección del proceso patológico, a una inadecuada o inapropiada respuesta inmunológica a la enfermedad o una combinación ambas
- Antes que el proceso patológico penetre hasta el hueso, el individuo puede recuperarse, es decir la falta de lesiones óseas no elimina la posibilidad de padecimiento patológico, lo que sucede es que esa patología no involucró al hueso.
- Se alcanza un equilibrio entre la patología y el individuo en el que la dolencia se torna crónica y el individuo sobrevive, quizá con alguna disfunción biológica, es decir, la manifestación de lesión ósea puede ser la consecuencia de una buena adaptación y una buena respuesta inmunológica.

La información que brindan las lesiones patológicas manifiesta las diferentes consecuencias que se ven reflejadas en los restos óseos. El individuo pudo tener una respuesta inmunológica inadecuada que le pudo causar la muerte o, por el contrario, la lesión que se observa en el registro es la evidencia de que el individuo sobrevivió.

2.2.1.2. Lesiones de etiología traumática

Son causadas al tejido vivo por una fuerza o mecanismo externo al cuerpo (Ortner & Pustchar, 1981; Lovell, 1997; Ortner, 2003; Rodríguez, 2004; Lovell, 2008; Waldron, 2008; White, 2012;). En la investigación de las lesiones traumáticas se trata de identificar las causas y consecuencias, el significado para el individuo y la interpretación del contexto donde se produjeron. Las lesiones de causa traumática proporcionan información a nivel microestructural, es decir, acerca de un organismo

y a nivel macroestructural de la interacción de la población con su entorno físico y sociocultural (Lovell, 1997).

De acuerdo con Di Mao (2014: 166) y Galloway (1999: 64) las lesiones traumáticas causadas al hueso se clasifican en el cráneo según su lugar en: superior, occipital, temporoparietal, frontal, basilar y en la bóveda. Según su forma pueden clasificarse de la siguiente manera: estrellada, en anillo, en bisagra, circular, lineal y biestática. Por último, se clasifican también por características físicas del tejido como son: grosor, compresión, tamaño y forma.

2.2.2. Tipos de trauma

De acuerdo con Ortner *et al.* (1981:119) y Rodríguez (2004:168) los tipos de traumas pueden dividirse en las fracturas, las dislocaciones, las deformaciones y las condiciones traumáticas misceláneas. Las fracturas son consideradas como cualquier evento de tipo traumático que da como resultado la discontinuidad parcial o completa del hueso; las dislocaciones corresponden a las articulaciones constituyentes que están fuera de contacto con el hueso, es decir, sacan al hueso de su posición y la cápsula se rompe. Una dislocación es una condición en la que hay pérdida completa de contacto normal entre los componentes, sin embargo, puede o no estar asociada a la fractura; las deformaciones son aquellas producidas por un trauma de bajo grado que durante un tiempo prolongado puede modificar la forma normal del hueso, pueden ser de carácter intencional, aunque no necesariamente. Cabe destacar que cualquier presión a largo plazo influye en uno o varios huesos, dando una deformidad permanente, en particular si ocurre durante el crecimiento; las condiciones misceláneas hacen referencia no solo a las lesiones que afectan directamente al esqueleto, también pueden inferirse por la posición o la asociación a los especímenes (Ortner *et al.*, 1981:119).

2.3. REACCIÓN DEL TEJIDO ÓSEO ANTE EVENTOS DE TIPO TRAUMÁTICO

Como se ha propuesto anteriormente, el hueso es un tejido vivo que se encuentra en cambio constante, por lo tanto, tiene una respuesta a las presiones a las que es expuesto que pueden ser internas y/o externas; la capacidad de reacción le permite

adaptarse a las condiciones a las que es sometido por parte del individuo y del medio. Cabe aclarar que estas presiones no son solamente durante la vida. Así mismo, da cuenta de los cambios a los que se ve expuesto después de la muerte del individuo (Isaza, 2008).

De acuerdo con Ortner *et al* (1981:119) el tejido vivo se afecta de tres formas: 1) con un desplazamiento anormal del tejido, 2) por una interrupción del nervio y/o suministro de sangre o, una interrupción de la forma o contorno anormal, 3) por una fractura, definida como el resultado de aplicar estrés al tejido generando una ruptura completa o incompleta en la continuidad del mismo (Lovell, 1997; Ortner, 2008:119). Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, a continuación, se presentan las fases que atraviesa el tejido vivo al sufrir un evento traumático.

2.3.1. Fases de consolidación

El tejido óseo tiene la capacidad de responder ante las circunstancias que afecten su normal desarrollo. Cuando la continuidad del tejido es afectada, se inicia el proceso de sanación que está dividido en cinco fases. Sabemos que, de manera general, inmediatamente posterior al trauma, hay una activación de las células del endostio y del periostio, las cuales cambian de morfología para funcionar de una manera determinada, provocando las condiciones fisiológicas necesarias para la reparación del tejido, como son secretar la sustancia intercelular ósea y producir las enzimas que permiten la deposición de sales (Živanović, 1982 citado en Isaza, 2008).

Sin embargo, las fases de consolidación dependen de otras variables como la salud del individuo, los cuidados de la lesión y el posible padecimiento de patologías concomitantes. Estas condiciones pueden retrasar o complicar el proceso de sanado de la fractura. Comprenden cinco en total: formación del hematoma, proliferación celular, proliferación celular/formación del callo primario, formación del callo óseo/consolidación y la remodelación/consolidación ósea. A continuación, se exponen de manera detallada todas las fases de consolidación que son retomadas

de Ortner & Pustchar, (1981), Lovell, (1997) e Isaza, (2008):

2.3.1.1. Formación del hematoma.

Se da entre las 24 a 48 horas hasta 3 días del evento (Lovell, 1997). Cuando se da la fractura, se produce un sangrado que es acompañado por inflamación; la formación del hematoma se debe a que la sangre es producto del rompimiento de los vasos sanguíneos, tanto en la corteza en la que se encuentran los canales de Havers, como el periostio y medula (Ortner & Pustchar, 1981:62). El rompimiento de los vasos sanguíneos en el sitio de la fractura da como resultado la muerte del tejido y las células entre las que se incluyen los osteocitos y cualquier fragmento de hueso que resulta del rompimiento (Lovell, 1997). Con esta ruptura, la sangre fluye a la región de la fractura, se coagula, envuelve con tejido de granulación o fibroso alrededor del hematoma y penetra la zona de la fractura, la cubre y cierra los extremos rotos de los vasos sanguíneos, además envuelve la herida y fragmentos de hueso para que queden aislados de posibles infecciones y otro tipo de daños para el organismo (Ortner & Pustchar, 1981: 62; Isaza, 2008). El hematoma es una consecuencia inevitable de la fractura (Ortner & Pustchar, 1981:63). El tejido de granulación ocupa las comisuras de las irregularidades, así como los espacios en los que la continuidad del hueso se rompió con fibras de colágeno también. Existen otro tipo de fluidos que participan en el sanado de la fractura, que son liberados por los vasos sanguíneos que no han sufrido daño y consiste en el exudado de plasma. Finalmente, al tercer día las células activas establecen los canales de comunicación del exterior al interior de la cortical (Isaza, 2008).

2.3.1.2. Proliferación celular.

Se da a partir del quinto a noveno día. Una vez se ha producido la fractura, se rompen los vasos sanguíneos y el periostio, se activa el potencial para la formación de nuevo hueso y de la capa osteogénica en el periostio para que se dé la etapa inicial de formación del callo óseo que está compuesto por el tejido de granulación del que se habló en la etapa anterior (Ortner & Pustchar, 1981: 63, Isaza, 2008). Este tejido se reorganiza y empieza a aparecer la matriz ósea neoformada situada

alrededor de los bordes óseos (Isaza, 2008). La formación rápida del hueso está asociada con el tejido de granulación y será reemplazado por el hueso compacto (Ortner & Pustchar, 1981:63). Cabe recordar que la formación de hueso requiere de un suministro intenso de sangre y de una proliferación vascular que comienza con la formación del tejido de granulación y se asocia con la formación del callo.

2.3.1.3. Proliferación celular/formación del callo primario

Se da a partir de la segunda-tercera semana del evento y continua hasta que la fractura tiende un puente brecha hasta la octava o novena semana (Lovell, 1997). La capa osteogénica que hay alrededor de cada fracción que se encarga de los osteoblastos del periostio y del endostio, empuja el hematoma hacia afuera y se inicia la formación del callo (Ortner & Pustchar, 1981:63; Lovell, 1997; Isaza, 2008). El nuevo hueso se forma desde la parte externa del hematoma hacia la parte interna de la lesión. El tejido de granulación puede penetrar el hematoma a una profundidad limitada, por lo tanto, un hematoma amplio entre extremos rotos parece retrasar el proceso de curación. El tejido óseo continúa creciendo a través de capas, desde la diáfisis las trabéculas se extienden y son reemplazadas por la continua formación del hueso (Isaza, 2008). Los vasos sanguíneos que irrigan la formación de callos también pueden crear las condiciones en las que la reabsorción de fragmentos de hueso y los extremos de los huesos muertos en el sitio de la fractura. Existen tres tipos básicos que se definen para propósitos conceptuales. El callo primario consta de trabéculas dentro del callo fibroso; se asocia a diferentes áreas de la zona de la fractura. El callo intermedio o de sellado se une a los extremos rotos del hueso. El callo endosteal se une formando los espacios medulares abiertos como un tapón entre los dos extremos (Ortner & Pustchar, 1981:63).

2.3.2.4. Formación del callo óseo/consolidación

Se da a partir de la tercera a la novena semana y su formación puede prolongarse hasta un período indefinido. Una vez el callo óseo alcanza el tamaño máximo que se compone por la mineralización del osteoide y aparece como una lámina en la superficie del periostio y del endostio, se da el reemplazo del hueso reticular por el

hueso compacto (Ortner & Pustchar, 1981: 63; Lovell, 1997; Isaza, 2008). En este reemplazo se dan dos procesos: uno, es la aposición del hueso compacto sobre el reticular, es decir la aparición de capas neoformadas sobre superficies libres y, el otro proceso es la remoción del hueso reticular por parte de los osteoclastos y la remodelación interna de los osteones. El resultado es una unión mucho más fuerte de los extremos que fueron rotos (Ortner & Pustchar, 1981:64; Isaza, 2008).

2.3.1.5. Remodelación y consolidación ósea

Esta fase se da entre los 4 ó 5 meses y hasta los 6-9 años. El hueso es remodelado de forma gradual para que obtenga la forma original (Isaza, 2008). El callo se reduce, aunque puede ser visto si la orientación de los extremos del hueso no es óptima (Lovell, 1997). Si la angulación se ha producido hay remodelación compensatoria. En las líneas de tensión mecánica hay refuerzos. Con el fin de consolidar la fractura, el tiempo de esta fase puede ser vasto (Isaza, 2008).

2.4. FRACTURAS

Una fractura consiste en una ruptura en la continuidad del hueso, cartílago o ambos y está asociada al daño que se produce en los tejidos blandos adyacentes (Ortner & Pustchar, 1981:55; Lovell, 1997; Waldron, 2003:139; Isaza, 2008). A menudo la fractura es el resultado de estrés anormal aplicado a uno o más hueso, dicho estrés puede ser dinámico, es decir por una repentina alta tensión o puede ser estático, donde la tensión inicialmente es baja, pero aumenta gradualmente hasta que se produce la discontinuidad. Las fracturas comienzan a curarse inmediatamente después de que el hueso se rompe, pero el proceso es diferente en hueso esponjoso y hueso compacto. Para Isaza (2008) la descripción de las fracturas que da Ortner y Pustchar (1981:120) en las que describen lesiones por armas de corte, armas cortocontundentes y por golpes, permite a su vez la descripción del mismo agente etiológico, establecer la naturaleza del trauma y obtener indicios de un agente causal.

2.4.1. Circunstancias asociadas a las fracturas

Las circunstancias que rodean la fractura pueden ser importantes porque pueden revelar la relación del individuo con su entorno y así mismo la influencia que el medio ejerce sobre él. Existen tres tipos de circunstancias de acuerdo con Valero (2001). Las de carácter fortuito, no discriminan el tipo de persona que la sufre ya que, el individuo se haya en descanso o realizando una actividad que no es específica. Las fracturas por violencia interpersonal, que se provocan por individuos que utilizan objetos para ejercer la violencia de forma contusa, cortante o punzante. Finalmente, están las circunstancias de tipo espontáneo que son el resultado de estrés y/o patologías que hacen que se sobrepase la capacidad del tejido y sea más frágil; allí se incluyen, además, los procesos tafonómicos en los que se ve envuelto el hueso seco.

2.4.2. Tipos de fracturas

Para Gordon (2010), las fracturas se pueden clasificar por el grado y el patrón de la rotura en dos grupos que son de interés para el presente trabajo. El primer grupo corresponde a las incompletas, un tipo de fractura que se caracteriza porque mantiene cierta continuidad entre los fragmentos del tejido fracturado, es decir que no afecta todo el espesor del hueso, aunque puede producir deformaciones. Se presentan con mayor frecuencia en los infantes, toda vez que tienen mayor contenido orgánico. Una fractura incompleta da cuenta de un contenido de humedad alto. Podemos encontrar diferentes tipos como son: torus, inclinada, *toddlers*, tallo verde, vertical y deprimida (ver ilustración 8). Al segundo grupo pertenecen las fracturas completas, en las cuales la discontinuidad se da a partir de dos o más fragmentos, es decir que todo el espesor de hueso ha sido afectado. En este grupo podemos encontrar diferentes tipos como son: transversa, espiral, oblicua, conminuta, mariposa y segmentaria (ver ilustración 9).

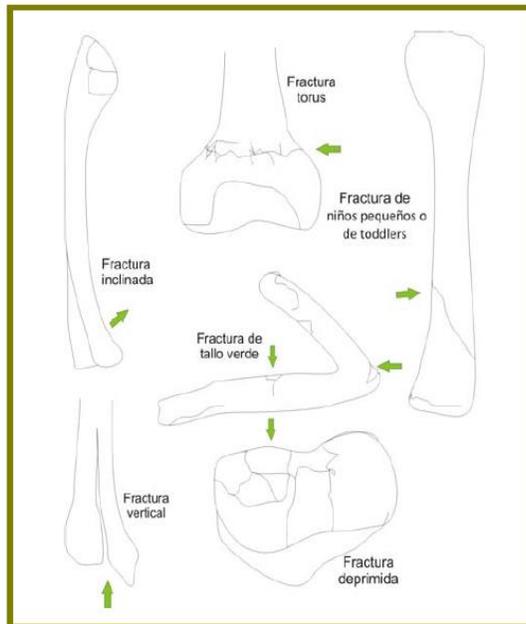
Retomando a Isaza (2008), quien agrupó las fracturas de acuerdo a los modelos de Böhler (1960), teniendo en cuenta el estado cutáneo, el punto que soporta la

violencia y la forma. En este apartado solo se abordarán el primero y el último, pues el segundo será expuesto en el apartado de biomecánica. Con estado cutáneo, se hace referencia a aquellas fracturas que son cerradas o abiertas, y se clasifica dependiendo del grado de discontinuidad que presenta el hueso así como los tejidos blandos que lo cubren, es decir, si la piel que cubre el hueso no está rota, es una fractura cerrada, pero si por el contrario la piel está dañada y el hueso queda expuesto al exterior, es una fractura abierta, en donde se puede dar una infección que llega hasta el hueso; la forma, describe el resultado de la fractura, es decir, cómo los fragmentos fueron afectados. Con la clasificación de Böhler (1960) podemos complementar la clasificación hecha por Gordon (2010):

- Fracturas transversales: son el resultado de la aplicación de una fuerza que es aplicada en una línea perpendicular al eje largo del hueso, son causadas por una fuerza relativamente pequeña en un área pequeña. Generalmente son producto del cizallamiento (Lovell, 1997).
- Fracturas oblicuas: son el resultado de la aplicación de una fuerza que combina angulación/rotación, por lo tanto, las líneas forman un ángulo a través del eje longitudinal (Lovell, 1997). Es una fuerza de rotación y angulación que corre diagonalmente a través de la diáfisis, por lo general en un ángulo 45 grados. De acuerdo con Gonza (1982 citado en Ortner, 2003) cuando esto sucede hay ciertas maneras en las que la fractura se puede propagar: 1. Si las fuerzas de compresión son mayores en relación con las fuerzas de flexión, el hueso se rompe en la compresión de la producción de una fractura propiamente oblicua; 2. Si las fuerzas de flexión son relativamente altas, entonces la fractura puede parecerse a una transversal; 3. El caso más común para una fractura oblicua es que se inicia como una fractura transversal, debido a la ruptura inicial, pero la tracción y fuerzas de compresión aumentan en el hueso restante lo que da lugar a un corte, toda vez que la compresión empuja al hueso restante hacia abajo. Como consecuencia la fractura inicial es perpendicular al eje vertical, en tanto la segunda es oblicua.

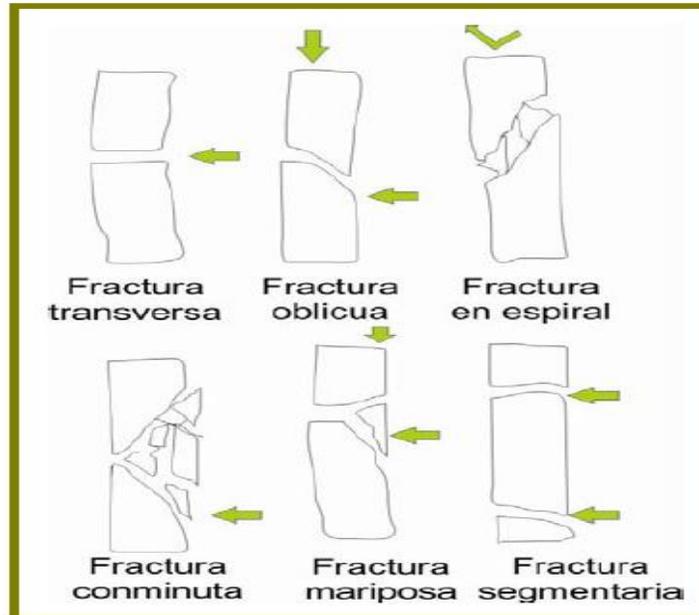
- Fracturas en espiral: son el resultado de la aplicación de una fuerza por torsión en la que un serpenteo se desplaza de manera vertical y alrededor del eje longitudinal de los huesos largos debido a la rotación y tensión de carga. (Lovell, 1997).
- Fracturas conminutas: son el resultado de trauma directo e indirecto, este último tiene como patrón una “T” o “Y” y son producidos por una fuerza que pasa a través del hueso, dividiéndolo en varias direcciones (Lovell, 1997), Para Böhler (1960, citado en Isaza, 2008) las fracturas conminutas son la consecuencia de violencias cuya dirección es vertical u oblicua en el eje longitudinal del hueso, para el caso de proyectiles o en el caso de maquinaria, aplastan el hueso. En especial, se deben a las violencias con una mayor intensidad en lugares limitados o la caída de objetos de peso y tamaño elevado.
- Fracturas de tallo verde: se presentan en la diáfisis de los huesos y se deben a una fuerza de flexión.
- Fracturas longitudinales: son el resultado de la aplicación de una fuerza por compresión en dirección al eje longitudinal del hueso.
- Fracturas concéntricas: este tipo de fracturas son de particular interés para el presente trabajo de grado, pues son el resultado de trauma por objeto contundente; otra de sus características particulares, es que generalmente se presentan en los huesos del cráneo. La aplicación de una fuerza desde afuera del cráneo (Lovell, 1997).
- Fractura subperióstica: corresponden a las fracturas que abarcan todo el ancho del hueso, pero el periostio no es roto, entonces no hay desplazamientos

Ilustración 8 Tipos de fracturas incompletas



Seis tipos de fracturas incompletas. Tomado de Gordon (2010).

Ilustración 9 Tipos de fracturas completas



Seis tipos de fracturas completas. Tomado de Gordon (2010).

Otra clasificación de las fracturas es por tipo de hueso. Como se expuso en el apartado sobre el tejido óseo, existen diferentes tipos de huesos. Cada tipo de

hueso posee características particulares que hacen de las fracturas y la reacción en estos lugares sean diferentes. En los huesos planos, generalmente son lineales, estrelladas y articulares con hundimiento. Los huesos cortos presentan fracturas por aplastamiento, aunque es posible una fractura lineal y articular. En las vértebras el cuerpo se separa del arco posterior. En el cráneo se pueden encontrar fracturas de tipo lineal, conminutas, penetrantes, por aplastamiento de hundimiento y con pérdida del componente óseo. Las fracturas en el cráneo, presentan a nivel basal forma de anillo en la parte circundante al foramen magnum; generalmente son la consecuencia de caídas en donde la altura es significativa y la fuerza se transmite desde los pies o la cadera, siendo el trauma directo el factor más común en las fracturas de la bóveda. (Valero, 2001; Lovell, 1997). Otro tipo de fracturas craneales que son producidas por eventos violentos son: las lesiones por arrancamiento, las cuales se dan por una contusión o el desprendimiento del cabello hace que se retire la estructura que compone el cuero cabelludo y que a su vez conecta las partes frontal y occipital del musculo occipitofrontal; el hundimiento en la pelota de celuloide, que se da particularmente en el hueso fibrocartilaginoso de individuos infantiles por una contusión violenta; las fisuras craneales, que son la consecuencia de un objeto agudo, pudiendo originar grietas que no implican un desplazamiento óseo por la presión en el cráneo; y los hundimientos craneales, que consisten en uno o varios fragmentos con morfología variada (Valero, 2001).

Dentro de los eventos traumáticos del cráneo, las *microfracturas*, son un tipo de fenómeno de especial interés en las que varias capas de hueso forman la porción superficial de la tabla externa del cráneo y en las porciones donde los vasos sanguíneos confluyen y la presencia de agujeros craneales sea mayor, toda vez que, los canales haversianos son diferentes en huesos largos y en el cráneo.

2.4.3. Variables que intervienen en la fractura

La apariencia, el proceso de sanado y la forma de la fractura pueden variar de acuerdo a la edad del individuo, ya que dependiendo de la edad van a variar factores

como la elasticidad, el contenido cálcico y la elasticidad de los huesos. Por tanto, la capacidad de sobrepasar el límite para generar una fractura, no es la misma en individuos infantiles, juveniles o seniles.

Además, el estado de los huesos nos permite hacer referencia al estado de salud y/o enfermedad que poseen, pues una fractura, sin importar el tipo, está directamente relacionada con este aspecto. Si son traumáticas y se presentan en huesos sanos, se pueden observar por la acción intensa de violencia suficiente; si es por agotamiento, se pueden ver por la sobrecarga a nivel funcional de manera persistente; si es patológica, se presentan por la acción de una violencia mínima, ya que el hueso ha sido sometido a acciones vinculadas a pérdida de resistencia; si es espontánea, está relacionada con factores patológicos, se da por movimientos cotidianos leves. Esta variable permite evaluar el mecanismo de trauma.

Las complicaciones de la fractura son: infecciones, necrosis de tejido y pérdida de la inervación, fusión inadecuada, deformidad ósea, artritis traumática, fusión de la articulación y miosis osificante traumática, entre otras (Ortner y Pustchar 1981:64)

Los mecanismos o fuerzas que intervienen en la formación de la fractura que pueden ser, según Ortner (2003:119), de carácter intencional como sucede con la violencia interpersonal, asociados a prácticas culturales de tipo cosmético y/o terapéutico, accidentales y por condiciones patológicas secundarias. En las fracturas se pueden definir varios mecanismos involucrados, a saber: por corte (compresión o cizallamiento estrecho); por proyectil, donde hay una combinación del mecanismo cortante y contundente, por cizallado, es decir un instrumento dentado; por calor y sustancias químicas y, finalmente, por objeto contundente. Este último mecanismo se ampliará en el siguiente apartado, por su especificidad con el objetivo del presente trabajo.

2.5. LA BIOMECÁNICA EN LA PRODUCCIÓN DE FRACTURA POR OBJETO CONTUNDENTE

El BFT consiste en el daño infligido a través de un número de diferentes fuerzas en las que el área de impacto es relativamente grande. Si bien no hay un tamaño específico que separe al trauma agudo del BFT, en este último se incluyen las lesiones causadas por puños, palos, tablas, así como las provocadas por accidentes de tráfico, caídas y por compactación manual del cuerpo (Galloway *et al.*,2013:33).

2.5.1. Terminología básica

Para entender las fuerzas que actúan en el proceso de la fractura en el BFT es necesario aclarar algunos términos de la biomecánica, que es la aplicación de los principios de la mecánica a sistemas biológicos (Ruff, 2000) al movimiento de organismos animales, sus causas y manifestaciones (Donskoi, 1988). Las influencias mecánicas también pueden tener un efecto sistémico sobre el crecimiento del esqueleto, posiblemente actuando a través de mediadores hormonales. Sin embargo, gracias a que las influencias mecánicas pueden ser ubicadas e interpretables de manera funcional y directa, los análisis basados de manera mecánica pueden ser valiosos en la reconstrucción de los patrones del comportamiento del tejido óseo (Ruff, 2000).

Un trauma por objeto contundente se evidencia por una amplia gama de patrones de fractura que dependen de las propiedades biomecánicas del hueso, los órganos, los niveles microestructurales y la naturaleza de las fuerzas de carga aplicadas. Las propiedades del material del hueso, la morfología, la integridad estructural, la mineralización y la densidad del esqueleto añaden otro nivel de factores que están implicados en las vías de fractura (Galloway *et al.*, 2013:33). La fuerza, el estrés, el impacto y la elasticidad son variables que determinarán el tipo y la severidad de la fractura.

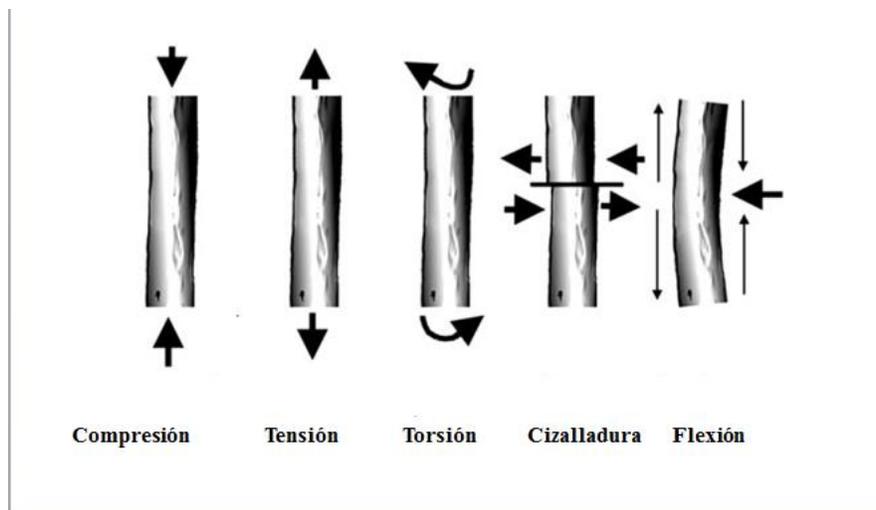
2.5.1.1. Fuerza

El BFT consiste en el daño infligido a través de un número de diferentes fuerzas en las que el área de impacto es relativamente grande (Galloway *et al.*, 2013:34). Para Hewitt (2007), la fuerza, es un empuje o un tirón. Su causa puede ser gravitacional, eléctrica, magnética o simplemente esfuerzo muscular. Sin embargo, en Galloway *et al.* (2013:34) no hay una definición absoluta, sino que se puede interpretar como la carga de rotura o el forzamiento que un material puede soportar antes de romperse. La rigidez es la capacidad del material para resistir la deformación cuando se aplica una fuerza, y la dureza se refiere al trabajo o la energía necesaria para provocar el fallo y/o resistencia a agrietar el crecimiento. Esto es importante, ya que, en el hueso, la resistencia que genera depende de la dirección en la que se dé el impacto “el hueso es frágil en dirección transversal y dúctil en dirección longitudinal (...) el hueso que se encuentra más lejos del eje, es más eficiente en la resistencia a la flexión que el hueso que se encuentra a lo largo” (Galloway, 1999: 59). La bóveda craneal afectará la capacidad para resistir la compresión. En este hueso el patrón de líneas de fractura se ha correlacionado con la intensidad de la fuerza, sin importar el lugar, ya sea el frontal, parietal u occipital en el que el golpe ha impactado. Se tiene que una sola fractura lineal indica, generalmente, una fuerza menor que las fracturas concéntricas y estrellada expansiva (Isaza, 2008).

Las fuerzas (ver ilustración 10) que producen fracturas son la tensión, la compresión y la cizalladura. También se pueden producir discontinuidades en el hueso a través de la flexión, la torsión, o con combinaciones de múltiples fuerzas. Las fuerzas de tensión se producen cuando cargas iguales y opuestas se aplican a un material, tirando de él aparte. Es una fuerza de estiramiento que de acuerdo con Hewitt (2007) rompe la unión del tendón separándolo del hueso. En pura tensión, el cuerpo sufre daños en articulaciones y ligamentos, en lugar de los huesos, aunque el desgarramiento de ligamentos puede implicar alteraciones óseas (Galloway, 1999:47). La fuerza por compresión se produce cuando cargas iguales y opuestas se aplican a

un material, empujando juntas. Es una fuerza común involucrada en caídas, las cuales son unas de las circunstancias de BFT, así como en los segmentos del cuerpo que hacen impacto con un objeto o superficie que compacta el área impactada. Es de carácter repentino y se presenta con variedad de patrones (Ortner *et al.*, 1981:119) sobre todo en la diáfisis de huesos largos y sobre el cráneo. Las fuerzas de cizallamiento se producen cuando se aplica una carga paralela a la superficie de un material. Es la aplicación de dos fuerzas en sentidos opuestos que dan lugar primero al deslizamiento óseo (Isaza, 2008); la fuerza de flexión se puede aplicar en un punto central, mientras que los extremos de los huesos se estabilizan o por una compresión excesiva pueden exagerar la curvatura natural del hueso (Ortner *et al.*, 1981:56). Una flexión se produce al forzar el hueso a enderezarse, o en su sentido opuesto a incurvarse. La fuerza de torsión del hueso produce una serie de pequeñas grietas verticales que se amplían y luego se propagan como una fractura espiral (Ortner, 2003:121). Finalmente, la torsión es el resultado de una fuerza que supera la capacidad elástica ósea, cuyos fragmentos recorren más de la mitad de la circunferencia del hueso. Se puede observar esta fractura como una línea helicoidal por flexión (Isaza, 2008).

Ilustración 10 Tipos de fuerza que producen la fractura



Los diferentes tipos de fuerza que producen la fractura (Tomado de Galloway, 2013)

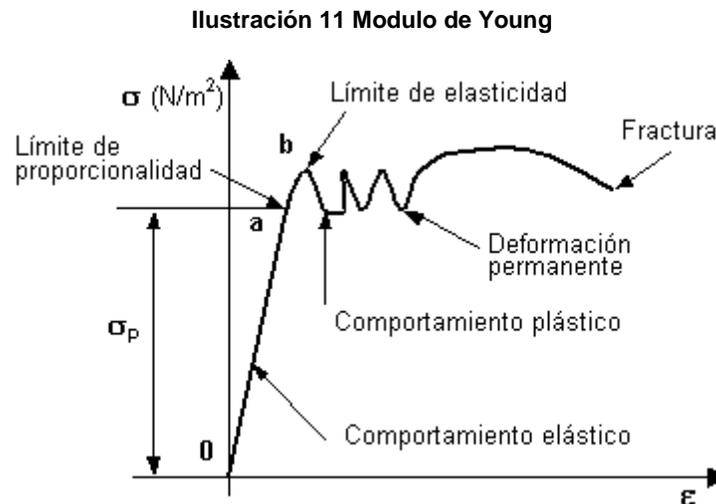
2.5.1.2 Impacto

Las diferentes fuerzas aplicadas implicadas en los patrones de fractura definen traumas directos e indirectos que se relacionan con el tipo de impacto, conocido como el punto que soporta la violencia. Se hace referencia a un trauma directo cuando un objeto golpea un cuerpo que está en movimiento lento o inmóvil o cuando es el cuerpo que golpea a un objeto que permanece inmóvil o con una movilidad reducida, que es aquella lesión que se sufre en el mismo punto en que se produjo la fuerza y cuyo resultado son fracturas transversales, penetrantes, conminutas o por aplastamiento. En el trauma indirecto se producen un rango de daños en el que se incluyen pequeñas lesiones; en este caso se aplica una mínima fuerza a baja velocidad en un área relativamente pequeña, que puede conducir hasta fracturas extensas en las que una gran fuerza se aplica en un área grande. Las fracturas que resultan de estos traumas van más allá del lugar de impacto inmediato, es decir, es una fractura en un punto distante del que recibió el impacto; este tipo de trauma se encuentra asociado con fracturas oblicuas, por torsión de tipo rotación y espiroideas, por arrancamiento, ya sea en tallo verde o *greenstick*, por compresión, con impacto y algunas por flexión. Los traumas indirectos pueden ser inducidos por tensión, rotación y angulación y ocurren, generalmente, cuando alguna carga compresiva afecta al hueso. Otros daños indirectos como la hiperflexión o la hiperextensión se dan por la desaceleración o aceleración del cuerpo. (Gordon, 2010; Isaza, 2008).

2.5.1.3. Elasticidad

La elasticidad nos permite entender la respuesta del hueso al trauma dependiendo si el esfuerzo que se le aplica es una tensión o una compresión. El comportamiento elástico de un material donde σ es el estrés y ϵ la tensión que se aplica; es una relación lineal, que cuando llega a su límite de elasticidad pasa a un estado de plasticidad, se da la deformación permanente y la continuidad de tensión llega al punto de fractura. Como se observa en la imagen 11, la línea de 0 hasta a, se llama recta de Hooke. Para este caso, hasta b recupera su longitud original, es decir, entre 0 y b, el material es elástico. Por lo anterior, se puede afirmar que “toda fractura se da cuando se ha sobrepasado su capacidad plástica” (Galloway &

Zaphro, 2006; Lovell, 2008 y White, 2012).



Comportamiento elástico del hueso. Tomada de:

http://www.fisicanet.com.ar/fisica/elasticidad/ap01_elasticidad.php

La capacidad de un material para absorber la energía depende en general de la forma y rigidez del material. Si un material es capaz de soportar el estrés por igual en todas las direcciones, el material es isotrópico. Si un material es más capaz de soportar el estrés preferentemente en una dirección, el material es anisótropo. El hueso es más capaz de soportar esfuerzos de compresión de tracción o cizalladura. Por lo tanto, el hueso se considera un material anisótropo. Además, la variabilidad existe entre elementos y en los organismos individuales debido a la variabilidad inherente en la calidad del hueso que se da a través del crecimiento y desarrollo, el envejecimiento, la arquitectura ósea, y la condición del hueso (fresco o seco) en el momento de la fractura (Galloway *et al.*, 2013:35).

La capacidad de cualquier material para resistir una fuerza es directamente proporcional tanto en el área de sección transversal y en la rigidez o elasticidad de dicho material. Si dos bloques de material son constantes en la rigidez, pero difieren en el área, se diferencian en capacidad para soportar las fuerzas de carga. A la inversa, dos materiales con diferente rigidez, pero similares dimensiones también

difieren en la resistencia. El hueso no se exime de tales principios. Las tensiones en el hueso raramente exceden alrededor del 3% (Currey, 1970).

Sin embargo, dada la complejidad de los traumas, en especial por objeto contundente, es necesario tener en cuenta otros conceptos que también son de importancia y que a continuación se expondrán brevemente:

- La capacidad de absorción de energía en movimiento cinético: Esta depende de la velocidad en un momento específico. El grado del traumatismo depende del aumento de la energía cinética. (Porta, 2005). La fórmula es la siguiente: $MV^2 / 2g$, en donde M es el peso del objeto en libras, V es la velocidad en metros por segundo y g es la aceleración de la gravedad, que es de 9.8 metros por segundo. Entonces, la capacidad de un objeto para inducir una lesión depende de su peso y la velocidad (Porta, 2005)
 - La velocidad se define como la “rapidez de un objeto y una especificidad de su dirección de momento” (Hewitt, 2007:53). Es una cantidad vectorial, por lo tanto, tiene magnitud y dirección. A mayor velocidad y mayor movimiento cinético más fuerte es el traumatismo esquelético y por el área (Porta, 2005). Dentro de esta variable, podemos encontrar dos conceptos que se desprenden de su definición:
 - La rapidez que se define como “distancia recorrida por unidad de tiempo” (Hewitt, 2007:41).
 - La aceleración “razón de cambio de la velocidad de un objeto con el paso del tiempo; el cambio de velocidad puede ser en magnitud, en la dirección o en ambas”, es decir, la causa de la aceleración es la fuerza (Hewitt, 2007:53). Entendiendo estos conceptos se puede decir que “un cuerpo está en aceleración cuando hay un cambio en su estado de movimiento” (Hewitt, 2007:44).

La masa que se define como una “cantidad de materia en un objeto. Es

también la medida de la inercia u oposición que muestra un objeto en respuesta a algún esfuerzo para ponerlo en movimiento, detenerlo o cambiar de cualquier forma su estado de movimiento” (Hewitt, 2007:45). Estas variables de la biomecánica entran en relación cuando se produce el trauma por objeto contundente, tanto por parte del objeto que golpea, como el que es golpeado.

En suma, en este capítulo se pudo observar, inicialmente, las características básicas del tejido óseo en su aspecto normal y anormal, es decir, las lesiones, patologías y traumas que se pueden presentar, con relación a los factores externos que se involucran en la generación de los traumas. Por otra parte, se abordó el concepto de fractura y se expusieron aspectos biomecánicos en la producción de la discontinuidad. A continuación, el lector podrá encontrar la exposición de las circunstancias comunes de traumas por objeto contundente.

3. CAPÍTULO III: CIRCUNSTANCIAS COMUNES DE TRAUMA POR OBJETO CONTUNDENTE

Una lesión no es aleatoria, ya que es el resultado de una serie específica de eventos que pueden usarse para interpretar la causa de la fractura. El BFT puede ocurrir en un número de circunstancias, entre las cuales se encuentran los homicidios, así como el daño óseo primario en accidentes de tránsito y aéreos, las caídas, los desastres naturales y en víctimas de violaciones de derechos (Galloway *et al.*, 2013). Es importante tener en cuenta que la ubicación, la naturaleza y cantidad de alteraciones óseas varían con la edad del individuo, la naturaleza y la gravedad del trauma, así como el estado del sistema esquelético (Rogers, 1992; Brinket y O'Connor, 2004).

Las actividades a las que se dedican las personas están en parte determinadas por la edad de los individuos involucrados, de igual forma varían las lesiones. Las personas más propensas a sufrir una lesión son jóvenes, puesto que, son quienes están más involucrados en actividades de mayor riesgo. Existen variables que intervienen en la probabilidad de tener un BFT, pero no son observables en el registro óseo. Se pueden traer a colación discapacidades que se relacionan con la edad, la inexperiencia, las drogas, el abuso en el consumo de alcohol o la falta de atención pueden predisponer a algunos individuos a sufrir lesiones accidentales de BFT que, como se observará en el siguiente capítulo, tienen un gran porcentaje. Rara vez se puede indicar la naturaleza exacta de las circunstancias de la lesión, pero se puede desempeñar un papel en lo que sugiere la interpretación más probable de las pruebas (Galloway *et al.*, 2013:92). Las circunstancias en las que un individuo puede morir por BFT no son fáciles de distinguir sin una buena conservación del material. El análisis antropológico de un fuerte traumatismo puede proporcionar una valiosa información sobre las circunstancias de la muerte (Galloway *et al.*, 2013:92).

En este capítulo se revisa el proceso de generación del BFT, así como las

combinaciones de las lesiones y los patrones de fractura asociados con homicidios, ataques, estrangulación, accidentes de tráfico, caídas y abuso de niños y ancianos.

3.1. PROCESO DE GENERACIÓN DEL TRAUMA POR OBJETO CONTUNDENTE.

Las lesiones traumáticas por objeto contundente se definen como la aplicación de una fuerza en un área específica. Es un impacto de baja velocidad con un objeto contundente o el impacto de baja velocidad de un cuerpo con un objeto contundente, por ejemplo, los accidentes de tránsito o las caídas. Los factores que influyen en la severidad, extensión y apariencia se dividen en elementos cuantitativos, es decir las cantidades aplicadas, de forma y tipo de objeto (di Mao, 2014; Rogers, 1992). De acuerdo con la *The Scientific Working Group for Forensic Anthropology* (SWGANTH), las características que indican un fuerte traumatismo por objeto contundente incluyen:

- La deformación plástica
- La delaminación
- El patrón de fractura que indica un impacto de baja velocidad
- La localización y características de las fracturas clínicas conocidas (por ejemplo, parry, colles, copa de té, o patrones generales observados en las colisiones de automóviles o caídas desde grandes alturas)
- Las fracturas en el hueso contiguo o en los huesos anatómicamente relacionados
- Las marcas de herramientas o impresiones que indican un sitio de impacto
- El biselado de las fracturas concéntricas en la bóveda craneal que indican una fuerza externa para el interior.

Cuando las alteraciones en el tejido óseo se clasifican como traumatismo, debe considerarse la posibilidad de:

- La presencia de otras sustancias o materiales en o dentro de la alteración
- Sitios de impacto latentes en el cráneo en forma de manchas oscuras que resultan de la sangre y la grasa atrapada dentro del diploe triturado
- Un patrón de distribución de las fracturas; un solo impacto puede resultar en

fracturas de varios huesos (por ejemplo, una caída que resulta en fracturas de costillas de serie o agitar un bebé lo que resulta en fracturas de costillas y huesos largos).

- Un componente de fuerza aguda o de corte.
- Fracturas del hueso hioides, ya que pueden resultar de una agresión post-mortem o la no fusión puede imitar el trauma.

3.2. ATAQUES POR OBJETO CONTUNDENTE

La muerte por objeto contundente puede deberse a un contacto forzoso de parte o todo el cuerpo con una superficie rígida; o la fuerza contundente también puede ser descargada con las manos, que por lo general tienen menos poder de producir fracturas, o por los pies (Galloway *et al.*, 2013:93). El potencial daño de la lesión depende de la cantidad de energía transmitida por el golpe y el tamaño del área de impacto (ver capítulo de Biomecánica). En muchos casos, tanto la fuerza de impacto y la superficie rígida sobre la cual la víctima es golpeada combinan para producir un patrón de trauma (McGee, 1991). En el caso de los asaltos fatales, se tiene que el ataque no comienza con la intención de cometer homicidio y las armas utilizadas varían ampliamente (Adelson, 1974; Murphy, 1990). En los casos en los que es posible identificar el arma, las características de esta deben ser documentadas.

Los traumas graves en los que se implica la cabeza, se debe tener en cuenta que el cerebro es más vulnerable y puede sostener daño letal mientras golpes similares en otras partes del cuerpo producen menos daño. Las fracturas craneales, requieren una fuerza considerable para dar lugar a una fractura lineal de la bóveda. En algunos casos las fracturas craneales son limitadas y solo pueden afectar a la tabla externa del hueso (Galloway *et al.*, 2013:94). A continuación se exponen los homicidios por asaltos por BFT, el estrangulamiento, los traumas por vehículos a motor y las caídas.

3.3. LESIONES POR HOMICIDIO

Un homicidio por un fuerte traumatismo requiere un contacto estrecho entre el

asaltante y la víctima, así como esfuerzos considerables para infligir las lesiones. La víctima puede tener la oportunidad de resistir y posiblemente transferir rastros de evidencia al asaltante. La presencia de un fuerte traumatismo no excluye la presencia de otras formas de violencia y golpear a alguien hasta la muerte es a menudo difícil, ya que se deja evidencia en la escena, y puede correr el riesgo de lesionar al autor (Galloway et al., 2013:93).

El antropólogo forense verá otros tipos de daños sobre los restos junto con un objeto contundente. A menudo, el alcance de las lesiones en restos no descompuestos está oculto por el pelo o la ropa. Por tanto, es esencial que el tejido esquelético pueda examinarse para revelar la magnitud de los daños, así como posiblemente establecer la secuencia de golpes. Desde el patrón reconstruido, el antropólogo es capaz de emitir una opinión sobre la posición, el número y la secuencia de golpes (Galloway et al., 2013:93).

3.3.1. Abuso de niños, adultos vulnerables y ancianos

Es importante tener en cuenta el perfil biológico en este tipo de lesiones, pues es importante comprender las circunstancias de la muerte. Para algunos individuos por cuestiones de edad o enfermedad pueden ser vulnerables a los abusos, a menudo de las personas más cercanas.

El abuso se evidencia en fracturas cicatrizadas, así como en los defectos perimortem. Es preciso un análisis crítico del esqueleto completo, ya que, para los casos forenses, incluso si el homicidio no se puede probar, el procesamiento puede proceder sobre la base tanto del estatus del individuo, la vulnerabilidad a la que estaba expuesto y la historia de abuso. (Galloway et al., 2013:97).

3.3.1.1. Abuso de niños

De acuerdo con Galloway et al. (2013:98). El abuso infantil fue descrito por primera vez en 1946 por Caffey. El síndrome fue definido y la causa fue identificada en 1962 por Kempe et al. El síndrome se refiere a los casos en los que los niños son

golpeados, sacudidos, empujados, arrojados, quemados o ahogados. Se observa generalmente en niños menores de cinco años, ya que, sin abuso, las fracturas son relativamente poco comunes alrededor de los cinco años, pero a partir de esta edad el aumento de la actividad física, y la participación en actividades deportivas se vuelve más común (Galloway *et al.*, 2013: 99). Sin embargo, es claro que el abuso de niños puede resultar en la muerte del niño.

El análisis de la muerte de un niño golpeado requiere la evaluación de la etapa de sanación de la fractura. Las víctimas a menudo exhiben numerosas fracturas en diversas etapas de la cicatrización debido a repetidos episodios de violencia. Las múltiples fracturas en distintas etapas de la curación que pueden estar presente en el mismo esqueleto son el sello distintivo del síndrome (Kerley, 1978). Una de las evidencias consiste en la interrupción por parte de las nuevas fracturas en la formación del callo para las fracturas antiguas. La determinación de la edad de la curación de fracturas es muy difícil, especialmente porque la curación de la fractura en un niño sano puede ser rápida (Galloway *et al.*, 2013:99).

El síndrome del "bebé sacudido" es una de las principales causas de abuso físico en los niños. El niño se agita violentamente provocando hiperextensión e hiperflexión del cuello. La muerte se produce debido a la hemorragia subdural, entre las lesiones de tejidos blandos se encuentra comúnmente la hemorragia ocular. En estos casos, los niños tienden a estar alrededor de los seis meses de edad. (Di Maio *et al.*, 2014) advierten que muchas, si no todas las muertes consecuencia del síndrome del bebé sacudido, en realidad pueden ser debidas al traumatismo con fuerza en la cabeza, es decir, el trauma por objeto contundente. Muchos casos de abuso físico en los niños no dejan ninguna evidencia ósea. En el estudio realizado por Di Maio *et al.* (2014) de los casos 24 de abuso infantil que llevaron a la muerte por hematoma subdural, dos tercios no presentaron fracturas de cráneo (Di Maio *et al.* 2014). Este estudio también mostró que la laceración de los órganos internos, a menudo sin evidencia externa de traumatismo, fue la causa de la muerte. El trauma esquelético es generalmente confinado a la fractura bilateral de las costillas. El

síndrome se puede diagnosticar a partir de las lesiones en diversas etapas de la cicatrización, la mayoría de las muertes por abuso infantil se deben a los repentinos actos violentos provocados, a menudo, por un evento trivial, aunque pueden ser parte de un patrón en curso de abuso físico (Di Maio *et al.*, 2014). En estos casos, el niño es golpeado severamente.

3.3.1.2. El abuso de ancianos y del abuso de adultos vulnerables

El concepto de maltrato en adultos fue introducido en 1975 por Burston como *granny battering* del cual se cree que es tan común como el abuso infantil. El problema es que a menudo las víctimas no revelan el abuso debido a su falta de movilidad y confinamiento dentro de las áreas en las son abusadas. La causa y forma de muerte a menudo se atribuye a causas naturales y poca o ninguna investigación se produce. El abuso puede ser físico, sexual, económico, psicológico o por negligencia. (Galloway *et al.*, 2013:102).

Entre los ancianos víctimas de homicidio por traumas por objetos contundentes se produce más de lo esperado, aunque es superado por el trauma proyectil de alta velocidad. En un estudio realizado por Falzon *et al.* (1998: 373) de los 150 casos, las causas de muerte fueron el 50% por arma de fuego, 19% por BFT, 14% por armas cortantes y 10 % asfixia, En otras partes del mundo el trauma por objeto contundente puede ser más común. En el estudio realizado por Coelho *et al.* (2010:386) en el norte de Portugal, de 615 casos en los que se sospechaba eran homicidio, el 13% fue contra ancianos. Los mecanismos de muerte más frecuentes fueron BFT 31%, seguido de puñaladas con el 22% y arma de fuego con 21%.

3.4. ESTRANGULACIÓN

El estrangulamiento es una causa común de muerte entre las víctimas de homicidio (Fischer *et al.*, 1994). En *Types of trauma in cases of homicide* un estudio con un grupo de 251 víctimas de homicidio en los años 1978-1988 fueron examinados para determinar las causas de sus lesiones (Fischer *et al.*, 1994:161). Se encontró que el 61,4% de los homicidios mostró evidencia de BFT, el 31,9% eran víctimas de

trauma agudo y el 29,5% sufría de estrangulamiento. Mientras que la estrangulación es menos frecuente entre los varones, se encuentra cerca de la mitad en mujeres víctimas de homicidio y es una causa frecuente de muerte en niños menores de cinco años de edad. La estrangulación puede ser inducida por métodos colgantes, por ligadura o estrangulación manual. En el ahorcamiento, el cuerpo está total o parcialmente suspendido. En casos de horca judicial, el fallecido se deja caer con la cuerda en ángulo debajo de la barbilla y por lo general detrás de la oreja (Di Maio *et al.*, 2014). Sin embargo, las colgaduras pueden ser cortas o en caída y estas formas son similares en la naturaleza ligada a la estrangulación. Las ligaduras normalmente rodean el cuello horizontalmente mientras cuelga e implican un elemento de gravedad con una parte del material rodeando al más alto que el resto. Con la estrangulación manual o estrangulamiento, las manos, antebrazo u otra parte del cuerpo producen la compresión del cuello (Galloway *et al.*, 2013:103).

3.4.1. Ahorcamiento

En este tipo de estrangulación, la producción de las fracturas en la segunda vértebra cervical históricamente se ha considerado como el sello distintivo de la horca judicial que implica una larga caída. Sin embargo, esta fractura específica a menudo no se produce en la horca judicial, aunque otros tipos de fracturas cervicales pueden ser encontradas (Hellier y Connelly, 2009:25).

Con esta lesión el objetivo es producir un rompimiento de la columna vertebral, moviendo la cabeza hacia atrás con fuerza y abruptamente. Una caída excesiva dará lugar a la decapitación, mientras que las distancias más cortas deben depender de estrangulamiento para causar la muerte. En la horca judicial proceden de acuerdo con el plan, el difunto pierde la conciencia de inmediato y estará muerto dentro de poco tiempo. El corazón sigue latiendo a menudo por algún tiempo, hasta 20 minutos, después de la caída. (Galloway *et al.*, 2013:103).

Las fracturas asociadas con ahorcamiento incluyen la fractura clásica "del ahorcado" o espondilolisis traumática aguda de la segunda vértebra cervical o

fracturas de los pedículos o láminas de la tercera o cuarta vértebras cervicales. La probabilidad de estas fracturas en el entorno forense es remota, precisa una caída sustancial y se requiere la correcta colocación del nudo para producir estas fracturas. Otras causas como la hiperextensión del cuello durante los accidentes automovilísticos son la fuente más probable de la lesión (Galloway *et al.*, 2013:104). Es necesario tener en cuenta que la no fusión de las astas mayores del hioides, a menudo es confundido con una fractura. Estas fracturas son más comunes en los ancianos y en aquellos individuos en el que se había producido una caída sustancial hasta el punto de suspensión. La tasa de fracturas del hioides y de la tiroides en ahorcamientos accidentales y suicidas varía, pero un análisis cuidadoso revela que las fracturas simples o múltiples son comunes (Di Maio *et al.*, 2014). Algunas de las discrepancias pueden deberse a diferentes métodos de disección, la palpación, la radiografía o en el análisis de tales fracturas. Khokholov, 1997 sugiere en su estudio que las fracturas del hioides ocurren en aproximadamente el 10% de las colgaduras suicidas mientras que las fracturas del cartílago tiroides ocurren en 22,5% de los casos.

3.4.2. Estrangulación con ligaduras

Las ligaduras varían considerablemente de alambres finos a elementos más gruesos. Muchos aspectos de la superposición de estrangulación por ligadura, así como los observados en ahorcamientos, muestran que la caída estuvo ausente o es insuficiente para producir un traumatismo vertebral. La elasticidad de la ligadura es también un factor en el daño infligido, ya que esto puede dirigir algunas de las fuerzas aplicadas a la región. Además, las fracturas de huesos adyacentes también se han relacionado con estrangulación. Las fracturas mandibulares y fracturas de las láminas de las vértebras cervicales se han atribuido a la estrangulación con un lazo de alambre doble apretado retorciendo un objeto sólido en un bucle lateral (Angel y Caldwell, 1984).

3.4.3. Estrangulación Manual

La estrangulación manual se ha asociado con el daño a los huesos y cartílagos

osificados de la garganta (Di Maio *et al.*, 2014). El hueso hioides y el cartílago tiroides pueden ser fracturado (Spitz y Fisher, 1980; Spitz, 2005). La compresión del cartílago tiroides por lo general resulta en fracturas verticales de los cuernos (Di Maio *et al.*, 2014). El cartílago cricoides en forma de anillo se encuentra por debajo del cartílago tiroides, es menos propenso a la fractura durante la compresión lateral, pero puede ser roto cuando se empuja en sentido posterior en contra de la columna cervical. La línea de escisión es generalmente vertical y puede ser en la línea media o lateralmente colocado. Las fracturas del hioides a menudo se atribuyen a la estrangulación manual y se han encontrado en suicidios, colgadas y estrangulaciones accidentales de ligadura (Ubelaker, 1992). Frecuentemente se asocia con fracturas del cartílago tiroides, especialmente en los individuos de más edad en los que estas estructuras se han osificado. La edad parece ser uno de los factores más importantes por la fusión de las epífisis del hioides, así como la osificación del cartílago tiroides que aumenta con los años. Los factores que influyen la severidad de la estrangulación incluyen: la magnitud de la fuerza aplicada al cuello, la posición precisa de la fuerza y la rigidez del hioides y tejidos de la garganta (Galloway *et al.*, 2013:105).

3.5. TRAUMA POR VEHÍCULOS DE MOTOR.

Los vehículos de motor por lo general se refieren a automóviles, camiones y motociclistas, pero los trenes y varios aviones también pueden producir un fuerte traumatismo (Galloway *et al.*, 2013:106). Los accidentes de tráfico son la principal causa de la muerte para los estadounidenses entre las edades de 5 y 34 años. El pico de muertes es entre los 20-24 años para los hombres, mientras que a una edad algo más joven, en las mujeres de 15-19 años (O'Neill, 1985). En Colombia, considerando la manera de muerte, los accidentes de tránsito ocupan el segundo lugar con un total de 6.219 para un 13,20% de los casos (Instituto Colombiano de Medicina Legal, 2014).

Conductores, pasajeros y peatones puede sufrir todos los tipos de muerte que pueden ser inducidas por el impacto con otros vehículos, objetos fijos o por partes de un vehículo ocupado. Los pasajeros del vehículo muestran distintos patrones de

lesiones basados en el lugar donde estaban sentados en el momento del impacto, si cruzaron sus piernas o tobillos, las precauciones que se tomaron, el tamaño, forma y la naturaleza del impacto. Las personas pueden ser lanzadas fuera del lugar del impacto y sobrevivir o puede ser lanzada en el lugar de la colisión. Las modificaciones del diseño de los vehículos y la adición de dispositivos de seguridad han proporcionado importantes mejoras en las relaciones globales de supervivencia, pero no eliminan los riesgos de un error del piloto (Galloway *et al.*, 2013:106).

Para Di Maio *et al.* (2001) los accidentes de tráfico pueden ser clasificados por el área de impacto en: (1) impacto por alcance, (2) impacto lateral, (3) impacto trasero, y (4) vuelcos. Durante los accidentes de vehículos de motor, hay cambios drásticos en la aceleración y desaceleración. Cuando el vehículo en movimiento golpea a otro objeto, parte o la totalidad de la energía del vehículo es absorbida por el objeto y la deformación del vehículo (Galloway *et al.*, 2013:107). Para el lado de los ocupantes, se entiende que son semi-independientes viajando a la velocidad original del vehículo en caso de choque. La energía de su impulso debe ser absorbida por su impacto con los dispositivos de retención, el vehículo u otros objetos. En muchos casos, la parte inferior del cuerpo se ve limitada por el tablero de instrumentos o los asientos y la cabeza y la parte superior del cuerpo se proyectan hacia adelante (Galloway *et al.*, 2013:108).

Para los vehículos cuyos modelos son recientes, las bolsas de aire del volante pueden difundir algunas de las posibilidades de golpear el volante, las puertas del vehículo, ventanas, o el tablero con la cabeza y la parte superior del cuerpo (Galloway *et al.*, 2013:108). En personas con edad avanzada o con osteoporosis, la rapidez de las bolsas de aire suele causar fracturas nasales y en las costillas (Wallis *et al.*, 2002).

En el caso de colisiones laterales, las víctimas son haladas hacia atrás, debido a la aceleración del vehículo en una dirección nueva e imprevista. Las víctimas son

arrojadas al lado que recibió el golpe, golpeando el interior del vehículo o siendo lanzado a través del interior del mismo (Adelson, 1974). En situaciones como la anterior, el cuello se somete a flexión lateral, para lo cual es poco eficiente. Además, las lesiones resultantes de los cambios de *momentum* son las que sufren por golpes directos al interior y por el objeto impactante. Una situación similar existe con las colisiones por alcance, donde el vehículo es propulsado hacia adelante rápidamente, halando a los pasajeros hacia atrás. En este caso la hiperextensión del cuello es común (Galloway *et al.*, 2013:109).

Como se mencionó en líneas anteriores los conductores y pasajeros están protegidos en parte por impacto, ya que se encuentran encerrados en el vehículo. Para los motociclistas es diferente, pues carecen de medidas de protección, contrario a las personas al interior de un automóvil. Los peatones y ciclistas golpeados por vehículos a motor son en mayor medida más vulnerables a un trauma masivo. A continuación, se discutirán este tipo de circunstancias.

3.5.1. Traumas del conductor/pasajero

Los accidentes de tráfico causan lesiones en los conductores y pasajeros debido al impacto en el cuerpo, así como a los cambios drásticos en el movimiento debido a la aceleración y desaceleración (Saukko *et al.*, 2004). Entre el 60 y el 80% de los accidentes son colisiones frontales en las que se implica otro vehículo, una estructura fija y otro objeto. Durante el impacto, el vehículo va a absorber parte de la energía transmitida, por lo tanto, se deformará y brindará cierto grado de protección a los ocupantes (Galloway *et al.*, 2013:109). Sin embargo, esta misma deformación puede introducirse por el compartimiento del pasajero o copiloto e infligir más daños. No solo el tipo de objeto con el que se produce una colisión influye en el trauma por objeto contundente, como se ha mostrado líneas anteriores (ver apartado de fracturas), ya que la edad de la víctima ocupa un lugar principal, siendo los ancianos los que sufren más lesiones en la pared torácica y en las extremidades inferiores (Nagata *et al.*, 2010).

Las lesiones que pueden sufrir los ocupantes de los vehículos a motor son muy

variables. Las lesiones en la cabeza, sin embargo, son bastante comunes, así como las lesiones en el cerebro, y se estima que están presentes en aproximadamente el 75 % de todas las muertes de tráfico (Seelig y Marshall, 1985). Cuando un accidente de tráfico transcurre en velocidades típicas, las fracturas de cráneo son generalmente (1) fracturas penetración/deprimidas, (2) triturada o deprimida, o (3) remoto lineal (McElhaney *et al.*, 1976). Las lesiones en la cabeza son más frecuentes en expulsiones, por lo general como resultado de un golpe con un objeto o superficie al exterior del vehículo. Para Di Maio *et al.* (2014) Las fracturas basilares que se extienden a lo largo de la porción petrosa y a través de la silla turca en el típico patrón bisagra, son igualmente comunes.

A nivel facial los huesos rotos más comunes son los nasales cuando se presenta un impacto frontal, seguidos de los maxilares y las fracturas maxilares. La nariz se lesiona rara vez en los impactos laterales, al contrario del frontal y la mandíbula, que en impactos laterales son los huesos que más se fracturan; sin embargo, cabe aclarar que también pueden afectarse por un impacto frontal (Galloway *et al.*, 2013:110). Los conductores sin restricciones experimentan el impacto directo en el pecho, además de lesiones en la flexión de la columna vertebral y a nivel torácico (Blacksin, 1993). Las fracturas pueden ocurrir por debajo de la segunda vértebra cervical, pero no se excluye la posibilidad de fractura en el atlas. De hecho, una encuesta mostró que el 68 % de las fracturas agudas del atlas se debieron a accidentes de vehículos de motor y un 7 % adicional a los accidentes de motocicleta. Frecuentemente se encuentran fracturas en forma de lágrima en las vértebras cervicales menores (Galloway *et al.*, 2013:110). Las típicas "fracturas del verdugo" de la primera y segunda vértebras cervicales son reportadas y también se puede producir fracturas tipo "Jefferson" del atlas. Estas últimas tienden a ser menos grave que el daño debido al ensanchamiento hacia el exterior de la primera cervical, evitando grandes daños a la médula espinal, que en otros casos la médula espinal puede resultar lesionada (Galloway *et al.*, 2013:111). Las fracturas torácicas y del esternón se producen en el controlador de impacto por la dirección de la rueda (Saukko *et al.*, 2004). La compresión torácica también puede resultar del vehículo

rodando sobre la expulsión de pasajeros (Adelson, 1974). Las lesiones típicas incluyen fracturas transversales del esternón y las fracturas costales bilaterales (Di Maio *et al.*, 2014).

Las fracturas de costilla se han vuelto cada vez más comunes en la edad avanzada, pues la resistencia de la costilla se declina a través de la infancia y la densidad ósea disminuye con el aumento de la edad. Las fracturas de costilla a menudo están vinculadas a las fracturas faciales en las colisiones por alcance y cuando la persona está proyectada hacia delante, hacia la ventana, o se golpea con el tablero de instrumentos (Galloway *et al.*, 2013:111).

Las lesiones pélvicas se encuentran asociadas también a los accidentes de tráfico, en particular cuando no se han utilizado cinturones de seguridad. Se observó en el temprano desarrollo de sistema de transporte basado en el automóvil que había una serie de lesiones asociadas con accidentes de vehículos de motor que incluyen lesiones de la pelvis y las dislocaciones de la cadera (Galloway *et al.*, 2013:111). La pelvis es particularmente vulnerable, ya que recibe las fuerzas transmitidas desde ambos fémures. El "síndrome del tablero de instrumentos" es un complejo de lesiones pélvicas reconocido a principios de una evaluación de seguridad automática (Kulowski, 1961). Son el resultado de la fuerza desde las rodillas golpeando el panel de instrumentos y la conducción de las cabezas femorales en el acetábulo. Las fracturas de cadera y la luxación de la cabeza del fémur (Walz, 1984), a menudo comienza con la fractura de la rótula y una división longitudinal distal del fémur. También se puede presentar fractura proximal del fémur, ya que el impulso del cuerpo lleva más allá del punto de fractura a estos elementos. Posterior a esto, los pliegues del cuerpo y la cabeza pueden ser arrojados al parabrisas, el volante o el tablero (Galloway *et al.*, 2013:111).

Los conductores son particularmente vulnerables, a través de la presión a la que con frecuencia son expuestos al presionar el pedal de freno antes del impacto. Este endurecimiento de las unidades de la pierna y de la cadera hacia arriba, a menudo

resulta en una dislocación postero-superior (Stewart *et al.*, 1954). Los pasajeros tienden a tener una cadera que se flexiona más en el impacto y, por lo tanto, es impulsada hacia abajo y hacia atrás con menos daño en el acetábulo.

Las lesiones en las extremidades inferiores también se pueden presentar por traumatismo directo (Saukko *et al.*, 2004) o pueden ser debidas a los intentos de los ocupantes para anticipar las fuerzas de impacto. Los conductores pueden presionar con fuerza sobre el pedal del freno, lo que resulta en fracturas por compresión de los pies y el tobillo (Galloway *et al.*, 2013:111). En impactos laterales, las fracturas tienden a ser unilaterales y en el lado de impacto (Di Maio *et al.*, 2014) los brazos y las piernas se pueden romper. La flexión lateral puede producirse en fracturas por compresión del cuello.

Los traumas a los que están expuestos los conductores y pasajeros dependen de variables no solo del evento como son fuerza, impacto y energía también de la posición en la que se encuentra la persona afectada y de sus características particulares. Sin embargo, para los eventos traumáticos en donde se incluyen motos difieren en gran medida de los eventos con vehículos. A continuación se expondrán las circunstancias de los traumas en motos.

3.5.2. Traumas de motociclistas

Los motociclistas y sus pasajeros tienen un riesgo mucho mayor de sufrir lesiones que los individuos en vehículos cerrados (Saukko *et al.*, 2006). Los elementos de protección, aparte de un casco, como el chaleco reflectivo no están creados para la protección del conductor de motocicleta, pero sí, para evitar accidentes. La mayoría de las víctimas mortales son hombres jóvenes en su adolescencia y con más de veinte años. El exceso de velocidad, la falta de experiencia, y el consumo de alcohol son factores contribuyentes significativos (Whittington, 1981, Bjornstig *et al.*, 1985, Aare y von Holst, 2003). La mayoría de los accidentes son causados por colisiones con otros vehículos o con objetos estacionarios (Zettas *et al.*, 1979). El grado de lesiones depende de la naturaleza de la colisión. Los accidentes de moto a menudo

implican lesiones en la cabeza y el cuello (Di Maio et al., 2014; Saukko *et al.*, 2004). La fractura de cráneo entre los motociclistas suele ser más grave que en otros accidentes de automóvil (Haug *et al.*, 1992) y cuando los conductores viajan a altas velocidades (Varley *et al.*, 1993). Las fracturas de cráneo, particularmente las basílicas incluyendo las fracturas de bisagra, son frecuentes a medida que el motorista se tira al suelo o golpea un objeto fijo. Avulsiones atlanto-occipitales y fracturas del anillo de la base del cráneo pueden estar producidas por la flexión y la tracción anterior del cuello durante colisiones frontales con los automóviles (Maeda *et al.*, 1993). Existe un tipo de lesión, denominada la “fractura del motorista” y que consiste en fracturas transversales a través del ala mayor del esfenoides, pasando a través de la silla turca (Saukko *et al.*, 1991).

Los motociclistas con frecuencia exhiben múltiples fracturas cuando han chocado y muestran lesiones aisladas con menos frecuencia que los ocupantes de un automóvil, las fracturas abiertas de pelvis también son comunes con los accidentes de motocicleta, lo que representa casi de un quinto a un cuarto de estas lesiones (Rothenberger *et al.*, 1978; Richardson *et al.*, 1982; Robertson *et al.*, 2002).

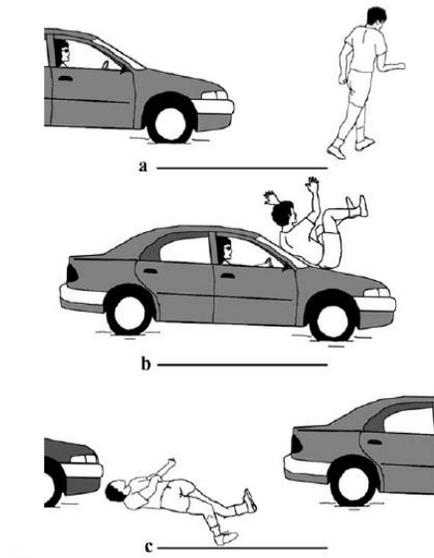
Los motociclistas presentan características que los hacen más vulnerables a sufrir lesiones. De hecho, existe un tipo de fractura que se asocia a estos individuos. Sin embargo, en el sistema de transporte son muchos los roles de las personas involucradas que, en accidentes de tráfico pueden generar. A continuación, se presentan las diferencias entre los traumas por vehículos y de peatones.

3.5.3. Traumas por vehículo versus traumas de peatón

Las muertes de peatones afectan a todos los grupos de edad, aunque los niños en edad escolar y los ancianos tienen un riesgo particularmente alto (O'Neill, 1985; Waller, 1985; Demitriades *et al.*, 2004). Para los accidentes de peatones, se tiene que, cuando un vehículo golpea a un peatón, los tipos de lesiones producidas dependen, en parte, de la velocidad del vehículo y la posición del peatón. En el movimiento de los peatones en caso de impacto por un automóvil (ver ilustración

12), en adulto que sufre un impacto por un vehículo de motor, es golpeado típicamente en las piernas y muslos, por debajo del centro de gravedad (a). Esto hace que la persona sea arrojada hacia arriba y hacia la parte delantera del coche en el que sostendrá lesiones adicionales en la cabeza y los hombros al chocar contra el capó y el parabrisas (b). La víctima, entonces, por lo general sale de la parte posterior del vehículo sobre el pavimento, donde puede ser atropellada por un segundo vehículo (c). Otros dos tipos factores que influyen en el trauma dependen de las características tanto del vehículo (el peso, la masa, la velocidad del carro y la configuración de la superficie impactante) y del peatón (la edad, la altura, el peso y la ubicación de impacto en el cuerpo) (Galloway *et al.*, 2013: 114).

Ilustración 12 Movimiento de peatones impactados por un automóvil



Serie del movimiento de los peatones en caso de impacto por un automóvil. Tomada de Galloway *et al.* (2013).

En cuanto a las características del vehículo se ha demostrado que los cambios frente al diseño de automóviles, la incorporación más uniforme y el redondeamiento de la parte frontal terminan con más rendimiento durante el impacto y han cambiado el patrón de las lesiones. Los automóviles con pasajeros de las décadas de 1970 y 1980 produjeron significativamente más lesiones en la cabeza, mientras que los coches en la década de 1990 y a mediados del 2000, eran menos propensos a producir lesiones en la cabeza y en las piernas, pero las lesiones en el pecho, abdomen, pelvis aumentaron dramáticamente (Ehrlich *et al.*, 2009).

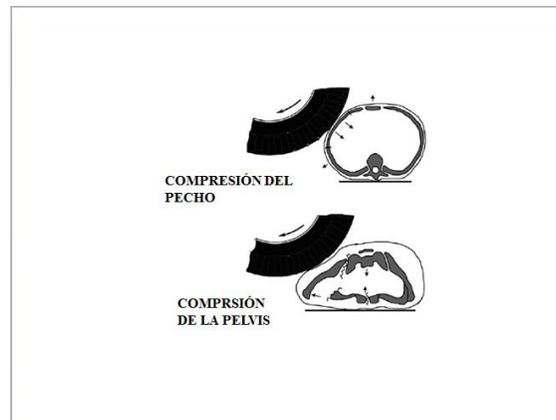
Las lesiones pueden ser clasificadas como (1) primaria, resultante del impacto con el vehículo o (2) secundaria, debido a un impacto con la carretera (Adelson, 1974; Spitz *et al.*, 1980; Plueckhahn *et al.*, 1991; Spitz, 2005; Saukko *et al.*, 2004). Los accidentes de peatones también se pueden agrupar por el movimiento del cuerpo con respecto al vehículo. Las víctimas pueden ser atropelladas o levantadas (Galloway *et al.*, 2013:114). En cuanto al parachoques, este produce lesiones primarias en las rodillas y pantorrillas, la parte delantera del vehículo golpea la cadera y el muslo, el capó produce lesiones en las costillas, mientras que la campana, el parabrisas y el techo, golpean principalmente la cabeza. Mientras más rápido va el vehículo, los peatones usualmente se lanzarán antes de caer sobre el auto (Di Maio *et al.*, 2014). Cuando se conduce a velocidades muy altas, el carro puede pasar completamente bajo el peatón, ya que son lanzados hacia arriba. La víctima puede ser fijada contra la parte delantera del vehículo a cierta distancia antes de caer a la carretera. Las ruedas pueden pasar sobre el cuerpo produciendo algunas lesiones por aplastamiento (Galloway *et al.*, 2013:115). Por el contrario, cuando la víctima tiene un centro de gravedad más bajo, cuando el vehículo tiene un chasis superior o una interfaz más vertical tal como con un camión, furgoneta o camioneta o cuando el vehículo se está moviendo más lentamente (menos de 15 km/h), el peatón es en realidad atropellado (Saukko *et al.*, 2004). Cuando el vehículo tiene un chasis bajo, la víctima puede quedar atrapada en el tren de aterrizaje y ser arrastrada en algunas ocasiones para distancias considerables. El cuerpo puede llegar a separarse del coche lejos del lugar del impacto. Los huesos pueden entonces exhibir marcas de abrasión o incluso pulimento del tejido blando por la calzada (Galloway *et al.*, 2013).

La causa más común de muerte en accidentes de vehículo-peatón, es la lesión en la cabeza (Chandra *et al.*, 1979; Waller, 1985) que a menudo, ocurrirán sin daños significativos en el resto del cuerpo. En la mayoría de los casos, estas fracturas se encuentran en la bóveda craneal sin daño a la base del cráneo. Sin embargo, las lesiones son tan extensas que los patrones discretos no se pueden determinar

(Galloway *et al.*, 2013).

Las fracturas en las vértebras fueron observadas por Martos *et al.* (2012) en donde las fracturas de las apófisis transversas de las vértebras torácicas y de las lumbares son frecuentes en víctimas que fueron sobrepasadas por el vehículo. Las fracturas anteriores se pueden producir de forma bilateral y por lo general implican más de un proceso en la columna vertebral. Los investigadores notaron que el número y la complejidad son a menudo mayores en la zona torácica en víctimas sobrepasadas, mientras que poco frecuente en las víctimas de impacto. Postulan, así mismo, que este tipo de fracturas se producen cuando se pulsa la columna vertebral contra el suelo por la rueda del vehículo (ver ilustración 13).

Ilustración 13 Compresión de pecho y compresión de la pelvis



Compresión de pecho y compresión de la pelvis durante accidentes de tránsito. Tomada de Galloway *et al.* (2013)

Las fracturas en la parte inferior del cuerpo implican un patrón de localización con el aumento de la edad, es decir, las fracturas pélvicas son comunes en los accidentes de vehículo-peatón (Demetriades *et al.*, 2004). Las fracturas de las extremidades inferiores varían según la altura del parachoques y la velocidad del vehículo. Las velocidades más altas se asocian con fracturas en la tibia y el fémur, mientras que velocidades más bajas a menudo afectan la articulación de la rodilla. Las fracturas femorales son más comunes en los niños que en los adultos, presumiblemente debido a que su altura es más corta y coloca el muslo a nivel del

parachoques (Demetriades *et al.*, 2004; Hannon *et al.*, 2009).

Las fracturas tibiales son las más comunes entre los peatones golpeados por automóviles (Demetriades *et al.*, 2004; Hannon *et al.*, 2009). Por tanto, las fracturas que se generan en el sistema esquelético dependen de las variables que intervienen en la colisión. Un accidente de tráfico, depende de la velocidad a la que se encuentre el vehículo al momento del evento. Las fracturas pueden crear patrones típicos del tipo de accidente de tránsito (Galloway *et al.*, 2013:119).

Como se expuso anteriormente, las consecuencias a nivel óseo por un evento traumático con un objeto contundente en un accidente de tránsito, implican una multiplicidad de factores que, van mostrando la complejidad del fenómeno de los traumas por objeto contundente en los diferentes contextos en los que se puede generar. A continuación, se exponen las características de los traumas por objeto contundente en las caídas.

3.6. CAÍDAS

Las caídas son también una causa común de fracturas. Se encuentran entre los niños pequeños, debido a las actividades deportivas los adolescentes y los adultos jóvenes se encuentran a menudo en riesgo. Los niveles de riesgo tienden a estar presentes y en aumento hasta la vejez teniendo en cuenta el aumento de la osteoporosis y disminución de la agilidad y equilibrio (Galloway *et al.*, 2013:125). Las tasas tienden a ser más altas entre los hombres que en las mujeres más jóvenes, pero hay aumentos dramáticos en las fracturas de las mujeres después de la menopausia (Rogers, 1992).

3.6.1. Caídas de pie

Las caídas de altura de pie incluyen aquellas caídas donde no es significativo la distancia entre el sustrato sobre el que la persona está de pie o en movimiento antes de la caída y, el nivel de impacto. La naturaleza del sustrato (hierba, cemento, grava, entre otros.) junto con la velocidad a la que la persona se mueve afecta el nivel de

la lesión. En la mayoría de los casos, la víctima intentará mitigar la caída mediante el uso de las manos y los brazos. La fractura refleja a menudo éstos movimientos de defensa (Galloway *et al.*, 2013:127). El caer sobre la mano extendida puede resultar en fracturas muy diferentes dependiendo de la edad de la víctima (Rogers, 1992). Entre los tipos de fractura que se puede generar de acuerdo con la edad, se encuentran que, en una persona joven, menor de 5 años, es probable una fractura supracondílea del húmero, mientras que entre 5 y 10 años, se produce una fractura transversal de la metáfisis del radio distal (Galloway *et al.*, 2013:127). En la adolescencia media, la fractura más probable es la separación de las epífisis de la extremidad distal del radio, mientras que, en los últimos años de adolescencia hasta la adultez, la fractura del escafoides u otros huesos del carpo pueden ser más comunes. Después de los 40 años, los efectos de la pérdida ósea relacionada con la edad a menudo significan que el resultado es una fractura de *Colles* de la muñeca, mientras que, en la tercera edad avanzada, las fracturas proximales del húmero son comunes también (Galloway *et al.*, 2013:128).

Las caídas de pie, por lo general dan lugar a lesiones en la cabeza que afectan circunferencialmente la bóveda craneal de manera frecuente al nivel basilar (Kremer *et al.*, 2008; Kremer y Sauvageau, 2009; Guyomarch *et al.*, 2010). Sin embargo, la localización de las fracturas en la región basilar no puede ser aislada ya sea en caídas o en asalto. Las caídas producen lesiones por contragolpe al cerebro que también puede producir fracturas de la placa orbital superior, particularmente en el adulto mayor. También se puede observar a los adultos mayores con evidencia de caídas en la parte posterior de la cabeza, o por golpes en la parte superior de la bóveda craneal. En algunos casos de caídas por tropezos, también se observan fracturas faciales siendo la nariz la zona más frecuentemente afectada (Zandi *et al.*, 2011). En cuanto a los tropezones, se tiene que, las lesiones nasales fueron más altas que en las caídas desde cualquier altura. El tropezón también puede producir una fractura en la región dentoalveolar, así mismo, las fracturas mandibulares tienden a concentrarse en la zona condilar (Galloway *et al.*, 2013:127).

En el apartado anterior se expusieron las consecuencias óseas de las caídas de pie, los tipos de fracturas que se generan en las caídas y sus variantes en diferentes edades. A continuación, se exponen brevemente las caídas con fracturas osteoporóticas.

3.6.2. Caídas con fracturas osteoporóticas

Las caídas son la causa principal de lesiones fatales y no fatales en los mayores de 75 años de edad (Granek *et al.*, 1987). La vulnerabilidad a la que se encuentran expuestos se debe a una serie de factores incluyendo el alto grado de pérdida de la masa ósea debido al envejecimiento y cambios hormonales. Las mujeres son más susceptibles debido a la pérdida ósea postmenopáusica, en la cual los compuestos que generan la pérdida de masa ósea se producen debido al envejecimiento y la reducción de la actividad física. El riesgo real de caída se incrementa en aquellos que están usando antidepresivos, sedantes, vasodilatadores, tranquilizantes, drogas o fármacos antiinflamatorios (Granek *et al.*, 1987).

Las fracturas osteoporóticas se agrupan en las partes especialmente sensibles del cuerpo. Estas áreas son propensas al grave agotamiento del tejido óseo, así como a ser receptoras de la carga pesada durante las caídas. Entre las mujeres, las áreas más propensas incluyen tanto la parte distal del radio y proximal del húmero, mientras que ambos sexos se ven afectados con mayor incidencia la fractura de cadera en la parte proximal del fémur y la pelvis (Galloway *et al.*, 2013:128). Es necesario recordar que, en la persona con osteoporosis, la fractura será más severa con una fuerza considerablemente menor, ya que la fragmentación es severa en las circunstancias que normalmente se considera un traumatismo leve (Galloway *et al.*, 2013:128).

Anteriormente se mencionaron algunas características sobre las caídas en las que están implicadas las fracturas osteoporóticas, cabe mencionar que, el conocimiento de las variables individuales de las personas que sufren un evento traumático por objeto contundente permite aclarar posibles confusiones que se pueden generar al

no conocer las particularidades que puede acarrear un fenómeno tan complejo como el BFT. A continuación, se exponen las caídas desde alturas.

3.6.3. Caídas desde alturas

Las caídas desde alturas producen patrones de lesión por la desaceleración vertical desde el impacto. Para contextos forenses, estas lesiones se observan con mayor frecuencia en las zonas urbanas, donde se han denominado "síndrome del puente", en referencia al mecanismo de lesión en lugar de la motivación que lleva a cometer el acto (Scalea *et al.*, 1986). Los casos en los que se requieren antropólogos son más probables que provengan de zonas rurales remotas donde los restos podrían no ser descubiertos por largos períodos de tiempo después de la caída desde altura (Galloway *et al.*, 2013:128).

Es importante establecer una diferencia entre caídas desde alturas bajas y altas, por lo general se designa aproximadamente 35 metros para una caída alta (Galloway *et al.*, 2013:129). En *Blunt force lesions related to the heights of fall* un estudio en el que se analizaron 59 caídas, se observaron diferencias entre las caídas de alturas altas y bajas (Gupta *et al.*, 1982). Se encontró que, en condiciones de poca altura, hay una alta probabilidad de daño en el antebrazo para amortiguar la caída. El daño craneal en las caídas de bajas alturas, puede ser la causa de la muerte, pues el resto del cuerpo se somete únicamente a lesiones que permiten sobrevivir. Por el contrario, las caídas de altura de aproximadamente 35 metros han demostrado resultar en mayores tasas de daños torácicos (Gupta *et al.*, 1982). Las fracturas en la columna también son un poco frecuentes, sin embargo, las lesiones en la cabeza son poco frecuentes. Simonsen (1983) realizó un trabajo en el que se informó sobre 10 casos de caídas de puentes suicidas en las que no se reportaron lesiones en la cara, la mandíbula o el cuello. En las caídas desde alturas extremas, es probable que la persona pierda el conocimiento previo al impacto de manera que la posición del cuerpo y cualquier respuesta involuntaria son inexistentes. Casi el 90 % de los que caen a partir de cuatro o más pisos han sufrido fracturas múltiples (Galloway *et al.*, 2013:130).

Las víctimas de las caídas de altura en las zonas urbanas tienen más probabilidades de ser hombres, cerca de la mitad son caídas accidentales, mientras que alrededor del 40% son suicidas. La fracción restante se debe al homicidio (Scalea *et al.*, 1986). En otro estudio (Atanasijevic *et al.*, 2005) los investigadores encontraron una correlación entre la altura de la caída y el suicidio; la altura para caídas suicidas fue de más de 35 metros en contraposición a las caídas accidentales.

Cuando una persona se cae desde una altura, el daño dependerá de la velocidad del impacto, la posición del cuerpo en el aterrizaje, y la superficie sobre o en la que aterriza (Galloway *et al.*, 2013). La importancia de la posición del cuerpo se observó en un estudio retrospectivo de 146 individuos para los que la posición de aterrizaje fue reportado por testigos (Goonetilleke, 1980). Cuando el aterrizaje se centra principalmente en las extremidades inferiores, alrededor de dos tercios resultan en fracturas bilaterales. El aterrizaje con los glúteos es el primer resultado en lesiones más extensas en el torso incluyendo pelvis (82%) y lesiones de la médula (55 %). Es importante resaltar que la anterior investigación citada, produjo grandes aportes al conocimiento de las consecuencias óseas de las caídas. Se dedujo que las lesiones en la cabeza pueden ocurrir cuando la persona cae de pies o de nalgas, por la conducción de la energía de la columna vertebral hacia arriba la base del cráneo. Las fracturas basales de cráneo, al ocurrir con daños por impacto en la parte inferior del cuerpo, por lo general son indicativas de este tipo de lesión. Sin embargo, Harvey y Jones (1980) hicieron una advertencia sobre la interpretación de las fracturas basales de cráneo. Observaron que un tipo común de fractura basal a través de ambos huesos pétreos, por lo general se inicia en el punto de impacto, como es el caso con otro tipo de fracturas. Las fracturas basales, son más propensas que otras fracturas a desviarse de este patrón y es debido a que el componente basilar es secundario a los impactos de otras áreas del cráneo.

No solo la cabeza sufre lesiones en las caídas, ya que diferentes partes del cuerpo pueden resultar afectadas, como es el caso del torso. Las fracturas en el torso son relativamente comunes en las caídas de altura. Alrededor de dos tercios de las

personas que han caído desde una altura exhibirán lesiones torácicas, incluyendo fracturas de costilla y esternón (Atanasijevic *et al.*, 2009), estas aumentan en frecuencia con el aumento de altura y casi todos los individuos que han caído al menos 30 metros mostrarán fractura de costilla. Las fracturas costales múltiples son un hallazgo común, con los fragmentos que penetran con frecuencia la cavidad pleural (Atanasijevic *et al.*, 2009). En algunos casos, las fracturas esternales acompañan el daño de costilla con el aumento de ocurrencia a mayor altura y, la compresión anteroposterior del tórax. Menos comunes son las fracturas de escápula y clavícula, pero también pueden ser producidas por caídas desde una altura considerable. Las fracturas de costillas a menudo ocurren en el punto o lado de impacto (Galloway *et al.*, 2013:130).

Los impactos laterales pueden resultar en daños tanto de las costillas y pelvis. También producen las fracturas de angulación de la columna vertebral. Es importante recordar que la víctima afecta a menudo a una serie de objetos, tales como cornisas, afloramientos, árboles, salidas de emergencia, o toldos antes de llegar al último lugar de impacto. Cada impacto adicional puede inducir lesiones independientes (Galloway *et al.*, 2013:130).

Por su parte, las caídas desde alturas moderadas (hasta unos 7 metros) a menudo producen fracturas en las extremidades superiores y en la cintura escapular (Lombardi *et al.*, 2011). En este tipo de caídas que sufren a menudo se pueden causar fracturas en la mano y el antebrazo (Lowenstein *et al.*, 1989). Si un individuo aterriza sobre sus pies, los huesos de la pierna pueden ser impulsados hacia las plantas de los pies. Las fracturas del calcáneo son comunes en estas circunstancias. Las fracturas por compresión del tobillo, la rodilla y las articulaciones de la cadera son también resultados comunes. Las fracturas femorales y de pelvis también pueden ocurrir (Lowenstein *et al.*, 1989).

Dentro de las características de las caídas, es importante aclarar aspectos individuales que interfieren en las posibles consecuencias, como en el caso de los niños. El tamaño proporcionalmente mayor de la cabeza a menudo significa que

esta es la primera parte del cuerpo para golpear en el aterrizaje (Eggensperger y Wymann *et al.*, 2008). Los niños también son menos capaces de prepararse ellos mismos o intentar aterrizar en sus manos como los adultos. Por consiguiente, los niños sufren una mayor proporción de lesiones en la cabeza por las caídas (Mayer *et al.*, 1981). Otras lesiones incluyen fracturas de fémur, el antebrazo, la tibia, el peroné, las costillas y húmero (Smith *et al.*, 1975, Barlow *et al.*, 1983). Afortunadamente, los niños tienden a ser capaces de sobrevivir más tiempo a una caída que los adultos (Galloway *et al.*, 2013:130).

En este apartado se expusieron las particularidades y generalidades de las consecuencias óseas de traumas por las caídas de pie, las caídas desde alturas y las caídas con fracturas osteoporóticas. A continuación se exponen los casos de estudio sobre los diferentes mecanismos de muerte reportados en los contextos con traumas por objeto contundente.

4. CAPÍTULO IV: ESTUDIOS DE CASO SOBRE MECANISMOS DE TRAUMA POR OBJETO CONTUNDENTE EN DIFERENTES CONTEXTOS

Los BFT pueden estar presentes en una amplia variedad de contextos, que dividimos en tres: arqueológicos, forenses y médicos. De esto se ocupará el presente capítulo. Primero, se presentará el contexto arqueológico, en donde pondremos en evidencia que las lesiones ocasionadas por BFT –intencionales o no–, pueden ser vistas desde perspectivas sociales. En el contexto forense, encontraremos los mecanismos de lesión en que los peritos se enfocan. Finalmente, los contextos médicos, en donde observaremos el tipo de muestra predominante, para la resolución del BFT en casos no letales, generalmente. Ahora, pasaremos a detallar cada contexto, ilustrando las ideas a partir de casos concretos rastreados en la búsqueda bibliográfica.

4.1 ESTUDIOS DE CASO EN CONTEXTOS ARQUEOLÓGICOS

Los estudios de BFT desde la disciplina arqueológica han brindado una perspectiva que relaciona las condiciones socioculturales con los vestigios materiales que se analizan. A continuación, se desarrollarán varios apartados, que valoran la forma en que diferentes estudios han abordado los BFT desde la bioarqueología. Se relacionarán las fuentes teóricas y las prácticas metodológicas, así como la descripción de los contextos, y las condiciones en que los investigadores encontraron la evidencia física. La forma en que se interpretan estas lesiones también será retomada ulteriormente.

4.1.1. Perspectivas teóricas de la arqueología enfocada en BFT.

En los artículos estudiados se encontró el desarrollo de múltiples interpretaciones para las evidencias físicas de BFT. Con estos análisis podemos entrar a ver que el estudio de estas lesiones puede ser abordado desde distintos puntos. Se revisan a continuación algunos casos, y con ellos, se ve que la forma de considerar los contextos socioculturales de cada referencia, puede aportar a esclarecer la

emergencia de estas lesiones.

Así, en contextos bioarqueológicos en los que se han reportado eventos traumáticos, se sugiere que el tipo de traumatismo violento (letal y no letal), y la frecuencia deliberada intergrupo, es decir de la frecuencia de los traumatismos a propósito, están coasociados con circunstancias demográficas, sociopolíticas y ecológicas. También hay papeles diferenciales de traumatismos violentos que varían culturalmente a nivel intragrupo que además de tener una función de castigo, pueden ser una herramienta para mantener o demostrar las relaciones sociales dentro de una comunidad. Desde esta perspectiva es posible teorizar la guerra como un elemento que desempeña un papel vital en el ciclo de los cacicazgos a partir de la presencia de empalizadas y de iconografías en donde se sugiere la conformación de una elite guerrera y la guerra misma como un proceso endémico, tal como observó Smith (2003) en el período tardío del Mississippi (AD 1200-1600) del sureste de los Estados Unidos.

Otro caso en el que se ha reportado trauma letal por objeto contundente, ha sido entre poblaciones precolombinas del Medio Oeste estadounidense. Dentro de la evidencia ósea de este caso, se incluyen heridas de proyectiles y traumatismo craneal. Las lesiones se han utilizado para fortalecer los argumentos con respecto a las incursiones y guerras regionales. Allí, se señala que un conjunto de pasos lógicos debe fundarse en los aspectos específicos de las muestras de referencia y los elementos contextuales, es decir los elementos particulares de la evidencia, para lograr una categorización oportuna de los traumas esqueléticos violentos, es decir, que provienen de la intención maliciosa (Walker, 2001; Spencer, 2012).

En contextos arqueológicos en donde la intencionalidad es un elemento complejo de esclarecer, la bioarqueología cuenta con herramientas que permiten comprender las causas de muerte. Para comenzar la detección de la violencia en el pasado, hay dos aspectos cruciales que deben ser aclarados: (1) El momento del trauma debe ser identificado con seguridad como algo que ocurre en el momento de la muerte.

(2) El patrón y la extensión de las lesiones, junto con otras pruebas deben apoyar una forma de determinación de la muerte. Cuando la forma de la muerte ha sido clasificada como homicidio, el perfil arqueológico puede identificar el tipo, modelo y el grado de traumatismo experimentado. Con las anteriores variables se puede comprender la relación víctima y agresor(es), así como la víctima y comunidad. Estas relaciones son esenciales en la comprensión de la dinámica social del pasado (Spencer, 2012).

4.1.2. Enfoques metodológicos de la arqueología enfocada en BFT.

En el estudio de traumas por objeto contundente el objetivo de las investigaciones va más allá de la descripción e inventario de las lesiones, en los contextos arqueológicos se busca realizar una interpretación con ayuda de las características del sitio. A continuación, se exponen algunos objetivos, metodologías y las descripciones de sitios de excavación con el fin de evidenciar la diversidad de experiencias investigativas relacionadas con el BFT que finalmente reflejan la variedad de metodologías inmersas en los estudios analizados.

Meyer *et al.* (2009); Gaither *et al.* (2012) y Jiménez-Brobeil *et al.* (2014) consideran que, en la interpretación de un traumatismo en el registro del esqueleto, la distinción entre las heridas recibidas antemortem, perimortem, o posmortem son de gran importancia, ya que esto forma la base para la reconstrucción de eventos. Para el caso de Jiménez-Brobeil *et al.* (2014) los daños posmortem se indican mediante una base de huesos secos fracturados y, con frecuencia, por una diferencia de coloración entre los extremos rotos del hueso y su superficie, mientras que antes de la muerte la lesión fue identificada por la observación de la curación y la remodelación. La lesión perimortem se identificó por la presencia de una fractura de hueso fresco sin curación o la formación de hueso nuevo. Se registraron los datos para cada lesión traumática, localización, forma, tamaño, su fuerza contundente o cortante y la naturaleza. En Gaither *et al.* (2012) el trauma antemortem se diagnosticó sobre la base de evidencia macroscópica de la curación, incluyendo la porosidad cerca de las pausas que indican la actividad del hueso y la resorción, el

redondeo de los bordes, y/o la presencia de callo. Las excavaciones arqueológicas llevadas a cabo en la plaza alrededor de la Catedral de San Giovanni en Turín, (Italia) trajeron a la luz enterramientos referentes a los períodos medieval y renacentista. A parte de la diferenciación en la temporalidad de las lesiones Giuffra *et al.* (2013) plantean que la mayoría de las lesiones perimortem encontradas consistían en heridas de fuerza aguda seguidas de traumas por objeto contundente. Se muestran, además, armas relacionadas con lesiones craneales. El primer tipo de trauma se produce por una fina y limpia cortada, mientras que los segundos más grandes, generan hendiduras, posiblemente acompañados por márgenes fracturadas o fragmentos de hueso faltante; en estos casos, la mayor parte del efecto perjudicial se produce por la acción contundente en lugar de la acción del corte. Es más difícil identificar las armas que producen el corte en las lesiones observadas, ya que pueden ser el resultado de lesiones agudas o BFT.

Además de la diferenciación de la temporalidad en las lesiones se implementaron otro tipo de metodologías como el examen de la morfología de la pelvis y el cráneo para establecer el sexo y la longitud de los huesos largos, erupción dental, la sínfisis púbica, y el cierre de suturas craneales para la estimación de la edad en los individuos (Jiménez-Brobeil *et al.*, 2014).

A su vez, Gaither *et al.* (2012) examinaron la evidencia bioarqueológica de la violencia y las lesiones traumáticas en restos esqueléticos de subadultos de dos cementerios del Horizonte Tardío (DC 1470 1540) dentro de la zona arqueológica de Puruchuco-Huaquerones, Perú. Presentaron la frecuencia y los tipos de lesiones traumáticas en 242 subadultos analizados. Además, realizaron la estimación de la edad y el sexo, la designación de subadulto (0 -18 años) que se basó en la unión de la sincondrosis eseno-occipital y la erupción del tercer molar. En las lesiones traumáticas se registraron y analizaron la ubicación, lado y el aspecto de cada lesión en el elemento esquelético, la sincronización de las lesiones fue conservada por la evidencia ósea, el contexto de sepultura y la tafonomía También, se utilizaron metodologías que no son tan populares en la arqueología forense, como la cuarteta

básica de identificación, pero en aras de abarcar un espectro mayor en la comprensión de los fenómenos cada vez se incluyen más a menudo en las investigaciones valoraciones mucho más específicas; tal es el caso de Coltrain *et al.* (2012) en su investigación de las prácticas agrícolas entre poblaciones *Basketmaker*, incluida recientemente la región de Gran Gulch el sureste de Utah, en donde evaluaron el tiempo y la intensidad de los cultivos de maíz temprano, examinaron y probaron 98 de los aproximadamente 100 enterramientos en el conjunto de la Cueva Siete. A través de pruebas, se extrajo el colágeno de los fragmentos de hueso y se analizaron para la realización de pruebas de isótopos estables y ensayos radiométricos. Las pruebas radiométricas fueron una parte integral de la investigación sobre el patrón temporal asociado a la introducción del maíz, lo que permitió examinar la hipótesis de que la Cueva Siete era un lugar de masacre.

Durante el análisis de los artículos se hicieron evidentes dos tipos de metodologías, una de tipo protocolario descriptivo, en donde se tienen métodos que han sido validados en diferentes muestras y, por lo tanto, se aplican de manera generalizada como son los métodos que corresponden a la individualización de los restos óseos a saber sexo, edad, altura, filiación poblacional y, por otro lado, tenemos las metodologías que están enfocadas en dar un mayor peso a la interpretación, como son las crónicas, las etnografías y todo este tipo de publicaciones de carácter sociocultural.

Un ejemplo, de metodologías de carácter más interpretativo, se tiene que en el estudio de Schwitalla *et al.* (2014) quienes tomaron la información de la Base de Datos Central de Bioarqueología en California (CCBD, por sus siglas en inglés) de tres principales regiones geográficas de California: la Bahía de San Francisco, el Valle Central (Sacramento y drenajes del Río San Joaquín), y las estribaciones de la Sierra Nevada. El registro histórico en las revistas e informes oficiales de los viajeros, soldados, milicianos y misioneros, junto con historias orales recogidos por etnógrafos y desde el principio del siglo XX por antropólogos e historiadores

proporcionan algunos detalles sobre la naturaleza del conflicto tribal en el centro de California. Estos relatos revelan tácticas de guerra, armas, combatientes, víctimas, y algunas de las causas subyacentes de la violencia. La investigación se centra en estos informes para proporcionar una narración compuesta de algunos patrones de violencia esperados entre los restos físicos excavados en las zonas arqueológicas de estos territorios. A su vez, Gaither *et al.* (2012), utilizando crónicas y documentos escritos presentan evidencias históricas sobre las batallas de la conquista española y la violencia entre los grupos españoles e indígenas, así como la violencia intestina entre los grupos indígenas.

4.1.3. Circunstancias de muerte asociadas a BFT.

Las circunstancias de muerte plantean una complejidad aún mayor en los contextos arqueológicos, pues las evidencias materiales en que se generaron las lesiones están fragmentadas, destruidas o en condiciones diferentes a las del momento de muerte. En este apartado se exponen las circunstancias de muerte a las cuales se ha llegado en las diferentes investigaciones que han reportado BFT. Inicialmente, se exponen las generalidades encontradas en los combates cuerpo a cuerpo, la violencia interpersonal y las circunstancias indeterminadas, cada una seguida de la descripción de las lesiones encontradas.

4.1.3.1. Combate cuerpo a cuerpo.

Dentro de las investigaciones, encontramos un abanico de elementos argumentativos que permiten a los autores exponer sus hipótesis. En la descripción de las lesiones, las fracturas perimortem son mayormente reportadas. Coltrain *et al.* (2012) sugieren un episodio de violencia masculina como una hipótesis alternativa razonable a la matanza, ya que no se puede descartar y es una explicación plausible para las muertes violentas entre el conjunto de la Cueva 7 en Whiskers Draw, Utah, EE. UU y fechado en 1080 – 2086 BP. Es importante resaltar que casi el 80% de los enterramientos, no mostraron evidencia de trauma perimortem y muchos individuos fueron enterrados con objetos mortuorios y los entierros parecen haber tenido lugar al momento de la muerte o cerca, con intención de prevenir a los

carroñeros. Fernández *et al.* (2015), muestran en su estudio el sitio arqueológico de Aljubarrota (Portugal), lugar en el que se dio una de las más importantes batallas del medioevo, la Batalla Medieval de Aljubarrota entre el ejército portugués, con sus aliados ingleses, y el ejército castellano, con sus aliados franceses e italianos. Allí, las lesiones fueron en el fémur o en la tibia, predominantemente en el lado izquierdo del esqueleto y afectando principalmente el plano anterior del hueso y tercer medio del eje. Las fracturas parecen producidas por impactos producidos con instrumentos contundentes que generaron compresión o doblamiento. Redfern *et al.* (2014), estudiaron habitantes de Londres romano (Londinium) que fueron masacrados durante la rebelión de Boudica (A.D. 60-61), o una legión de soldados romanos que fueron decapitados por los aliados de Julius Asclepiodotus, un prefecto pretor romano que, en 296 DC, fue responsable de restaurar el gobierno romano en la provincia. En las lesiones se observó que en la bóveda craneal y los huesos faciales presentes, se produjeron por mecanismos directos de fuerza contundente y en tres casos, se observaron fracturas deprimidas intactas. La muestra estuvo compuesta por 20 hombres y una persona con sexo indeterminado de los cuales tres individuos presentaban fracturas mandibulares, una afectó la rama derecha y dos el cuerpo, la parte derecha del hueso cigomático; los huesos craneofaciales no estaban presentes. Un número de individuos tenía evidencia de lesiones violentas anteriores, en tres casos se observaron fracturas deprimidas intactas. En cinco casos, se observaron BFT en cráneos y huesos faciales con las raíces del cigomático dañadas, los huesos nasales astillados, daños en el vómer y la punta derecha de la apófisis mastoides, daños en las raíces del maxilar y cigomático y daño en los huesos nasales. Gaither *et al.* (2012), detallan la evidencia de la conquista española mediante batallas y la violencia entre los grupos indígenas de Puruchuco-Huauquerones, Perú y españoles, así como la violencia interna entre los grupos indígenas. Los autores reportaron cinco subadultos mayores que mostraron lesiones sugerentes de conflictos violentos: tres de estos individuos evidencian lesiones en el esqueleto facial y la bóveda anterior que son sugestivos de combate cara a cara.

A partir de las lesiones descritas se generan diferentes interpretaciones en Fernández *et al.* (2015) y Gaither *et al.* (2012) en donde la alta frecuencia en el lado izquierdo ha sido atribuida a encuentros hombre a hombre entre personas diestras. Para el primero la presencia de fracturas perimortem producidas por BFT en los miembros inferiores, provee otras pistas sobre estrategias medievales de guerra. La morfología y patrón de las fracturas perimortem son consistentes con su generación a través de instrumentos contundentes en combates cara a cara. Las modificaciones observadas en los fragmentos de fémur sugieren que pueden corresponder a las personas que combatían a caballo. Mientras que para el segundo se sugiere una intensificación de violencia y letalidad que pudo haber afectado los niños de la comunidad. Sin embargo, para Redfern *et al.* (2014) la presencia de múltiples lesiones en algunos individuos hace hincapié en la intención letal detrás de su entrega. El bajo número de huesos craneofaciales recuperados de diversos contextos podrían sugerir que muchos de los cráneos habrían sido dañados por problemas de formación del suelo; no obstante, no se observaron marcas de abrasión microscópica sobre los restos humanos. La rodadura, que sostenida por el hueso "fresco" (hasta seis semanas después de la muerte), puede producir cambios que podrían imitar las lesiones por objetos contundentes y, por lo tanto, no se puede descartar que parte de las lesiones observadas fueran, de hecho, producidas por acciones naturales.

4.1.3.2. Violencia interpersonal.

En líneas anteriores se expuso el concepto de violencia interpersonal. En este apartado se abordarán algunas características generales planteadas en los estudios de caso en los que fue reportada junto con traumas por objeto contundente como consecuencia de violencia intergrupala.

Para los contextos arqueológicos, las fuentes tradicionales con pruebas de violencia interpersonal y de guerra en tiempos históricos están compuestas por documentos y hallazgos, incluyendo los restos humanos. La violencia interpersonal (letal y no letal) en la prehistoria es de especial interés, ya que proporciona una ventana a las

relaciones sociales humanas en el pasado y puede estar asociada con los contextos de subsistencia tales como la competencia por los recursos escasos, la densidad de población o la defensa territorial (Sala *et al.*, 2015). Así mismo, se puede manifestar de diferentes maneras en el registro arqueológico, incluyendo el traumatismo en los huesos de homínidos, que lo hace susceptible de acercarse a preguntas en contextos paleoantropológicos mediante la aplicación de métodos forenses modernos de análisis del trauma. La violencia interpersonal está bien documentada por lo menos desde los tiempos del Neolítico (Smith, 2003; Jiménez-Brobeil *et al.*, 2009; Sala *et al.*, 2015), y puede ser interpretada desde diferentes ángulos; uno de ellos corresponde a los patrones encontrados por Smith (2003), basada en la presencia de palizadas y una iconografía que sugiere una elite guerrera, habla de cacicazgos como organizaciones sociopolíticas complejas cuyos orígenes, así como la corta duración, sugieren que la violencia intra-grupo - exceptuando cara a cara - se efectúa en rituales. Esta violencia también se puede explicar como la resolución de conflictos interpersonales en sistemas autárquicos, ya que las evidencias son consistentes con el sureste de la región en donde los datos etnohistóricos pueden explicar la mayor frecuencia de BFT craneal en la fase menos estratificada de *Mouse Creek*, en donde sus habitantes probablemente no habrían tenido una autoridad civil global.

Por lo general, la evidencia de un traumatismo óseo citado en la literatura arqueológica se basa principalmente en las observaciones de curación, los procesos de cicatrización y remodelación, con poca atención a las lesiones perimortem (Messina *et al.*, 2013). El análisis del trauma esquelético craneal y postcraneal sigue siendo el foco principal en la investigación palaeopatológica y la evidencia más directa para la violencia interpersonal en el registro arqueológico (Meyer *et al.*, 2009). Las fracturas a menudo resultan en cambios anatómicos y son, por tanto, identificadas fácilmente (Lovell, 2008). Sin embargo, cabe aclarar que la extensión de la actividad violenta, que en última instancia se manifiesta en los huesos de una víctima, depende en gran medida de parámetros tales como el tipo del encuentro violento y el tipo de arma utilizada en el conflicto físico (Cohen, 2014).

Queda claro que, la evidencia de violencia interpersonal se puede deducir, incluso, cuando solo se tiene un cráneo tal como Wu *et al.*, (2011) en donde por medio de una lesión exocraneal identificada a través del diagnóstico diferencial, los autores pudieron indicar que se debió a un fuerte traumatismo localizado, es decir, un BFT debido a un accidente o, más probablemente, la agresión interhumana. En otro artículo recopilado Schwitalla *et al.*, (2014) se reportó la evidencia de trauma craneofacial por objeto contundente para un total de 264 enterramientos registrados en la base de datos, con 13 de los 19 territorios estudiados. Todos los individuos con cráneo observable pudieron ser sexados con fiabilidad. El 4,0% de las mujeres (103/2580) y el 5,5% de los hombres (141/2557) mostraron evidencia de BFT craneofacial. Las diferencias fueron estadísticamente significativas ($\text{Chi}^2 = 6,875$, $p = 0,01$). La evaluación de la frecuencia relativa de un trauma por ubicación en el cráneo no mostró diferencias significativas entre los sexos, salvo en el hueso frontal, donde los varones muestran BFT con tasas mucho más altas. Los huesos más comunes y las zonas afectadas fueron el frontal y parietal. Los huesos restantes del cráneo exhibieron frecuencias menores de BFT. En consideración a la edad, las personas mayores de ambos sexos mostraron las tasas más altas de BFT craneofacial. La ocurrencia de este tipo de trauma en los varones presentó picos durante la mitad del periodo para los adultos; mientras que, las mujeres mostraron tasas cada vez mayores de traumatismo craneofacial con la edad. Siguiendo esta línea tenemos a Nagaoka (2012), quien reportó la presencia de lesiones traumáticas en los cráneos del período Edo (1603 -1868). Aunque, el estudio no pudo detectar una pronunciada tendencia en la diferencia sexual debido a la pequeña cantidad de las muestras, se observaron los traumas únicamente en los varones adultos. También Cohen (2014), presenta como la incidencia de traumatismo en el cráneo puede aumentar a través del tiempo.

En el Levante, las características acumuladas del patrón de traumatismo craneal (tipo, ubicación, lado, tamaño, sexo, edad) sugieren que la mayoría de los individuos estudiados no se involucraron directamente en la guerra. Más bien, la mayoría de las lesiones parecen debidas a golpes durante encuentros violentos interpersonales. El patrón de trauma más común fue lesiones depresivas circulares

menores. El aumento de la densidad de la población, acompañado por la escalada de la complejidad social y económica en el Levante con el tiempo pudo causar una tensión social en aumento, lo que implicaría conflictos violentos. Se ha sugerido para otras partes del mundo que el aumento de la complejidad social, la densidad de población y el sedentarismo están asociados con un aumento en la frecuencia de conflicto (Larsen, 1987). Las diferencias en las características de las lesiones y la intensidad del trauma son esperadas sobre el tiempo. Los cambios en la estrategia de combate, la tecnología y armamento en la antigua población del sur del Levante se espera que sean reflejados en la transición del BFT (Cohen, 2014). El patrón de trauma también permite a Jiménez-Brobeil *et al.* (2014) concluir que en las primeras fases del sitio excavado se apuntó a un posible caso de agresión externa en la que un individuo habría sido la única víctima mortal. Por tanto, las conclusiones y los patrones de trauma arqueológico en los esqueletos de los 65 individuos estudiados sugieren un nivel relativamente intenso de la exposición a la violencia para adultos hombres en las primeras etapas de ocupación de este asentamiento.

Los BFT, pueden sugerir la exposición a la violencia en la que se encontraban los individuos, tal es el caso de Jiménez-Brobeil *et al.* (2014), en cuyo trabajo no se detectó ninguna lesión traumática en infantes. Los hombres y mujeres difieren de manera significativa en la frecuencia de los traumas, pues se encontraron más traumatismos en los hombres a partir de los primeros tiempos de la ocupación, entre ellos, el caso de un joven con al menos tres traumas por objetos contundentes y 26 traumas agudos de fuerza. (Cohen, 2014). En el estudio de Jiménez-Brobeil *et al.* (2014) buscan seguir los cambios en los patrones de lesiones traumáticas en el sur del Levante, durante un extenso período de 6.000 años, los cambios en el tipo de lesión, desde el BFT hasta el trauma agudo y eventualmente el trauma proyectil que refleja cambios en el armamento con el tiempo. Los hallazgos arqueológicos y los patrones de trauma en los esqueletos de los 65 individuos estudiados sugieren un nivel relativamente intenso de exposición a la violencia para hombres adultos en las primeras etapas de ocupación de este asentamiento. Se detectó, además, que sin

presencia de una lesión traumática los niños, hombres y mujeres difieren de manera significativa en la frecuencia de los traumas, entre adultos y niños la diferencia es de 10.93%.

La descripción de las lesiones a nivel poscraneal y los diferentes análisis estadísticos que se pueden realizar a partir de las muestras, dan validez a las interpretaciones que se hace sobre el pasado de las poblaciones humanas. Sigamos, pues el detallado inventario de diversos autores. Para Smith (2003) las proporciones de BFT craneal entre Dallas (7/259, 2.7%) y Mouse Creek (12/272, 4.4%) fueron estadísticamente significativas (Chi-cuadrado= 1,12; $P \leq 0,05$). En la muestra de Dallas siete casos de BFT craneal correspondieron a mujeres, las lesiones fueron redondeadas, deprimidas y pequeñas de aproximadamente 20-30 mm de diámetro, y estuvieron situadas por encima de las márgenes orbitales o encima de la sutura sagital. La mayoría de las lesiones fueron extremadamente poco profundas y ectocraneales. Seis casos de traumatismos no fueron letales; uno de estos casos es claramente perimortem. En el centro del frontal superior del entierro 71 del sitio de Dallas, hubo un fragmento de hueso redondeado de 25 mm que aparentemente ha sido aplastado en el hueso esponjoso subyacente. El perímetro de la lesión es festoneado, y los fragmentos en forma de media luna progresivamente se extienden hacia la línea de la depresión a nivel del fragmento desplazado. El desplazamiento del hueso se extiende a la superficie endocraneal, que muestra una fractura estrellada por dentro. El hueso esponjoso en el interior está lleno de tierra, lo que sugiere de nuevo que no hay recuperación del daño. Sin embargo, el defecto puede ser cubierto por procesos tafonómicos. La muestra de *Mouse Creek* presenta 12 casos, de los cuales 7 son mujeres con una excepción, las lesiones redondas son deprimidas, de pequeño diámetro (aproximadamente 20-30 mm), y situado en el hueso frontal superior a las márgenes orbitales o en los parietales superiores. La excepción es una fractura en la depresión elipsoide el frontal izquierdo que se muestra por una mujer de *Mouse Creek* que, además, presenta una pequeña cicatrización de BFT en la órbita derecha. Este trauma pudo haber sido la causa de la muerte, ya que la superficie interna fue elipsoidal y las

exposiciones de desplazamiento fueron infracraneales y no presentó evidencia de curación. Si bien hubo una diferencia sexual aparente en la ubicación de estos pequeños traumas, en *Mouse Creek* para todos los sitios, no hubo evidencia de traumas letales a excepción de uno de los adultos con BFT frontal de sexo femenino, y todos menos uno con BFT ubicado en la parte superior del parietal fueron masculinos.

En otro caso Schwitalla *et al.* (2014) reportó para los 16.820 enterramientos de la base de datos actual, 11.896, es decir el (70,7%) representado por adultos (mayores o iguales a 18 años de edad en el momento de la muerte) con 4.179 varones adultos, 3.996 mujeres adultas y 3.721 adultos de sexo indeterminado. Un total de 3841 individuos (22,8%) eran sub-adultos de sexo indeterminado, y 278 (1,7%) eran subadultos adolescentes/mayores para los cuales se pudo determinar el sexo. Un total de 805 (4,8%) enterramientos no tenía determinaciones de sexo ni edad. De los 329 sitios en la base de datos, un total de 163 (49,5%) mostraron evidencia de formas de violencia entre las que se destacó la toma de trofeo/desmembramiento que estuvo representada en 37 (11,2%) de los sitios y el BFT craneofacial, que apareció en 89 (27,1%) de los sitios. Se sabe que el traumatismo cerrado por BFT en la cabeza puede resultar en una fractura por depresión o en simples fracturas lineales y los impactos más graves pueden conducir a la trituración (Lovell, 1997). En este estudio, las fracturas depresivas y lineares fueron tratadas por separado y eran diferenciadas en cuanto al tiempo de ocurrencia, ya sea antemortem o perimortem. Por lo tanto, un total de seis tipos de fractura del cráneo fueron descritos. También se observó la localización de la lesión, como parte de la bóveda craneal (frontal, temporal, parietal, occipital), la cara, el hueso nasal, o la mandíbula.

Por otra parte, vale destacar que las fracturas de cúbito que llevan una línea de fractura transversal de diagnóstico de BFT sólo pueden ocurrir cuando el cúbito entra en contacto abrupto con un borde estrecho. En la práctica clínica esta etiología común se presenta en asaltos personales. La presencia de un traumatismo craneal está directamente relacionada con el nivel de violencia interpersonal en la sociedad.

Sin embargo, una escasez de traumatismo craneal acompañado de una alta frecuencia lesiones de defensiva del cúbito, puede reflejar golpes desviados sin éxito en el cráneo siendo el cúbito el que absorbe el impacto total y las fracturas. Las lesiones craneales, de los elementos esqueléticos recuperados para una muestra de individuos de la ciudad de Kerma (Nubia sudanesa) durante el Período Kerma Classique (1750-1550 AC), fueron típicas a las sufridas por un traumatismo cerrado de un objeto portátil, y como no había ninguna asociación a lesiones graves típicas de caídas desde alturas, tales como, la columna vertebral, las costillas, la pelvis o indicaciones de paraplejia, las lesiones craneales pueden, de hecho, han sido el resultado de la violencia interpersonal. El patrón de las lesiones en el cráneo sugiere un objetivo anatómico específico que se prefirió durante el conflicto físico que se evitó a expensas de las lesiones sufridas en la bóveda craneal, contrariamente al patrón clínico moderno (Judd, 2004).

Las fracturas que se reportaron en Giuffra *et al.* (2013) están presentes en la superficie externa del hueso parietal derecho, corresponden a dos fracturas deprimidas que miden 2,6 x 1,7 cm y 1x1 cm, respectivamente, son consistentes con un trauma por objeto contundente sanado, que se produjo mucho antes de la muerte, es decir son fracturas antemortem. Se reportaron además, dos lesiones que son compatibles con lesiones traumáticas. Una cuadrangular de 5*5.5 mm de perforación sin signos de sanado, visible en el parietal derecho cerca de la sutura escamosa. La superficie endocraneal se mostró biselada. Esta lesión penetrante fue causada por un objeto contundente o por un proyectil. El cráneo del individuo mostró varias lesiones traumáticas, una perforación trapezoidal 5,5x7 mm por encima de la apófisis mastoides derecha que cruzó todo el hueso sin signos de sanado. La superficie ectocranial mostró márgenes limpias, y el margen de la herida en la superficie endocraneal no estaba circunscrito por el biselado. La lesión, similar pero menor que la observada en el lado derecho de la sutura lambdoidea del esqueleto 74, fue probablemente causada por un BFT o un proyectil. Las fracturas en la muestra de Giuffra *et al.* (2013), se produjeron por objetos contundentes, entre los que se incluyen martillos, mazas de guerra y altos picos, que dejaron fracturas

concéntricas o con una irradiación con un bisel interno. A veces es difícil distinguir entre BFT y traumas de proyectil, pero el trabajo de la antropología forense moderna ha demostrado que como el biselado de las fracturas puede ser útil. Si el biselado del BFT tiene lugar en la tabla interna, la fractura es causada por las fuerzas fuera del cráneo. En cambio, si es un proyectil de alta velocidad, el traumatismo biselado se produce en la tabla externa, la fractura es causada por la presión de dentro del cráneo (Berryman y Haun, 1996; Lovell, 1997). Esta diferencia es vital para diferenciar los traumas por proyectil de los BFT, pues es importante recordar que existen múltiples factores que pueden dañar los restos óseos de los contextos arqueológicos.

Giuffra *et al.* (2013) evaluaron los restos esqueléticos, de dos esqueletos del periodo medieval comprendido en los siglos X y XI y cuatro esqueletos del renacimiento, en el siglo XV, que mostraban lesiones perimortem indicadoras de violencia interpersonal y en particular de conflicto armado. Los dos individuos de la época medieval presentaron tres traumas consistentes en traumas por corte causados por armas filosas. Al considerar la muestra del renacimiento, la mayoría de las nueve lesiones perimortem eran por trauma por un BFT. La distribución de los patrones refleja diferentes técnicas de pelea, mientras que, la distribución y locación del trauma craneal provee indicaciones más profundas en las modalidades de pelea.

La información sobre violencia interpersonal que se puede recabar en los contextos arqueológicos, depende, de diferentes aspectos como son el tipo de muestra que se halla en el lugar. Vimos que hay estudios que han hecho grandes aportes con análisis de un solo cráneo (Sala *et al.*, 2015; Wu *et al.*, 2011). Otros, con varios cráneos (Nagaoka, 2012) y las muestras que incluyen huesos del esqueleto poscraneal (Jiménez-Brobeil *et al.*, 2014; Cohen, 2014; Schwitalla *et al.*, 2014; Smith, 2003; Messina *et al.*, 2013)

4.1.3.3. Causas indeterminadas de muerte

No siempre es posible –a pesar del avance en las tecnologías de la antropología

forense— determinar la causa de muerte. Es claro que los factores que afectan las muestras pueden ayudar a que se dificulte más la identificación y, también, porque no se encuentran lesiones que son lo suficiente claras como para que se pueden clasificar. De ahí que una causa de muerte o de una lesión sea indeterminada. A continuación, se expone el único artículo en cuya muestra la causa de muerte no fue posible dictaminarla.

Se argumenta que los patrones del trauma, la extensión de las lesiones, el contexto del cementerio, el posicionamiento del entierro y otras pruebas no percederas en la tumba se pueden utilizar para apoyar de manera particular la clasificación de la muerte (Spencer, 2012). El grupo de individuos con traumas por objeto contundente incluyen el tiempo de muerte y los daños ocasionados durante la excavación. Sin embargo, el grupo de individuos enterrados por sí solo no es un indicador de la muerte violenta, pero la combinación de un grupo enterrado y el traumatismo perimortem es sugerente de un hecho violento. Todos los individuos con el tiempo de muerte relacionado con la fractura representan probablemente homicidios, debido a la extensa fractura en las bóvedas craneales.

En el análisis de conglomerados del estudio se divide los tipos de trauma en categorías: diverso, focal y por objeto contundente. En el BFT se incluye tanto el tiempo de muerte, de trauma y los daños por impacto de pala al momento de excavar. Las relaciones entre los enterramientos con trauma por objeto contundente craneal y enterramientos informados que fueron perturbados por saqueadores fueron revisados, pero sólo uno de los enterramientos presentó fracturas. Una mujer adulta joven presentó un patrón festoneado de rotura a través del frontal (aproximadamente 1 cm) que irradia líneas de fractura. Aunque el patrón pareció similar a daños por pala, se agruparon con un fuerte traumatismo perimortem dado que la presencia de fracturas de articulación, no son típicas por rotura de hueso seco. Spencer (2012) finalmente concluye que, la evaluación de trauma perimortem en la muestra que estudió demostró que (1) la fracturación perimortem no siempre puede representar el tiempo de las lesiones de defunción, (2) las fracturas perimortem no siempre son indicativas de homicidio, y (3) todos los homicidios no

reflejan necesariamente los actos violentos cometidos por ciudadanos no pertenecientes al grupo del individuo muerto.

4.1.4. Dinámicas sociales reflejadas por los BFT en sitios arqueológicos

La violencia ha dejado huellas que son posibles de ser rastreadas en los contextos arqueológicos. Estas huellas permiten evidenciar las dinámicas sociales en las que estaban inmersos los grupos que son motivo de estudio gracias a la preservación de la evidencia material. La comprensión de los actos violentos que se relacionan con el conflicto social es un reto para los bioarqueólogos. En el estudio de Spencer (2012) la fragmentación extrema de los cráneos fue consistente con los patrones de guerra de los nativos americanos, sin embargo, se aclara que la presencia de un traumatismo violento no siempre será ser indicativo de enemigos externos.

Para el caso de los enfrentamientos cuerpo a cuerpo, un ejemplo de una herida defensiva conocida es la fractura tipo *parry*. Un traumatismo en los metacarpianos y las falanges de la mano también se pueden tomar como evidencia de peleas que involucran las manos desnudas o predominantemente con armas de fuerza contundente (Brink *et al.*, 1998 citado en Meyer *et al.*, 2009). La presencia de lesiones violentas perimortem, así como heridas de defensa perimortem en la serie de esqueletos que se analizaron en Meyer *et al.*, (2009) son un indicador muy fuerte de un evento violento que muy probablemente condujo a la desaparición de todas las personas enterradas en las fosas comunes en Eulau. Es importante aclarar que Eulau, pertenece al *Corded Ware* que es una de las principales tradiciones arqueológicas del Neolítico Tardío de Europa. Sus costumbres funerarias se caracterizan por tumbas solas, pero también ocurren entierros múltiples, está ubicado en el centro de Europa, en el estado de Saxony-Anhalt, Alemania. El escenario más probable que se ajusta a la demografía, los patrones de lesión y los ritos funerarios posteriores corresponden a un hallazgo llevado a cabo por un grupo de atacantes en una pequeña comunidad residente. Una de las características que evidencia una incursión, es la alta proporción de víctimas subadultas y mujeres.

El análisis detallado de los restos humanos puede dar pistas importantes en eventos pasados (Jurmain, 2001). Para este contexto, en especial, se cree que, el aumento de la violencia también puede haber llevado, al aparentemente, creciente número de enterramientos múltiples. En el caso de las personas de Eulau, Meyer *et al.* (2009) analizaron e interpretaron todos los datos bioarqueológicos disponibles, lo que permitió la penetración a un corto episodio violento de la historia humana. No hay distinción fácil entre fracturas postcraneales debido a la violencia interpersonal o por accidentes relacionados con movimientos forzados e involuntarios derivados de un trauma que puede ser parte de la lucha cuerpo a cuerpo. Esto es especialmente relevante cuando de forma segura, las lesiones relacionadas con la violencia, como un traumatismo craneal o lesiones por proyectil, junto con las fracturas que se producen, generalmente, son interpretados como accidentales. La presencia de ambas lesiones ayuda a apoyar la interpretación de un perjuicio, dado que no fue accidental. Aunque en las heridas prehistóricas de proyectil, a veces, también se ve afectado el cráneo, las fracturas deprimidas o trituradas debido a BFT en el cráneo son las lesiones más comunes.

En otro caso, Giuffra *et al.* (2013) sugieren rasgos para la identificación de las armas que causaron los traumas encontrados. Las heridas cuadrangulares se podrían atribuir a armas como objetos contundentes, lanzas, alabardas y dagas. No se puede confirmar si fueron arrojados o se utilizan como manijas, picos de mazas, o proyectiles. Por ejemplo, la punta de flecha y flechas de ballesta, en la muestra *Renaissance* (como la llaman los autores) la mayoría de las nueve lesiones perimortem fueron heridas por fuerza cortante, seguidas de traumas por objetos contundentes causados por armas de mano. Es importante tener en cuenta que la falta de heridas post-craneales en Piazza S. Giovanni podría explicarse por la mayor atención prestada a la cabeza, que era el objetivo principal del ataque, o por la protección adecuada del cuerpo a través de armaduras medievales y renacentistas. De lo contrario, las heridas en el cuerpo se habrían encontrado sólo en los tejidos blandos, sin traspasar a los huesos. Sin embargo, con la presencia de lesiones de armas, los resultados obtenidos a partir del estudio de la muestra *Renaissance* son

diferentes de los hallazgos de otros campos de batalla contemporáneos. Es muy probable que los individuos de la edad del Renacimiento no fueran soldados jóvenes empleados en los episodios de guerra y traídos de vuelta para su entierro en Turín, Italia, después de batallas que tuvieron lugar en otros sitios. Probablemente fueron individuos que murieron en los disturbios o en otros episodios violentos de la ciudad, como parecen confirmar los registros históricos de la era del Renacimiento.

En una región diferente como es el Japón, se posee un registro de carácter escrito de cientos de años durante la época medieval en este país, en los que se evidencian las épocas de continuas guerras civiles y violencia, que dieron lugar a conflictos armados y a muertes por violencia. Los traumatismos y las mutilaciones relacionados con armas aumentaron con el comienzo del período medieval, en comparación con el período Heian anterior (siglos VIII-XII), considerado como el pico de la corte imperial japonesa (Nagaoka *et al.*, 2010, 2012). En la descripción de los traumatismos relacionados con las armas observadas en los esqueletos humanos del período Edo, se examinó la presencia y se comprobó si este antecedente histórico coincide con los datos de los esqueletos humanos. Además, el aporte de Nagaoka *et al.* (2012), fue comprender mejor la violencia desde la perspectiva osteológica, la distribución, la variabilidad, y comparar con las poblaciones medievales previas. La observación de los traumas relacionados con las armas en los ciudadanos implica, además, que las víctimas incluyeron clases no guerreras. Puesto que en ese momento no había casi ninguna guerra de masas y las víctimas pertenecían a clases no guerreras, es razonable suponer que los traumas no fueron causados por la guerra organizada. Finalmente, los autores hicieron una comparación de los registros de una época específica en Japón con la evidencia osteológica. Es decir, fue posible establecer una dinámica social, como es la violencia, a partir del análisis bioarqueológico.

Cabe resaltar que los hallazgos encontrados en el Levante son constantes en el tiempo para apoyar la idea de que un aumento en la violencia no está linealmente correlacionado con una escalada de la complejidad social, es decir, complejidad

social no es directamente proporcional a los índices de violencia. La prevalencia de lesiones traumáticas en el cráneo (25%) que se encontró en las poblaciones históricas del sur del Levante puede ser considerablemente más alta que la encontrada en poblaciones vecinas y poblaciones geográficamente remotas, lo que sugiere un relativamente alto índice de violencia inter e intra-grupo (Cohen *et al.*, 2014). La tasa de trauma en las poblaciones del sur de Levante ha demostrado ser considerablemente mayor que en otras poblaciones arqueológicas en todo el mundo. El hecho de que no existan diferencias significativas en las tasas de trauma que se encontraron con el tiempo, implica que los cambios socio-económicos (desde una población agraria a urbana) han tenido poco impacto en el comportamiento agresivo de las poblaciones locales. Por el contrario, los cambios en el tipo de lesión, de traumatismo por objeto contundente a un traumatismo agudo y, eventualmente, por proyectil, refleja los cambios en armamento a través del tiempo. Las características acumuladas de patrón de traumatismo craneal (tipo, ubicación, lado, el tamaño, sexo, edad) sugieren que la mayoría de los individuos estudiados no estaban implicados de forma directa en la guerra. Más bien, la mayoría de las lesiones parecen deberse a golpes dados durante los encuentros violentos interpersonales.

Para Roksandic *et al.* (2006) aunque uno de los individuos con signos de muerte violenta provenía de la Fase II, el entierro estaba probablemente relacionado con un acto de violencia interpersonal en lugar de la guerra. Un homicidio es sugerido por la presencia de lesiones múltiples y dispersas, heridas defensivas, de arma blanca y las incisiones hechas desde atrás en diferentes direcciones (Pounder, 2000 citado en Jiménez-Brobeil *et al.*, 2014). Por tanto, la distribución de los traumatismos detectados en este sitio indica que los hombres adultos practican actividades que conllevaban a un alto riesgo de lesiones (Jiménez-Brobeil *et al.*, 2014).

El estudio de Fernández *et al.* (2014) sobre una colección de huesos a partir de un campo de batalla medieval, proporcionó más pistas sobre el objeto contundente y las estrategias de guerra. Las pistas de Coltrain *et al.* (2011) vienen en cambio del

conjunto mortuario, con casi 100 enterramientos, varios individuos mostraron evidencia de trauma por objeto contundente. Los autores sugieren que el número aparentemente anómalo de los individuos recuperados del sitio es indicativo del uso por largo tiempo de la cueva como un sitio entierro. La presencia del trauma por objeto contundente craneal y embebido con proyectiles se considera un subconjunto de los enterramientos que se ha citado como evidencia primaria de una masacre. Sin embargo, en la cueva 7 los enterramientos no presentan daños generales que se distingan para el siglo XIV. En contraste casi 80% de enterramientos en la Cueva Siete no muestran evidencia de trauma perimortem. De este modo los hombres en particular, pueden haber encontrado un entorno social y económico altamente competitivo que resulta en incursiones y violencia dentro de los grupos. En lugar de una sola matanza, las muertes violentas de los enterramientos de la Cueva Siete, son más razonables de atribuir a los actos episódicos de violencia entre los hombres que cometen con algún aliado, tal vez con menos frecuencia, en contra de las mujeres y adolescentes.

El contexto tafonómico y la evidencia del medio ambiente en Redfern *et al.* (2013) sugieren que algunas partes del cuerpo habían sido recogidas en otro lugar y depositadas de manera ritual en el valle de Walbrook, una importante zona de actividad religiosa en la época romana. La abrumadora evidencia de trauma anti y peri-mortem observado en estos hombres adultos indica que las partes del cuerpo habían sido objeto de violencia ritualizada, ya sea como víctimas de la caza de cabezas implementada por los militares en Londinium o, potencialmente, son los restos de gladiadores vencidos en el anfiteatro. Estas partes del cuerpo fueron depositadas y proporcionan la primera evidencia de la ruptura y destrucción del cuerpo de una persona como una expresión de poder y estatus. (Schmidt y Schröder; 2001 Hope, 2000, 2007 citados en Redfern *et al.*, 2013)

Los enterramientos en el Horizonte Tardío de Huaquerones no demuestran frecuencias de traumatismo craneal como las que se observan otras muestras de entierros en el postcontacto, lo que sugiere que los niños no estaban en la

participación o sujetos a este nivel de violencia antes de la Conquista Española (Gaither *et al.*, 2011). Smith (2003) ha planteado la hipótesis de que la guerra puede desempeñar un papel dinámico en la evolución general de la complejidad social y en el aumento y mantenimiento de la política (Carneiro, 1981, 1990, 1994 citado en Smith, 2003), es decir, la guerra es sin duda un ingrediente vital en la ciclicidad de los cacicazgos en todo el período del Misisipí Tardío (AD 1200-1600). Sin embargo, gran parte de este papel es inferido, y pocos o ningún dato sobre la presencia o nivel osteológico de las pruebas para la violencia intergrupala se ha documentado. Cuestiones temporales, no obstante, han sido aplicadas con el propósito de examinar la evidencia ósea de traumatismos violentos deliberados, en los que se busca determinar si el comportamiento refleja diferencias visibles arqueológicamente en la organización sociopolítica. Esto es potencialmente de valor teórico en relación con las hipótesis, el ascenso y caída de los cacicazgos del sudeste en el período del Misisipí Tardío. Si las áreas de estudios de Smith (2003) son de hecho adyacentes y diferentes entidades políticas estuvieron contemporáneamente, entonces, hay una posibilidad de que la tensión política puede traducirse en un mayor nivel de traumas relacionados con la guerra, con relación a otros sitios de Dallas. Si las fases reflejan cambio sociopolítico, entonces la reorganización de distancia de una autoridad central podría reducir o ya sea relativamente elevar la vulnerabilidad de los sitios para agresión intergrupala. En cualquier caso, se puede proporcionar desde la bioarqueología importantes conocimientos sobre el papel desempeñado por una autoridad, principalmente en la iniciación o el mantenimiento de las hostilidades intergrupales.

Schwitalla *et al.* (2013) han evaluado los patrones temporales en relación con la variación climática y los eventos históricos/culturales, específicamente la introducción de nuevas armas en la forma del arco y la flecha. En última instancia, el estudio pone a prueba la hipótesis de factores externos medioambientales, otros patrones específicos y la prevalencia de la violencia entre las poblaciones de cazadores-recolectores en California. Esta hipótesis predice que los brotes de la violencia, y la violencia en general, están vinculados a las circunstancias de estrés

agudo por recursos y la competencia a lo largo de las líneas propuestas por Ember & Ember (1992 citados en Schwitalla *et al.*, 2013). Esta mayor tasa de traumatismos craneofaciales en individuos femeninos también podría ser el resultado de la lucha interna, y el resultado de una agresión dirigida a las mujeres. El enfoque cronológico se empleó en la zona de Santa Bárbara (Estados Unidos) donde se ha encontrado que la evidencia de violencia intragrupo/intra-personales no se limitó a aumentar de forma incremental con el tiempo, sino más bien había dos intervalos de violencia mayor. En primer lugar, en el Período Medio Temprano (1500 – 580 BP) cuando el trauma por objeto contundente craneal mostró frecuencias excepcionalmente altas (36,5% en los hombres, el 19,4% en las mujeres). La violencia en general era más común entre los hombres, a pesar de que hubo menos diferencia entre los sexos en el trauma por objeto contundente craneofacial en el centro de California que en el sur de California. Estos resultados pueden sugerir una mayor participación de las mujeres en este tipo de violencia, que también se describe a través de etnografía e historia regional. En segundo lugar, el Período histórico Protohistórico (1720-1899), se caracteriza por altos niveles de fuerza contundente y traumatismo agudo. Los brotes de violencia posiblemente estaban, en algunos casos, relacionados con estrés por recursos por fluctuaciones del medio ambiente y, en otros, a grandes densidades de población. También, parece que en algunos casos han influido en la frecuencia y el carácter de la violencia los eventos culturales en la forma de la apariencia y el movimiento de nuevos grupos y la difusión de nuevas armas, en particular (Schwitalla *et al.*, 2013)

Para el caso de Sala *et al.* (2015) la explicación más plausible para las fracturas perimortem halladas por su equipo son el resultado de golpes intencionales y repetidos durante un acto letal de violencia interpersonal. En el caso de Cr-17 también es posible descartar las lesiones, ya sea auto-infligidas o como resultado de un accidente de caza no intencional, principalmente porque las lesiones afectan a múltiples golpes. La ausencia de marcas de corte u otras manipulaciones postmortem potenciales, por ejemplo, el canibalismo o las manipulaciones rituales, parecen aún menos probables y más especulativas. Múltiples traumas craneales

con depresión en la región frontal por encima de la línea de ala del sombrero son compatibles con lesiones por violencia. Desde su tamaño consistente y la forma, los traumas por objetos contundentes en el CR-17 claramente no son involuntarios, sino, más bien, parecen haber sido producidos por el uso de una herramienta de tamaño y forma estandarizada. La localización de las lesiones justo a la izquierda de la línea media de la escama frontal en Cr-17 también es consistente con el patrón general documentado entre los humanos recientes, con la mayoría de los individuos que presentan lesiones en el lado izquierdo del cráneo que refleja el predominio diestro durante el conflicto cara a cara (Sala *et al.*, 2015)

4.2. ESTUDIOS DE CASO EN CONTEXTOS FORENSES CON EVIDENCIA ÓSEA DE BFT.

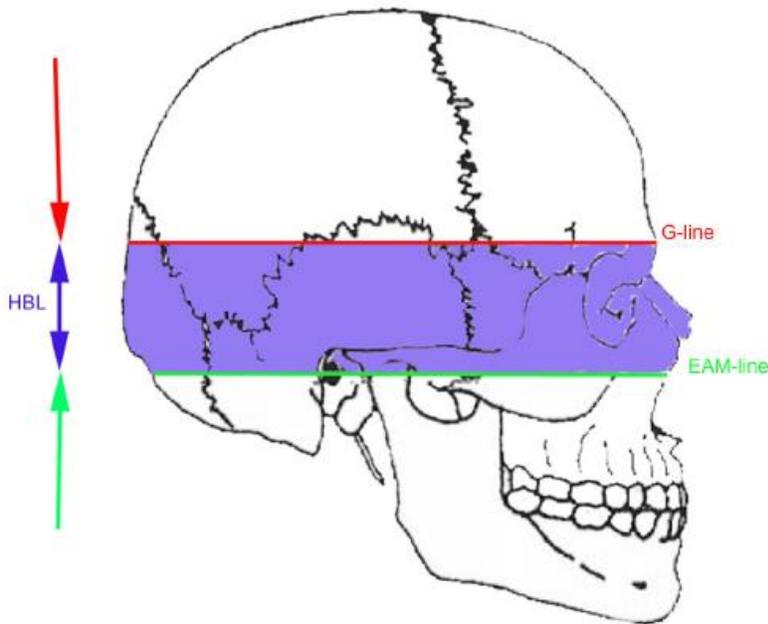
Los contextos pertenecientes a la Antropología Forense, son aquellos que tienen implicaciones judiciales. A través de sus distintas teorías, métodos y técnicas (Rodríguez, 2011), se busca la identificación de los individuos a través de los restos materiales (para mejor ilustración ver antecedentes en la página 11). En este apartado se presentan 38 estudios que fueron clasificados debido a su tipo de muestra, pues son individuos contemporáneos y sus circunstancias de muerte o de generación de fracturas por BFT, conllevan implicaciones judiciales. Se pretende hacer evidente la pertinencia de la aplicación de la antropología forense en las circunstancias de muerte en las que hay evidencia de BFT (ver capítulo de circunstancias comunes de trauma por objeto contundente en la página 54). A continuación, se desarrollarán varios apartados, que valoran la forma en que cada estudio abordó el análisis de los BFT. Se visibilizarán los enfoques teóricos y metodológicos, así como la inferencia de los contextos, las circunstancias en las que se enfocaron los estudios: homicidio, abuso infantil, accidentes, caídas, suicidios, tortura y, misceláneas, así como las condiciones en que los investigadores encontraron la evidencia física. La forma en que se interpretan estas lesiones también será retomada para esbozar un panorama del rol de la antropología forense en este campo de estudio.

4.2.1. Perspectivas teóricas de la antropología forense enfocada en BFT.

En los artículos analizados se encontró que las diferentes circunstancias en las que se puede presentar una fractura, crea confusiones en los investigadores, ya que, al ser lesiones que implican un contexto forense, es importante que el mecanismo y causa de la lesión, se tenga claro. Barber *et al.*, (2014) encontraron que las lesiones esqueléticas se encuentran comúnmente en los lactantes y niños pequeños con traumatismo craneal abusivo. Es decir, las lesiones craneales son un factor decisivo para diagnosticar abuso infantil. Aunque las fracturas del cráneo se asocian comúnmente con la lesión esquelética infligida, se notan lo más a menudo en víctimas de accidente. Por lo tanto, la demostración de la asociación de heridas esqueléticas insospechadas tiene implicaciones importantes, particularmente cuando fracturas altamente específicas están presentes. Otros autores que sustentan dicha dificultad son Meservy *et al.* (1987), pues, no encontraron diferencias significativas en los patrones de fractura del cráneo entre niños maltratados o heridos accidentalmente con presencia de fracturas deprimidas, diastáticas, no parietales o fracturas con configuraciones complejas.

Otro caso común que genera confusión y, por tanto, se requiere la ayuda de un experto, es el tema de las caídas por golpe en traumatismo craneal (Kremer *et al.*, 2008), pues la línea del sombrero es uno de los criterios más utilizados. A los expertos forenses, cuando se enfrentan con muertes por lesiones con fuerza contundente en la cabeza, a menudo se les pide que determinen si el trauma está relacionado con una caída o inducido por golpes homicidas. Uno de los criterios más utilizados en la discriminación de caídas y golpes es la regla de la línea de borde del sombrero (ver ilustración 14): una lesión situada por encima de la línea de borde del sombrero es más probable el resultado de un golpe, mientras que una caída produciría generalmente una herida al nivel de la línea de sombrero.

Ilustración 14 Zona HBL



HBL es el área situada entre dos líneas paralelas a una línea inspirada por el plano horizontal de Frankfort (plano horizontal que va desde el punto porión al punto orbitario), la (línea G) es el margen superior que pasa a través de la glabella, y (EAM-line) corresponde al margen inferior que pasa por el centro del conducto auditivo externo. Tomada de: Kranioti (2015).

Siguiendo la línea de traumatismos en múltiples circunstancias como homicidios, suicidios o accidentes, se tiene que una muerte puede ser provocada, ya sea de forma directa o indirecta debido a traumatismos torácicos (Subirana *et al.*, 2008). De acuerdo con Subirana *et al.*, (2008), asociar etiologías específicas no siempre es posible en cada una de las fracturas de la caja torácica, se puede, sí, hablar del número de fuerzas causantes. Sin embargo, es posible reconstruir las fracturas por objetos contusos a diferencia de las fracturas costales por arma de fuego.

Como se ha mencionado en múltiples ocasiones, los BFT se presentan en un sinnúmero de contextos, de ahí que no sea difícil que se vean involucrados animales. En Bury *et al.* (2012), se tiene que las lesiones por objetos contundentes característicamente involucran animales más grandes, como vacas o caballos que pueden patear, aplastar, pisotear a una víctima causando lesiones craneales y faciales. Los trabajadores agrícolas, en particular, están en alto riesgo de lesiones

mortales que afectan a la cabeza y el torso.

Por último, están las cifras que presentan Temlett *et al.* (2012), en donde los métodos más comunes de homicidio en Australia incluyen trauma agudo de fuerza (47%), trauma por objeto contundente (31%), armas de fuego (10%), métodos misceláneos (10%) y estrangulación 2%. Es importante retomar que, una muerte por objeto contundente no requiere de mayores implicaciones logísticas, ya que puede ser cualquier objeto que posea suficiente masa para generar daño o una altura desde la cual una persona se pueda arrojar.

4.2.2 Enfoques metodológicos de la antropología forense enfocada en BFT.

En los estudios que implican contextos forenses, que, huelga decir, conllevan implicaciones judiciales, se puede ver que los autores buscan determinar a través de diferentes metodologías, conocimientos que sean útiles para esclarecer hechos que pueden ser punibles. Sieswerda-Hoogendoorn *et al.* (2014) buscaron determinar si los hallazgos de imágenes pueden ser utilizados para diferenciar traumatismo craneal con y sin impacto, todo esto con un grupo de víctimas mortales y no mortales de traumatismo craneal (AHT). Se incluyeron todos los casos de AHT en los Países Bajos en el período 2005-2012 para los que se elaboró un informe forense para un tribunal de justicia y para el que se disponía de imágenes para su reevaluación. Los resultados neurorradiológicos y musculoesqueléticos fueron anotados por un radiólogo pediátrico experimentado. No hubo diferencias en el número y localización de fracturas coexistentes en el esqueleto entre traumatismo craneoencefálico y traumatismos craneales sin impacto, por lo que no se puede utilizar para diferenciar entre las diferentes formas de violencia.

Por su parte, Barber *et al.* 2014, parten de la siguiente situación: las fracturas de cráneo se asocian comúnmente con lesión intracraneal, pero ningún patrón de fractura es indicativo de abuso físico. Para el equipo, existen otras lesiones del esqueleto incluyendo lesiones metafisarias clásicas, fracturas de costilla, columna vertebral y escapular que son fuertes predictores de traumatismo craneal abusivo

en lactantes con lesión intracraneal. La importancia de los estudios anteriormente citados, radica en la posibilidad de dar claridad en las fracturas que, si bien, pueden ayudar a generar hipótesis sobre los mecanismos de lesión, ayudan, más bien, a descartar las posibles ayudas diagnósticas, es decir, estos estudios en los que no se puede obtener una lesión o el patrón de una lesión que sirva para determinar circunstancias de muerte y, finalmente, esclarecer por medio del descarte las posibles condiciones en las que pudieron acontecer las lesiones estudiadas.

La posibilidad de determinar si un patrón o una lesión son indicativos de algún tipo de circunstancia punible, es resultado de estudios comparativos (ver introducción en la página 10), tal como lo hacen Chattopadhyay *et al.* (2010), quienes pretendieron destacar el papel de las fracturas del cráneo como indicador indirecto de la fuerza de impacto y de intensidad de la hemorragia intracraneal mediante un estudio comparativo de víctimas de asalto con lesiones fatales y no mortales en la cabeza. El asalto con armas de fuego a menudo condujo a la fatalidad, mientras que, el asalto con armas contundentes, la tasa de supervivencia fue mayor. Múltiples huesos craneales estuvieron involucrados en el 69,3% de los casos, mientras que la fractura triturada del cráneo fue frecuente entre los casos fatales. La fractura de la base del cráneo sólo se observó en los casos fatales y se encontró una combinación de hemorragia subdural y subaracnoidea en la mayoría de los casos fatales.

Se encontró una novedad en cuanto al estudio de Pechníková *et al.* (2015) Quienes con dos tipos de trauma de fuerza contundente que fueron aplicados (compresión manual y arrollado), buscaron la diferencia en el curso de una línea de fractura y su relación con los sistemas de Havers en fracturas causadas por una tensión alta o lenta, ya que esto puede ser útil para distinguir entre las lesiones debidas al traumatismo de alta y baja velocidad. Los mecanismos de trauma caracterizados por diferentes velocidades de carga (alta y baja) fueron aplicados para producir el trauma óseo. En detalle se seleccionaron los traumatismos por explosión como ejemplo de alta velocidad y la compresión por un vehículo y un tornillo como dos tipos de baja velocidad con una cantidad de energía diferente (mayor en la

compresión por vehículo que por el tornillo).

En Moraitis *et al.* (2006), plantean un protocolo en el que se explica detalladamente el procedimiento para el análisis macroscópico:

1. Los huesos deben ser inicialmente radiografiados para la evaluación de las márgenes fracturadas y los signos de curación de la fractura. En casos parcialmente descompuestos, se recomienda retirar los huesos afectados en la autopsia y radiografiarlos con exposición directa sobre una película de alta resolución en una unidad de rayos X de muestra para una evaluación óptima.

2. Los especímenes resecados deben ser procesados antes del examen macroscópico. Cuando los tejidos blandos restantes se retiran de los huesos, cada patrón de fractura debe ser descrito en detalle y fotografiado. Las fotografías digitales o de película de buena calidad pueden ser críticas en la sala de audiencias, especialmente en casos homicidas. Se debe intentar identificar el mecanismo de lesión de cualquier lesión ósea traumática. La evaluación de ciertos atributos como el ángulo de fractura, el borde de fractura y las áreas de *peeling* óseo adyacentes al sitio de la fractura puede contribuir al diagnóstico de traumatismo perimortem. Cualquier signo macroscópicamente visible de complicación de la fractura indica la naturaleza antemortem de la fractura.

3. Las observaciones de la diferencia de color de los márgenes rotos o las indicaciones de una respuesta osteogénica no detectada radiográficamente requieren un cuidadoso escrutinio de todos los bordes de fractura bajo iluminación y ampliación adecuadas, utilizando un estereomicroscopio de baja potencia. Se debe prestar especial atención a la evidencia de porosidad cerca de los márgenes fracturados, lo que indica una etapa temprana del proceso de curación.

4. Los restos deben ser examinados para detectar signos de procesos tafonómicos que pudieran imitar lesiones por BFT o eliminar importantes indicadores del trauma perimortem. Aunque el breve procedimiento que presentan los autores ofrece algunas pautas que pueden facilitar la distinción de daño óseo que ocurrió mucho

después de la muerte por traumatismo perimortem, la diferenciación de fracturas infligidas poco antes de la muerte o poco después de la muerte puede ser difícil o incluso imposible.

5. Las observaciones de la diferencia de color de los márgenes rotos o indicaciones de una respuesta osteogénica no detectada radiográficamente requieren un cuidadoso escrutinio del estereomicroscopio de baja potencia. Una atención particular debe darse a la evidencia de porosidad cerca de las márgenes de fractura, lo que indica una etapa temprana del proceso de curación.

6. Se deben examinar los signos de procesos tafonómicos en los restos que podrían imitar lesiones por BFT o importantes indicadores del trauma perimortem. El breve procedimiento que se acaba de presentar ofrece directrices que pueden facilitar la distinción de daño óseo que ocurrieron después de la muerte por trauma perimortem.

Por su parte, Calce *et al.* (2007) determinaron el grado de alteración por procesos tafonómicos en casos de BFT a través de un estudio piloto experimental utilizando cabezas de cerdo (*Sus scrofa*). El grado de alteración tafonómica y las marcas características indicativas de BFT fueron monitoreados en varias etapas del período de investigación y reevaluadas en su conclusión:

- 1) Ciclo de congelación y descongelación al sur de Ontario: Los efectos del ciclo de congelación-descongelación mostraron el mayor potencial para disimular la evidencia de BFT. El agrietamiento, la formación de escamas y el acuñamiento del hueso alteraron los sitios de impacto de los especímenes descarnados. También creó fracturas aproximadamente lineales en el hueso frontal, originadas en la sutura y en la mandíbula, imitando lesiones antemortem.
- 2) Efectos de la lluvia y la nieve: El hueso expuesto al estrés ambiental durante cualquier período de tiempo se vuelve seco, granuloso, ligero en peso, frágil, descolorido y despojado de tejido blando. La exposición al aire provoca la

pérdida de humedad, dando lugar a diversos grados de deshidratación y huesos quebradizos. Los huesos vulnerables a los efectos de la lluvia y la nieve también son susceptibles al agrietamiento, acuñamiento y descamación, que pueden imitar o disfrazar BFT. Un total de 177,83 cm de precipitación cayó en los 362 días de este experimento. La exposición a la precipitación durante un período prolongado de tiempo provoca el desplazamiento hacia adentro del hueso en el sitio de impacto, dejando solamente el borde de la fractura concéntrica más externa intacta.

- 3) Efectos de la actividad animal: Se observaron huellas de mapaches en el sitio. Para evitar la pérdida de especímenes experimentales, un recinto bien vigilado y protegido es vital. En este experimento, el movimiento de los cráneos, dentro del recinto, por animales carnívoros resultó en un daño extenso a los huesos craneales, incluyendo una mayor separación de las líneas de sutura. El grado de separación de suturas no está relacionado con los efectos de BFT. La exposición prolongada a la depuración y la precipitación magnificaron el grado de depresión hacia adentro y el desplazamiento del hueso en los sitios de impacto.
- 4) Blanqueamiento, hierba y manchas en el suelo: El color verde claro y blanco del hueso que se produce por contacto con la vegetación y la exposición a la luz solar es útil para los investigadores en la identificación de evidencia macroscópica de BFT en el cráneo al proporcionar contraste a los sitios de impacto de resaltado y las líneas de fractura. En este estudio, el blanqueo y la coloración de la hierba destacaron los sitios de impacto así como grietas y fracturas de bisagra, resultantes de la erosión del hueso.
- 5) Efectos de la protección del suelo y la erosión: Aunque ninguno de los ejemplares fue enterrado, el movimiento de los cráneos sobre la superficie fangosa del suelo resultó en una capa gruesa de deposición del suelo recubriendo el cráneo y llenando los orificios expuestos.
- 6) Tinción de sangre: se encontró abundante sangre en el hueso; el resultado de la tinción del hematoma en los huesos frontal / parietal era evidente después de 1 año.

Finalmente, se tiene que, los efectos de las seis variables tafonómicas examinadas en este estudio disminuyen la probabilidad de identificar el número de lesiones, la dirección/fuerza de los golpes, el patrón/momento y la localización de las lesiones. Los indicadores típicos del BFT, como la radiación, la fractura concéntrica o de bisagra, pueden disfrazarse por los efectos del estrés ambiental (Calce *et al.*, 2007).

La falta de información que ayude a complementar el análisis de los estudios es una de las mayores dificultades que se presentan en el contexto. Tal es el caso del estudio realizado por Sieswerda-Hoogendoorn *et al.* (2014), en donde una de las limitaciones fue el hecho de no conocer el mecanismo exacto del trauma, incluyendo la intensidad y la frecuencia. Los autores clasificaron los grupos sobre la presencia de fracturas craneales u otras lesiones externas de la cabeza. Sin embargo, no sabe qué tan bien esto se correlaciona con la verdadera causa de la lesión. Compartiendo la necesidad de información Semeraro *et al.* (2012) dictan que comprender los patrones de trauma es importante para determinar la causa y la forma de la muerte. Además de la investigación comparativa, es necesario comprender la tafonomía y la mecánica de la fractura ósea para evaluar las lesiones con respecto al tiempo (perimortem versus postmortem) y potencial letalidad.

Finalmente, cabe resaltar, la necesidad de conocer las nuevas tecnologías, en las que podemos apoyarnos para mejorar los análisis; una de ellas es la tomografía computarizada multidetector (MDCT), que si bien es utilizada comúnmente para valorar el estado de las arterias también puede ser útil en la detección de fracturas del esqueleto causada por BFT que no son evidentes en las radiografías digitales, tal como lo reportan Berran *et al.* (2014).

4.2.3. Circunstancias de muerte con presencia de BFT.

En este apartado el lector podrá encontrar las diferentes circunstancias en las que se puede encontrar el BFT asociado a eventos forenses. Prajapati *et al.* (2013), plantean que la incidencia de lesiones en la cabeza está creciendo con una mayor mecanización de la industria y aumentado en el transporte de alta velocidad. La

cabeza es el blanco de elección en la mayoría de los asaltos relacionados con BFT. Las lesiones en la cabeza son un problema de salud importante en todo el mundo, ya que los BFT pueden ocurrir por un abanico de objetos que, ya sea intencional o no, causan la muerte. Deisch *et al.* (2011) reportaron que en los accidentes por caída de televisores, el traumatismo craneal es mucho más común que el trauma torácico o abdominal. Los niños son más comúnmente afectados, que van desde <1 año de edad a 16 años de edad, con una media de 2-3 años. La principal dificultad de estos casos para el patólogo forense es distinguir traumatismo craneal accidental de una lesión infligida.

La importancia de las circunstancias de muerte, radica en la capacidad de discernir si fue intencional o no, pero existen casos en los que queda descartada esta posibilidad. Los desastres naturales en los que se encuentran víctimas mortales, han sido reportados en los estudios encontrados. McIntosh *et al.* (2007), quienes identificaron 56 muertes por avalancha, encontrando que el 8,9% de las muertes se debió a una combinación de asfixia y trauma y el 5,4% se debió a traumatismos. Las lesiones en la cabeza fueron frecuentes en las personas muertas únicamente por trauma. Si bien el traumatismo cerrado representó sólo un pequeño porcentaje, es importante el estudio de estos patrones, ya que pueden aportar al establecimiento de líneas que permitan identificar las circunstancias en las que se generó la lesión. Por otro lado, Berran *et al.* (2014) reportaron que las causas de muerte en desastres similares al terremoto de Haití se debieron a lesiones contundentes, asfixia y enfermedad cardíaca, con la mayoría de las muertes por lesión sin evidencia de asfixia y una minoría significativa de casos con hallazgos de asfixia.

4.2.3.1. Homicidios.

Existe una amplia variedad de contextos en los que se pueden presentar homicidios por BFT. Temlett *et al.* (2012), reportaron los métodos más comunes de homicidio en una población indígena que implicaron BFT. Para ellos, existe una variabilidad considerable en los tipos de muertes no naturales que pueden encontrarse en

diferentes grupos culturales y étnicos, incluso dentro de la misma comunidad. Entre los métodos más comunes de homicidio en Australia se incluyeron traumas por corte (47%), BFT (31%), armas de fuego (10%), métodos misceláneos (10%) y estrangulación 2%. En población indígena de Australia del Sur la tasa de homicidios con BFT entre fue del 13% en varones y de 41% en mujeres (ver ilustración 15).

Ilustración 15 Homicidios indígenas australianos desde 1969 hasta 2008

	Blunt trauma	Sharp trauma	Firearms	Strangulation	Miscellaneous.
1969–2008	37	32	12	2	7
1969–1978	9	2	2	1	0
1979–1988	11	10	4	1	1
1989–1998	10	12	5	0	4
1999–2008	7	8	1	0	2

Número total de homicidios indígenas australianos en diferentes categorías desde 1969 hasta 2008. Tomada de: Temlett *et al.* (2012).

Padubidri *et al.* (2013), revisaron una serie de 328 autopsias forenses consecutivas en mujeres en edad reproductiva, realizadas entre 2009 y 2011 en el *Government Wenlock District Hospital de Mangalore* (India) por expertos especialistas en medicina forense calificados. Las muertes no naturales formaron el 93,6% de la cohorte. Se tuvo que, las tres principales causas de muerte incluyeron quemaduras, envenenamiento y caídas, sumando el 69,5% de los casos. La forma de muerte fue el suicidio en el 45,4% de los casos, el accidente en el 43,6% y el homicidio en el 4,6%. De este 4,6%, se encontró que dos tercios de las muertes homicidas se debieron a asaltos causados por BFT, estrangulación por ligadura y trauma de fuerza aguda. Un tercio de las víctimas homicidas murieron debido a quemaduras. Si bien los BFT no ocupan el primer lugar en tipos de muerte, si es importante en cuanto a los homicidios, pues cabe aclarar que la estrangulación por ligadura, es también una circunstancia de BFT, es decir que dos de las tres circunstancias que ocupan el 66,6% de la cifra de homicidios fue debido a BFT.

En líneas anteriores se ha hablado de las lesiones fatales en la cabeza resultado de

asalto (Chattopadhyay *et al.*, 2010). Infligir daño en la cabeza es uno de los métodos más eficaces de homicidio. Los agresores usualmente seleccionan una parte del cuerpo donde el daño máximo puede ser infligido con un esfuerzo mínimo. La presencia o ausencia de una fractura de cráneo, su tipo y localización junto con el tipo de hemorragia intracraneal tiene una importancia inmensa en el resultado final en casos de lesiones en la cabeza.

En la investigación realizada por Chattopadhyay *et al.* (2010), se pudo observar (ver ilustración 16) que en casi la mitad (49,3%) de los casos fatales se observaron fracturas conminutas del cráneo y se detectó fractura ósea craneal múltiple en más de tres cuartas partes (76,7%) de los casos. Para los casos no fatales, las armas de asalto más comunes fueron objetos contundentes (72,2%) que resultaron en fractura de fisura como el tipo más común de fractura (55,5%). En suma, se puede decir que las posibilidades de muerte son mayores con la fractura conminuta que con la fractura de la fisura. La presencia de una fractura conminuta o deprimida conminuta indica la aplicación de una gran cantidad de fuerza en comparación con una fractura de fisura.

Ilustración 16 Tipo de fractura craneal

Type of skull fracture	Fatal Cases (%)	Non Fatal Cases (%)	Total Cases (%)
Only fissure	10(13.6)	10(55.5)	20(21.9)
Comminuted	36(49.3)	3(16.6)	39(42.9)
Depressed comminuted	-(-)	2(11.2)	2(2.2)
Fissure + depressed comminuted	7(9.5)	2(11.2)	9(9.9)
Fissure + Sutural diastasis	3(4.2)	-(-)	3(3.3)
Firearm + Fissure	12(16.5)	-(-)	12(13.2)
No fracture	5(6.9)	1(5.5)	6(6.6)
Total	73(100)	18(100)	91(100)

Imagen 16. Tipo de fractura craneal en el estudio realizado por Chattopadhyay *et al.* (2010).

Por su parte, Komar *et al.* (2012), examinaron diferentes tipos de traumatismos (BFT, SFT -sharp force trauma- y GSW -gunshot wound-) y se respaldaron en las declaraciones de testigos y sobrevivientes con respecto al armamento utilizado por los autores y la naturaleza de los propios autores (es decir, civiles vs. militares). En este estudio se tuvieron en cuenta declaraciones, que ayudaron a confirmar el informe de los forenses. Los conflictos son focos de investigaciones respecto a la posibilidad de examinar las lesiones generadas. Para este caso tenemos que 19,04% de los tipos de trauma correspondieron a BFT. La ausencia de trauma fue del 24,76%, sin embargo, en los tipos de trauma se tuvo que el mayor porcentaje lo tenían los SFT con 33,33%, seguido del SWT con 20,00%, por lo que se pudo observar que la diferencia entre BFT y SWT era mínima. Los autores resaltaron que el retraso en la recuperación, combinado con la práctica local de recolectar esqueletos, los restos superficiales y que fueron enterrados nuevamente, dieron lugar tanto a etapas avanzadas de descomposición como a restos incompletos. Los resultados de este estudio sugieren que estos factores por sí solos pueden explicar la alta incidencia de las víctimas sin evidencia de lesión traumática letal (ver ilustración 17).

Ilustración 17 Presencia, ausencia y tipo de trauma

	Frequency	Percentage
Trauma		
Absent	26	24.76
Minor (nonlethal)	5	4.76
Major	74	70.48
Trauma type		
None	26	24.76
Blunt force (BFT)	14	13.33
Gunshot wound (GSW)	21	20.00
Sharp force (SFT)	35	33.33
BFT and SFT	5	4.76
BFT and strangulation	1	0.95
GSW and SFT	2	1.90
SFT and strangulation	1	0.95

Imagen 17. Presencia, ausencia y tipo de trauma. Tomada de Chattopadhyay *et al.* (2010)

Siguiendo a Muñoz *et al.* (2013), Es importante aclarar que en un homicidio” La determinación del instrumento contundente a partir de heridas contusas y fracturas craneales es difícil. El examen morfológico de la herida es inespecífico y habitualmente permite sólo una aproximación burda” (Muñoz *et al.* 2013:1), por tanto, es importante identificar el tipo de objeto con el que se produjo la lesión pues, “la tarea se simplifica cuando en las heridas se encuentran restos, vestigios como fibras, pelos, restos sólidos de interés criminalístico, que permiten establecer relaciones entre herida-instrumento-autor” (Muñoz *et al.* 2013:1). Otro ejemplo de la importancia de identificar el objeto, lo tenemos en Ta’ala *et al.* (2006), quienes revelaron que la causa probable del trauma fue debido a un método específico de ejecución usada por los soldados camboyanos de *Khmer Rouge* que implicó una variedad de armas contundentes aplicadas a la parte posterior de la cabeza/cuello. En el universo muestral, de los 85 cráneos examinados en *Choeung Ek*, uno de los campos de exterminio en Camboya, 10 (12%) mostraron un BFT en el occipital. En el resto de los 85 cráneos no se observó BFT perimortem, aunque dos mostraron probable traumatismo por fuerza perimortem. Nueve de los diez individuos con BFT eran varones probables y una era una mujer probable. El trauma se presentó como un daño sustancial en el occipital desde el foramen magnum a la protuberancia occipital externa. Se cree que el supuesto mecanismo de lesión en el patrón observado en *Choeung Ek* es distinto del de las fracturas anulares y basilares en el cráneo. Las fracturas son el resultado de golpes directos en la parte posterior de la cabeza/cuello, con distintos puntos de impacto en el hueso occipital. El patrón de trauma observado no es totalmente coherente con los modelos publicados de traumatismo craneal. El patrón de *Choeung Ek* provenía de uno o más golpes directos en la parte posterior de la cabeza/cuello y no de una aplicación indirecta de fuerza al cráneo que obligaba a la espina dorsal a entrar o alejarse de la base craneal. Igualmente importante son los datos osteológicos, ya que por sí solos ofrecieron evidencia suficiente para una serie de criterios de deprivación, lo que demuestra la importancia y aplicación de la osteología en la resolución de cuestiones específicas sobre la sevicia en un homicidio; como se reporta en el

artículo la víctima sufrió un golpe por BFT en la base del cráneo que apareció en el lado derecho del occipital entre el borde lateral del agujero occipital y la sutura occipitotemporal cerca de la apófisis mastoides. Reinhard *et al.* (2013), también reportaron una serie de impactos de fuerza contundente que son evidentes en la bóveda craneal y en el esqueleto facial. El asaltante enfocó golpes destructivos en la cara de la víctima. El impacto de los golpes fue tan severo que el cráneo se fragmentó y destrozó completamente la cara.

4.2.4.2. Abuso infantil.

En los estudios sobre abuso infantil, se ha encontrado que las metodologías comparativas son de gran ayuda para descartar tipos de fracturas. En Sieswerda-Hoogendoorn *et al.* (2014), los hallazgos neuroradiológicos y esqueléticos obtenidos, no pudieron discriminar entre traumatismo craneoencefálico y traumatismo craneal sin impacto en víctimas de traumatismo craneal. Si la distinción entre traumatismos craneoencefálicos y traumatismos craneales sin impacto se basó en la fractura del cráneo y/o en otros signos de BFT en la cabeza, no se encontraron diferencias significativas en ninguna de las variables.

Si bien se han documentado fracturas costales en partos, en el caso de los esqueletos de niños, se debe pensar siempre en la posibilidad de que se trate de un síndrome del niño maltratado principalmente cuando estas fracturas están localizadas en los arcos posteriores. Las fracturas costales infantiles revelan gran violencia ya que al ser muy elásticas no suelen fracturarse. La combinación de fracturas costales y metafisarias serían indicativas de abuso. En los casos de menores de 3 años, la presencia de fracturas costales se consideran que tienen un factor predictivo positivo de malos tratos del 95% (Subirana *et al.*, 2008).

Para Barber *et al.* (2014), las lesiones esqueléticas se encuentran comúnmente en los lactantes y niños pequeños con traumatismo craneal abusivo. Por lo tanto, la demostración de lesiones esqueléticas no sospechosas asociadas tiene implicaciones importantes, particularmente cuando hay fracturas altamente

específicas. Las fracturas de cráneo se asocian comúnmente con lesión intracraneal, pero ningún patrón de fractura es indicativo de abuso físico. Otras lesiones del esqueleto incluyendo lesiones metafisarias clásicas y fracturas de costilla, columna vertebral y escapular son fuertes predictores de traumatismo craneal abusivo en lactantes con lesión intracraneal. Aunque las fracturas del cráneo se asocian comúnmente con la lesión esquelética infligida, se notan lo más a menudo posible en víctimas de accidentes, además, recientemente informaron de una correlación significativa entre las fracturas espinales y la lesión intracraneal.

4.2.4.3. Accidentes.

Dentro de los diferentes tipos de accidentes se puede observar que, los accidentes de automóvil suelen ser una causa principal de lesiones graves con traumatismo craneal asociado en la juventud y mediana edad (Prajapati *et al.*, 2013). Para Subirana *et al.*, (2008), tienen especial relevancia las fracturas costales asociadas a accidentes de tráfico, las fracturas costales bilaterales por impacto contra el volante o asociadas a fracturas esternales por *air-bag* o por atropello (transversa de esternón y costales bilaterales). Las fracturas costales se asocian a fracturas de macizo facial por impactos del coche por detrás mientras la persona es proyectada hacia la ventanilla, el salpicadero o el asiento delantero. En motoristas se da este tipo de lesiones, por ejemplo, cuando impactan en el suelo o contra un objeto. Si el peatón fue lanzado por el impacto del coche, las lesiones costales predominarán en la zona opuesta al impacto. Otras fracturas que fueron reportadas debido a accidentes (Prajapati *et al.*, 2013), fueron la fractura lineal/fisurada, que es el tipo más común de fractura del cráneo. El impacto fuerte en el lado o la parte superior de la cabeza a menudo conduce a la fractura lineal de la bóveda del cráneo que se ejecuta en la base del cráneo causando la fractura basilar. El factor causal más importante que se encontró durante el estudio de caso fue la contribución del 74% de los accidentes de tráfico en las principales lesiones fatales en la cabeza. En contraste, Haider *et al.* (2009) analizaron la relación independiente entre el MOI (mecanismo de lesión, por sus siglas en inglés), la mortalidad y los resultados funcionales después de un BFT entre los adultos. La ISS (the Injury Severity Score

o la puntuación de gravedad de lesiones) media fue de 19.4 y la tasa de mortalidad 10.84% siendo más altas para los peatones golpeados por vehículos de motor. La lesión por extremidades fue mayor entre los peatones golpeados por vehículos de motor (20%), y la lesión en la cabeza mayor para las víctimas de accidentes de moto (16%). En este estudio, el mecanismo de la lesión es un predictor independiente de la mortalidad y del deterioro funcional en el momento de la hospitalización. Los pacientes con traumatismo cerrado con lesiones de gravedad de manera equivalente tenían resultados significativamente diferentes basados en el mecanismo de su lesión. Específicamente, los peatones golpeados por un vehículo motorizado habían aumentado las probabilidades de muerte o impedimentos para caminar y hablar. La transferencia de fuerza y energía es un factor importante que afecta los resultados de los pacientes después de un trauma contuso. Para los autores, el MOI es un determinante poco apreciado de los resultados de los traumatismos, y el mecanismo de lesión es un predictor independiente de la mortalidad y el deterioro funcional entre los pacientes con traumatismo cerrado en el momento del alta hospitalaria. Continuando con el mecanismo de lesión, McIntosh *et al.* (2007), reportaron que los mecanismos traumáticos que causaron la muerte en el estudio fueron bastante graves. Las tres muertes atribuidas únicamente al trauma contuso tenían evidencia de lesión en la cabeza. Para el caso de Berran *et al.*, (2014) quienes identificaron a través del MDCT axial y sagital, fracturas adicionales del esternón y de las costillas múltiples consistentes con traumas de objeto contundente y traumatismos de tejidos blandos por ejemplo, amputación y avulsión. En este caso, el examen externo y la MDCT postmortem revelaron cambios consistentes con lesiones fatales de fuerza contundente y la ausencia de pruebas contrarias que pudieran apoyar otra causa de muerte.

Semeraro *et al.*, (2012), mostraron que en los accidentes por hélices de una embarcación de motor y del ferry, debido a la mayor cantidad de energía necesaria para operar esta hélice y al mayor tamaño de la cuchilla, la mayoría del esqueleto exhibía lesiones asociadas con BFT. Las características clave en los casos de accidentes por hélices incluyen múltiples abrasiones lineales-paralelas y/o

laceraciones paralelas más profundas que penetran en la piel y capas subcutáneas, patrones de fractura lineal al esqueleto, hueso transectado y fracturas trituradas. Las lesiones causadas por hélices más grandes tienen características similares a otras de alto impacto energético. Aghayev *et al.* (2005), presentaron el caso de un accidente fatal de vapor, en el que los hallazgos de BFT de una persona por el buque fueron documentados por tomografía computarizada post-mortem combinada multi-corte (MSCT) y resonancia magnética (MRI). El examen radiológico reveló una fractura triturada de las vértebras torácicas al mismo nivel que la rotura aórtica. Además de los signos de BFT, se descubrieron los hallazgos de ahogamiento, como una inflación excesiva de los pulmones, líquido en el estómago y el duodeno. Llegaron a la conclusión de que la autopsia virtual utilizando MSCT post-mortem combinado y MRI es una herramienta útil para la documentación, visualización y análisis de los hallazgos de BFT y ahogamiento con un gran potencial en la medicina forense. MSCT mostró fracturas truncadas de las vértebras torácicas 8-10 que se localizaron debajo de las hemorragias cutáneas y subcutáneas en la espalda. También se observaron fracturas de los procesos espinosos de las vértebras torácicas 5, 8 y 11.

El proyecto *Virtopsy*, es un proyecto de investigación multidisciplinario aplicado a implementar modalidades de imagen de la radiología de diagnóstico y la tecnología de topografía en las ciencias forenses. Desde entonces, el enfoque de *Virtopsy* se ha convertido en un procedimiento emergente si no estándar en investigaciones forenses en todo el mundo. El término *Virtopsy* se ha utilizado en una variedad de entornos en todo el mundo. Hoy en día, la tomografía computarizada, la resonancia magnética, el escaneo superficial 3D óptico y la fotogrametría en 3D se usan rutinariamente para detectar y documentar pruebas forenses de una manera mínimamente invasiva e independiente del observador, tanto en los vivos como en los fallecidos. Entonces, con *Virtopsy*¹, se documentó un caso de trauma de fuerza contundente por un barco a vapor. Además, las lesiones contundentes debidas al impacto de la rueda, es decir, las hemorragias subcutáneas del tejido graso y del

¹ (<http://virtopsy.com/about-virtopsy/>). Consultada el 11-05-2017)

músculo de la espalda, la fractura extensa de las vértebras y la rotura completa de la aorta, con el consiguiente hematotórax de ambas cavidades del tórax, fueron detectados. La fractura de la espina truncada a nivel de las vértebras torácicas 8, 9 y 10, probablemente condujo a la paraplejía de los miembros inferiores y, además del sangrado masivo de la aorta rota y la luxación de hombro anterior derecho, lo que daría al hombre poca posibilidad de ser rescatado.

Una gran variedad de lesiones por BFT y corte pueden ser infligidas a los seres humanos por otra especie de animales, algunos de los cuales pueden ser letales. La evaluación de la autopsia puede ser crucial para establecer la causa de la muerte, excluyendo la depredación de animales post mortem, y para ayudar a emparejar lesiones modeladas a animales o especies particulares. Bury *et al.* (2012), sugieren que, sería necesario un estudio complementario que analice los restos óseos de este tipo de accidentes, pues en los casos donde no se posea una autopsia, la determinación del patrón de lesión corre por cuenta del equipo antropológico. Además, ponen especial interés en la magnitud de las lesiones contundentes sufridas en ciertos ataques de animales y que, también pueden conducir inicialmente a sospechas de homicidio o de alguna otra forma de impacto, como un accidente de vehículo.

Un tipo de accidente que ha dejado víctimas mortales, es la caída de televisores en infantes, (Deisch *et al.*, 2011), que representan el 33% de las muertes infantiles. El traumatismo cerrado secundario por televisores que caen es ocasionalmente reportado en la literatura clínica; sin embargo, los informes descriptivos de los patrones de tales lesiones como se demostró en la autopsia son limitados en la literatura de patología forense.

4.2.4.4. Caídas.

Las caídas hacen parte de los contextos en los que se pueden presentar los BFT. Se presentan a continuación los estudios de caso en los que se reportaron fracturas

ocasionadas por caídas como circunstancia de muerte y que conllevaron a la aplicación de los métodos y técnicas para esclarecer las particularidades del caso.

En los países en los que la caza es una actividad frecuente, se presenta un fenómeno, las caídas de árboles representan la principal causa de accidentes relacionados con la caza. Shields *et al.* (2011), analizaron un caso en el que la causa de muerte se atribuyó a las lesiones BFT sufridas en una caída de una altura de 20 pies. Guyomarc'h *et al.* (2010), presentan el caso de una caída con fracturas extensas del cráneo y expulsión del cerebro. El cráneo se fracturó extensamente. En las caídas bajas, de 0 a 20 pies (0-6 m), la lesión en la cabeza, la fractura de la pierna y la fractura de la columna cervical se encuentran comúnmente con lesiones en la cabeza observadas con mayor frecuencia. Las lesiones de cabeza más frecuentes son las fracturas del cráneo, en las que la mayoría de estas se trituran y/o son lineales con fracturas localizadas deprimidas. El cráneo evaluado fue extensamente fracturado. El examen del cráneo mostró una importante fragmentación de los huesos de la bóveda y de toda la cara, con excepción de la mandíbula, con una fractura oblicua de la base del cráneo pasando por la silla turca desde el frontal derecho al temporal izquierdo. Las fracturas de la bóveda estaban irradiando desde el bregma, que parecía ser el punto de impacto principal. Se tiene que, el victimario primero golpeó su cabeza con el martillo, al menos cinco veces, pero probablemente seis veces o más. Cinco de los golpes de martillo causaron pequeñas laceraciones ligeramente curvadas del cuero cabelludo. Se sabe que una vez que se ha mantenido una fractura lineal, relativamente poca energía aplicada posteriormente producirá fracturas adicionales y destrucción completa del cráneo.

Además, la acción de saltar implica mayores lesiones que las caídas, ya que la fuerza de impacto es mayor. La distinción entre una caída y un salto es esencial dado que los saltos generalmente se refieren a suicidios e implican consecuencias jurídicas diferentes de las caídas accidentales o los homicidios. La fractura masiva puede ser explicada por el trauma contuso que precede al salto. Además, la alta velocidad en el salto implica una importante fuerza de impacto.

La importancia de la evaluación de un experto forense es de crucial importancia. Un ejemplo es el caso presentado en Darok *et al.* (2005), donde la única lesión traumática consistió en una fractura deprimida del cráneo localizada en la parte derecha de la frente. La morfología de la fractura del cráneo indica un BFT debido a una caída u otras formas de traumatismo directo en la frente. A raíz de los resultados fue posible evitar cualquier procedimiento judicial pendiente. Este caso también demuestra la importancia de las investigaciones sobre el terreno por parte de un experto en medicina forense, ya que es probable que los no profesionales interpreten mal los resultados discrepantes.

4.2.4.5. Suicidio

Austin *et al.* (2013), explican que el suicidio en el sur de Australia conlleva a menudo colgamiento, envenenamiento por monóxido de carbono y sobredosis de drogas. En suicidios por BFT se encontraron numerosos hematomas de piel y tejidos blandos, con heridas profundas en la cabeza. La muerte, en este caso, se atribuyó a los efectos combinados de la toxicidad de la clozapina y la hemorragia debida al trauma craneal contundente. Aunque las lesiones con fuerza contundente son más típicas de los homicidios (excluyendo las caídas suicidas desde las alturas) raros suicidas pueden utilizar este método, resultando en lesiones múltiples. El patrón ni es típico de asalto al no afectar casi la cara, la boca y las manos. Las conclusiones de múltiples heridas cortantes o contundentes sugieren homicidio. Una evaluación cuidadosa de estos casos es necesaria para evitar una interpretación errónea de las circunstancias y los modos de muerte.

Un BFT autoinfligido es un método de suicidio raro y visto principalmente en pacientes psiquiátricos. Thierauf *et al.* (2012) presentaron un caso de BFT autoinfligido que conduce finalmente a la muerte. Una característica especial de este caso fue el uso de una piedra para cometer el suicidio. Las lesiones por traumatismo cerrado se localizaron en diferentes regiones y en ambos lados de la cabeza y no podían explicarse plausiblemente por una caída u otro evento accidental. De acuerdo con el examen post-mortem, el hombre había sufrido múltiples lesiones en

la cabeza por traumatismo cerrado con fracturas del cráneo, otra indicación de BFT autoinfligido fue el patrón de lesiones. Dentro de las regiones afectadas, las heridas únicas mostraron una configuración paralela y una extensión similar, coherentes con el daño autoinfligido. Además, una incisión en el antebrazo izquierdo se interpretó como un corte superficial de la muñeca. En la sinopsis, todos los resultados fueron consistentes con la suposición de un suicidio complejo. Por las siguientes razones, parece justificada la suposición de autolesión suicida: el número, la localización y el patrón de las lesiones no pueden ser explicados por una caída accidental, la ausencia de lesiones de defensa estaba en línea con un acto suicida, ningún hallazgo indicó una incapacidad física para actuar cuando las lesiones en la cabeza fueron infligidas.

4.2.4.6. Tortura.

La tortura es definida por las Naciones Unidas como " todo acto por el cual se inflija intencionadamente a una persona dolores o sufrimientos graves, ya sean físicos o mentales, con el fin de obtener de ella o de un tercero información o una confesión..." (Naciones Unidas, 1987). Teniendo esto en cuenta, pasemos a analizar los estudios de caso que presentan esta particularidad.

En Moreno *et al.* (2015), realizaron 10 evaluaciones forenses de individuos que alegaban tortura en Kirguistán, país de Asia central, representando el 35% de todas las investigaciones penales sobre tortura durante el período de enero 2011 a julio de 2012. Todos los individuos reportaron haber sido sometidos a amenazas y trauma de objeto contundente por golpes, patadas y golpes con objetos tales como bastones policiales. Otras secuelas físicas inmediatas comunes fueron las laceraciones por traumatismo contuso (4 casos), así como cortes. Las evaluaciones médicas forenses de PHR (Physicians for Human Rights) indicaron un patrón de métodos de tortura y la falta de documentación médica forense por expertos gubernamentales y no gubernamentales calificados. Estas evaluaciones muestran casos que no sólo han servido de base crítica para comprender las prácticas de tortura; también han sido fundamentales en el desarrollo de reformas de la política

correctiva y en las actividades de creación de capacidad para la investigación y documentación efectivas de la tortura y los malos tratos.

Por otro lado, Baraybar (2008), discute el rol de los traumatismos torácicos como un indicador de lesiones no accidentales causadas con el fin de incapacitar más no matar a la víctima de violaciones de los derechos humanos. En el estudio se presentaron las siguientes lesiones: compresión de la porción anterior del tórax con fractura de las costillas 2 a 7. Es posible que fuesen causadas por el impacto escalonado del tórax sobre un objeto angulado (o viceversa) que no logró fracturar completamente la segunda costilla y dejó una impronta lineal (de 1 mm de profundidad) que deprime la tabla externa. Como el trazo de fractura de la región fronto-parietal derecha es el mismo que el observado en la región máxilo-mandibular derecha, se deduce que la fuerza causante de esa fractura fue común a ambos eventos; el tórax es un conjunto anatómico que gracias a la conjunción de costillas, columna y musculatura intercostal posee cierta elasticidad y por lo tanto cierta resistencia a las fuerzas que se le apliquen. Lesiones no accidentales del tórax son causadas principalmente por fuerzas compresivas contra el tórax (aplastamiento) y/o golpes contra áreas específicas del pecho y la espalda (patadas y puños o golpes con objetos varios). Sin embargo, los mecanismos lesivos de las fracturas del esternón son directos e indirectos.

Las fracturas de la caja torácica son causadas por cargas lentas y no es posible asociar actividades específicas a cada una de ellas, más bien se puede hablar de un número de fuerzas que pueden causarlas; estas incluyen, pero no se limitan a la compresión torácica donde el cuerpo de la víctima está inmovilizado en el suelo o una pared y las patadas y golpes con un artefacto contundente de forma indefinida (la culata de un fusil, un palo o un bate de béisbol). Lesiones en la caja torácica y columna vertebral incluyen, mas no se limitan, a la presencia de fracturas costales que combinen al menos dos tipos de fuerza, sea la:

- Compresión torácica antero-posterior.
- Fracturas por impacto directo en la región posterior o lateral del tórax afectando

típicamente a unidades costales aisladas.

- Fracturas completas o incompletas de una o más apófisis transversas lumbares.

Las fracturas costales causadas por carga lenta son buenos indicadores de probables acciones producidas con el fin de incapacitar a un individuo o simplemente causar dolor físico. Si bien estas lesiones no son directamente mortales pueden producir eventualmente la muerte por innumerables complicaciones. Finalmente, hay que recordar que solo una fracción de las lesiones causadas por tortura o malos tratos afectan a los huesos, más aun si el periodo durante el cual ocurrieron fue breve y si el registro se realiza mucho tiempo después.

4.2.4.7. Misceláneos.

Son estudios en los que se busca validar un método o como el caso de Daly *et al.* (2013) el estudio evaluó la propia experiencia con la sensibilidad de la PMCT (tomografía computarizada post mortem) comparada con la de una autopsia convencional para hallazgos mayores en una cohorte de fallecidos tras trauma accidental por BFT, utilizando el AIS para clasificar y cuantificar lesiones esqueléticas y de tejidos blandos detectadas por cada tipo de investigación. El potencial de PMCT con reconstrucciones 3D para agregar información adicional a la autopsia o para reemplazarlo en ciertas situaciones ha despertado el interés de un número creciente de investigadores en la comunidad científica forense. PMCT correlacionó bien sobre todo con la autopsia y cuando las lesiones se segregaron por la clasificación AIS. PMCT fue superior a la autopsia para la evaluación de las lesiones del esqueleto. Sin embargo, PMCT no funcionó tan bien para las lesiones de tejidos blandos. En conclusión, PMCT 3D detectó más lesiones esqueléticas y un número equivalente de lesiones de tejidos blandos a la autopsia. Se compromete a ser una herramienta sensible para la detección y clasificación de las lesiones del esqueleto en accidentes fatales por traumas de objeto contundente.

En los últimos años, por ejemplo, se ha demostrado que la TC es una herramienta útil para detectar fracturas óseas, patrones de fracturas y luxación auditiva del hueso. Brown *et al.*, 2011, evaluaron de manera inicial fragmentos craneales

extraídos durante una cirugía y, revelaron líneas finas de fractura en la superficie endocraneal y una línea arqueada oscura en la superficie ectocraneal. Todo esto con el Micro-CT (mCT) para identificar una fractura de cráneo en un caso forense que involucra traumatismo contuso. En conclusión, ilustran que la tecnología mCT proporciona la oportunidad de examinar fragmentos óseos a muy alta resolución y completamente no destructivos; aquí se demuestra un nuevo potencial como un complemento a la autopsia forense, tanto como una ayuda de diagnóstico y en la presentación de patologías a los no expertos. A través de la comparación, el análisis de mCT produjo una imagen de resolución suficientemente alta para identificar radiológicamente la mayor parte de las fracturas finas y para mostrar su profundidad y orientación. Las fracturas tenían aproximadamente 90-300 μ m de ancho y, por tanto, eran claramente visibles en una exploración de 30 μ m de resolución. Este diagnóstico radiológico de las fracturas endocraneales apoya lo sugerido por la inspección macroscópica y microscópica de los fragmentos craneales. Sin embargo, el análisis de mCT no fue de resolución suficientemente alta para permitir la identificación de la fractura arqueada extremadamente fina en la tabla externa de uno de los fragmentos. Era precisa una exploración de mCT de resolución de $> 30 \mu$ m para obtener imágenes de estas fracturas muy finas.

Las líneas de fractura identificadas durante la autopsia fueron claramente visibles en la superficie endocraneal (interna) de los fragmentos. Un sistema de fracturas lineales estaba presente en el fragmento 1, una fractura extendida posteriormente en el fragmento 2, y otra extendida inferiormente para dividir los fragmentos 3 y 4. La mayoría de las fracturas visibles aquí no eran evidentes en la mesa externa (superficie ectocraneal), excepto por una línea de fractura que pasaba por todo el espesor del cráneo. Este es el inicio u origen de la fractura de espesor total que también divide los fragmentos 3 y 4.

En Pechníková *et al.* (2015) realizaron una descripción completa de las características específicas de las lesiones óseas causadas por diversos tipos de fuerzas, que sería muy útil en la reconstrucción del tipo de trauma, pero aún no se

ha realizado un análisis detallado de las presentaciones macroscópicas y microscópicas de las fracturas. El examen de la propagación de la línea de fractura y su relación con los osteones dieron resultados similares tanto en especímenes frescos como secos, por lo que se rechazó la propagación diferente. Distinguieron dos patrones diferentes durante la observación del tejido óseo animal expuesto, compuesto en parte de tejido óseo osteonal y parcialmente del tejido plexiforme. El tipo de fractura prevalente fue triturado, lo que ocurrió en todas las muestras con frecuencia similar; las fracturas completas se encontraron sólo en algunas de las muestras comprimidas, mientras que las fracturas fisuradas se observaron sólo en algunas de las explosiones. Hubo una gran variabilidad en el trauma de alta velocidad, pero en los mecanismos de baja velocidad, se encontró una gran uniformidad.

Parece que, en base a la morfología macroscópica de la fractura, en este caso no existe la posibilidad de distinguir las fracturas producidas por la explosión (mecanismo de alta velocidad) de las producidas por el traumatismo cerrado (mecanismo de baja velocidad). La observación macroscópica de la morfología de la fractura no aporta información suficiente para un diagnóstico diferencial entre diferentes tipos de traumatismo óseo, predominantemente por la extrema variabilidad del patrón de fractura, especialmente en muestras explotadas. El análisis microscópico indicó que las líneas de fractura se propagan a través de los osteones, a una velocidad diferencialmente alta en comparación con los mecanismos de bajo impulso. Las observaciones microscópicas de fracturas a nivel microestructural básico pueden aportar información importante sobre el tipo de trauma, especialmente sobre su velocidad.

Contrario a todos los estudios de caso presentados anteriormente, los restos humanos (momias y esqueletos) de culturas anteriores representan una enorme oportunidad, la reconstrucción de condiciones de vida y enfermedad en poblaciones pasadas, incluyendo pruebas de enfermedades infecciosas y traumatismos violentos. El artículo de Panzer *et al.* (2014), no se encuentra en contextos

arqueológicos porque los análisis fueron realizados a una momia que se encontraba en un museo, es decir, no tenía el contexto de enterramiento o de excavación. La momia presenta un tipo de destrucción que indica fuerza aplastante masiva aplicada al centro de la cara. A pesar de una lesión cutánea externa mínima de la frente, la cara completa y huesos centrales del cráneo fueron destruidos. La destrucción post mortem del cráneo por alta presión después del entierro, u por otra influencia mecánica habría producido fracturas longitudinales o transversales de la base del cráneo, pero no el tipo de lesión visto aquí. Con respecto a la biomecánica de la lesión severa de la mitad de la cara, suponemos que varios golpes masivos con una fuerza contundente deben haber impactado la cara del individuo desde la posición frontal. El traumatismo craneal masivo indica una fuerza central masiva perimortem.

Para Moraitis *et al.* (2006) el ángulo de fractura, el borde de fractura y las áreas de revestimiento óseo adyacente al sitio de la fractura puede contribuir al diagnóstico del trauma perimortem. Cualquier signo de complicación de la fractura macroscópicamente visible indica la naturaleza antemortem. El patrón de fracturas está influenciado por los cambios de la composición ósea porque el hueso responde de forma diferente a la carga, dependiendo de si son frescos o secos. Por lo tanto, los huesos se fracturaron post mortem mientras estuvieran frescos o casi frescos podrían parecer "perimortem", hecho que puede limitar el valor diagnóstico del patrón de fractura. En tales casos, etiquetar una fractura como perimortem debe hacerse con precaución, especialmente cuando los huesos son evaluados. En los casos en que las lesiones óseas múltiples se detectan en el esqueleto su patrón y su distribución puede aclarar las causas probables del trauma.

Siguiendo esta línea, Wieberg *et al.* (2008) examinaron las diferencias entre las características macroscópicas de fracturas BFT (ángulo de fractura, morfología superficial y contorno) para determinar si variaban con el tiempo o en relación con el contenido de humedad ósea y la evaluación general. El ángulo de la fractura es otra característica que se utiliza a menudo cuando se examina BFT. La categoría de ángulos se establece determinando el ángulo entre la superficie de fractura y el

hueso cortical. Los ángulos de fractura se caracterizan por ser rectos, obtusos o agudos. Los ángulos obtusos y agudos se asocian con fracturas óseas frescas. Los ángulos rectos se asocian con mayor frecuencia a fracturas de huesos secos, aunque los ángulos rectos también se observan con frecuencia en fracturas óseas frescas. La apariencia superficial de la fractura y el ángulo de fractura se correlacionan significativamente con el contenido de humedad del hueso. La velocidad a la que el hueso se seca y cómo afecta las características de la fractura es probablemente dependiente de las condiciones ambientales locales. Sin embargo, los resultados de este estudio sugieren que el hueso no deja de reaccionar como tejido vivo en el momento de la muerte. Como material, el hueso retiene la humedad y los compuestos orgánicos que le permiten mantener muchas de las propiedades (por ejemplo, ductilidad, flexibilidad y elasticidad) que poseía durante la vida del organismo y que afecta la forma en que el hueso reacciona al BFT. Los resultados indican que los huesos no manifiestan de forma consistente las características "post mortem" hasta 141 días post mortem.

Carson *et al.* (2008) a través de la clasificación de las lesiones craneales y las fracturas craneales en la causa y forma de muerte, buscaron las similitudes o diferencias que pudieran ayudar a determinar el papel de las lesiones en la causa y forma de muerte. Anticiparon que estos hallazgos son útiles para discernir el grado de contribución de la lesión de la cabeza o fractura del cráneo en futuros casos. El estudio produjo varios hallazgos significativos para la medicina clínica y los estudios forenses del cadáver con lesiones en la cabeza. El MVA (motor vehicle accidents o accidentes de vehículos) es una fuente común de traumatismo craneal, en el que las fracturas de cráneo ocurrieron en el 50% de los casos; sin embargo, una lesión cerebral de algún tipo ocurrió en el 90% de los casos con o sin fractura de cráneo, por lo que un alto nivel de sospecha debe ser puesto en la búsqueda de fracturas del cráneo o lesión cerebral, en cualquier caso, de traumatismo craneal.

En el estudio realizado por Calce *et al.* 2007 (ver página 108 para mayor ilustración) encontraron que los efectos tafonómicos variaron entre el hueso esponjoso,

compacto, fresco y desgrasado. La congelación y descongelación, la exposición a la lluvia y la nieve, el movimiento de los cráneos y la erosión del suelo alterado y, en algunos casos, disfrazando el trauma preexistente. La actividad de roedores y carnívoros no borró la evidencia de BFT. Como cada proceso tafonómico delineado en este estudio tiene el potencial de disfrazar la lesión antemortem, los autores proponen que se deben examinar cuidadosamente grandes aberturas circulares en el cráneo que pueden representar la evidencia remanente de BFT. Los efectos tafonómicos se correlacionaron con las observaciones ambientales y los cambios en la estructura ósea, En el ambiente helado, la tasa de descomposición se desaceleró a casi cero y los tipos de cambios tafonómicos se alteraron sustancialmente; el movimiento del cráneo por animales es un factor significativo en la alteración post-mortem de BFT, de modo que los cráneos expuestos al trauma, específicamente BFT, están más expuestos a la destrucción tanto de roedores como de carnívoros. La cantidad de daño que los roedores y carnívoros pueden producir depende en última instancia de la morfología del diente, la mecánica de la mandíbula y la fuerza relativa al hueso, la temperatura, los niveles de humedad y otras condiciones ambientales alteran la velocidad a la que se produce la descomposición y afectan la naturaleza de los cambios post mortem. La esqueletización de cuatro especímenes carnosos ocurrió en menos de 6 meses. Este estudio demuestra la importancia de examinar tasas diferenciales de intemperismo basadas en el contexto microambiental, particularmente con respecto a la estimación del tiempo transcurrido desde la muerte. Hay que examinar cuidadosamente grandes aberturas circulares en el cráneo que pueden representar la evidencia permanente de BFT. La naturaleza circular del daño indica que el trauma ocurrió perimortem, más bien que postmortem, pues el daño postmortem tiende para producir fracturas rectangulares. Los efectos de las siete variables tafonómicas examinadas en este estudio disminuyen la probabilidad de identificar el número de lesiones, la dirección/fuerza de los golpes, el patrón/momento y la localización de las lesiones. Por tanto, los indicadores típicos de BFT como radiación, fractura concéntrica o bisagra pueden disfrazarse por los efectos del estrés ambiental.

4.3. ESTUDIOS DE CASO EN CONTEXTOS MÉDICOS REALIZADOS CON MUESTRAS QUE PRESENTAN EVIDENCIA DE BFT.

En este apartado se presentan 15 artículos que fueron clasificados como contextos médicos debido a las muestras y que si bien aportan al estudio del BFT, en general, su mayor aporte es a la clínica. Se presentarán diferentes teóricas y metodologías abordadas por los autores, así como la reseña de los contextos y las condiciones en que los investigadores recopilaron la evidencia física. La forma en que se interpretan estas lesiones también será retomada para esbozar un panorama del rol del BFT en los diferentes contextos médicos que se presenta.

4.3.1. Perspectiva teórica del BFT en los contextos médicos.

Para los estudios de caso en contextos médicos tenemos que una de las mayores dificultades radica en el desconocimiento de los diferentes tipos de fractura, como el caso de la fractura elevada del cráneo que, aunque rara vez reconocida en la práctica clínica moderna, se define como la fractura en la cual el fragmento interrumpido se eleva por encima del nivel del cráneo intacto (Sharma, 2012). La fractura elevada del cráneo resulta cuando una penetración casi tangencial del cráneo es hecha por un objeto o arma pesada de alto filo; y un componente externo es impartido por la tracción lateral del arma por la rotación de la cabeza después del impacto. En vista de su rareza, Sharma (2012) realizó la investigación con el objetivo de familiarizar a los neurocirujanos con esta lesión rara, su manejo y pronóstico. En el caso de Frodel (2008) cuando se presentan escenarios de fractura más complejos con una participación evidente de la base del cráneo, la consulta neuroquirúrgica es una necesidad y debe darse la discusión en cuanto al alcance del enfoque. Las fracturas de la base anterior del cráneo presentan una situación única y desafiante en el trauma craneomaxilofacial. El manejo de estas fracturas es común y existen técnicas de manejo aceptadas para las fracturas de los senos frontales, pero en ocasiones estas fracturas pueden estar relativamente aisladas. Contrariamente, se tiene que las fracturas del esternón ocurren con poca frecuencia por BFT (Oyetunji *et al.*, 2013:1).

Las lesiones cerebrales y de cabeza suelen asociarse con trauma facial, particularmente de la parte superior de la cara, y es importante tener en cuenta esto porque el tratamiento de las lesiones anteriores puede tener prioridad sobre las lesiones faciales. Así lo muestra Varnamkhasti (2011:1) quien además expresa que las CCF (Fístulas carotico-cavernosas) traumáticas son relativamente infrecuentes y típicamente ocurren después de una lesión cerrada en la cabeza o por fractura de la base del cráneo. Dos fracturas importantes del cráneo son las fracturas de la calvaria y las fracturas de la base del cráneo que incluyen lesiones lineales, así como las fracturas deprimidas que pueden estar abiertas o cerradas. Las fracturas lineales son las más frecuentes, pero se asocian menos con lesiones intracraneales. Las fracturas de cráneo deprimidas son el resultado de un trauma directo y fuerte que ocurre más comúnmente en los huesos frontoparietales, ya que son las partes más delgadas de la bóveda del cráneo. Por su parte, las fracturas del seno frontal ocurren en hasta un 15% de los casos de traumatismo craneofacial y pueden o no involucrar la masa interna y/o externa del cráneo o ambas (Metzinger *et al.*, 2005, citado en Varnamkhasti, 2011:10). Continuando con las lesiones en el cráneo, tenemos que las fracturas faciales y las lesiones craneales concomitantes tienen el potencial significativo de mortalidad y morbilidad neurológica principalmente en adultos jóvenes (Rajendra, 2009).

En un estudio diferente, Evans (2011) propone la importancia de tener en cuenta que la comprensión por obesidad en pacientes con trauma es incompleta. En el estudio se planteó la hipótesis de que entre los pacientes con traumatismo más antiguo, los pacientes obesos difieren de los pacientes no obesos en los patrones de lesiones, complicaciones y mortalidad. Se ha demostrado que tienen mayores tasas de mortalidad después de accidentes de vehículos de motor. Las características corporales obesas pueden estar asociadas con ciertas lesiones específicas. Por ejemplo, los pacientes obesos tienen una mayor incidencia de lesiones graves en la cabeza, pero una menor tasa de fracturas pélvicas. Finalmente, cabe aclarar que la obesidad también puede afectar los resultados al

limitar la capacidad de diagnosticar y tratar las lesiones.

Una preocupación constante son las muertes por traumatismo en la primera hora después de ocurrido el incidente; estas muertes se consideradas insalvables y presentan cifras que requieren de un análisis profundo para mejorar la expectativa de vida. En una investigación, por ejemplo, se encontró que el 50% a 76% de los pacientes heridos murieron dentro del primer período de tiempo, es decir de una a cuatro horas (MacLeod, 2007). Una proporción significativa del total de muertes por trauma ocurren en el lugar. Los pacientes que se encuentran sin signos vitales en el lugar, especialmente en casos de traumatismo cerrado, es poco probable que tengan un cambio en el resultado.

Otro caso, es el de Black *et al.* (2002) quienes manifiestan que además de la observación clínica, los pacientes con lesiones penetrantes experimentan tasas más altas de complicaciones médicas. Existe un interés en estudiar la tasa y el tipo de complicaciones médicas de aquellos con TBI (Traumatic Brain Injury) relacionados con la violencia, en general, debido a las implicaciones sociales y económicas de tales lesiones para el proceso de rehabilitación y la sociedad. Si bien fiel a las observaciones clínicas, podría haber diferencias en los tipos y las tasas de complicaciones médicas dependiendo de si las lesiones de los pacientes fueron penetrantes o contundentes, los autores manifiestan que trataron de confirmar esta impresión a través de la revisión de la literatura. Sin embargo, no se encontraron estudios que distingan entre estos dos grupos sobre la base de los tipos de complicaciones médicas sufridas.

En los contextos médicos, los pacientes con lesiones traumáticas que implican la anatomía craneofacial a menudo requieren un tratamiento multidisciplinar, y dar prioridad a sus múltiples problemas es fundamental para ofrecer una atención eficiente y eficaz. Los radiólogos que están familiarizados con algunas de las preocupaciones principales de los cirujanos que manejan esta región anatómicamente diversa, pueden ayudar a agilizar el proceso de toma de decisiones

manteniendo algunas de estas preocupaciones en mente cuando reportan sus hallazgos (Schmitt *et al.*, 2014). La lesión ósea del esqueleto craneofacial puede ser manejada por observación, reducción cerrada, o reducción abierta y fijación interna. La reducción abierta óptima y la fijación interna del esqueleto craneofacial implican la colocación de fracturas a través de líneas de osteosíntesis ideal. Las técnicas semirígidas han demostrado ser más efectivas en el esqueleto craneofacial comparadas con el resto del esqueleto óseo. Estas técnicas se basan en el uso de placas pequeñas y tornillos que permiten el movimiento a través de las líneas de fractura, dando lugar a la curación secundaria del hueso. La evaluación precisa de las lesiones craneofaciales óseas guía el tipo, el momento y el método de intervención.

Las fracturas óseas nasales representan aproximadamente el 50% de todas las fracturas faciales, siendo la mayoría, el tercio distal de la nariz. Una vez que una fuerza dirigida hacia delante es suficiente para fracturar los huesos nasales, las células aéreas etmoidales posteriores ofrecen poca resistencia y se fracturan fácilmente con impactación y telescopización², resultante. Por tanto, las fracturas por NOE (naso-orbitales-etmoides) se asocian con traumatismos de alto impacto (Mehta, 2012:4).

Una vez más los accidentes automovilísticos y las caídas se relacionan con uno de los contextos, pues los médicos buscan establecer formas para comprender de una manera sencilla y eficiente la toma de decisiones respecto a la posibilidad de una intervención quirúrgica. De acuerdo con Looby (2011) se calcula que el número de personas en los Estados Unidos que estaban vivas en 2008 con una lesión en la médula espinal fue de aproximadamente 259.000 personas (rango de 229.000 a 306.000). Los accidentes automovilísticos representan el 42,1% de los casos de lesión medular reportados. La causa siguiente más común es la caída (26,7%),

² Por *telescoping* se entiende la "compresión" o superposición de características clínicas o patológicas de la lesión que normalmente se subdivide en etapas cronológicas de progresión.

seguida de actos de violencia (15,1%) y deportivas (7,6%). Las fracturas espinales representan del 3% al 6% de todas las lesiones esqueléticas.

Otro tipo de fracturas que se buscan comprender son las fracturas del eje humeral. Son comunes en traumas de baja y alta energía y, representan del 3% al 5% de todas las fracturas. La distribución es bimodal para el caso de las lesiones de alta energía que ocurren en varones jóvenes y en los mecanismos de baja energía que tienen lugar en mujeres ancianas (Steffner, 2013:1). El Colegio Americano de Cirujanos del National Trauma Databank del año 2011 informó 722.824 incidentes de trauma durante el año 2010. Las caídas contribuyeron al principal mecanismo de lesión (38,4%), seguido de las colisiones de automóviles (28,9%).

Finalmente, se resalta que en el contexto del trauma, el acceso rápido a la imagen es importante para hacer diagnósticos y para guiar las decisiones de manejo para el equipo de trauma (Sung, 2012:1). En los espacios laborales, también es importante tener conocimiento del BFT, ya que se presentan accidentes, que desembocan en lo que se conoce como politraumatizado laboral (PTL), definido “como todo paciente que durante el desempeño de sus tareas laborales presenta lesiones de origen traumático que comprometen al menos dos topografías y/o afectación de algún sistema fisiológico con riesgo vital inmediato” (Valsangiácomo, 2013:2).

4.3.2. Enfoques metodológicos de los estudios de BFT aplicados a los contextos médicos.

Dentro de los diferentes artículos se encontró que, una de las preocupaciones era la comprensión de las características particulares que pueden facilitar la identificación de los tipos de traumas y fracturas. Un ejemplo es el estudio de Sharma (2012) que tomó como objeto de estudio las fracturas elevadas en el cráneo y en vista de la rareza, este trabajo fue escrito con el objetivo de hacer que todos los neurocirujanos se familiarizarán con esta rara lesión, su manejo y pronóstico. Cinco pacientes fueron operados de fracturas elevadas de cráneo en un período de 5 años. Se estudiaron el modo y el mecanismo de la lesión, la extensión de la lesión,

la presentación clínica, el curso de la enfermedad y el resultado con el tratamiento.

Por su lado, Oyetunji *et al.* (2013), realizaron una revisión del Banco Nacional de Datos de Trauma para las lesiones traumáticas asociadas a las fracturas del esternón. La descripción de cada una de las fracturas involucradas en la zona del cráneo fue el método elegido por Varnamkhasti (2011), para hacer el análisis de la patología radiológica que implica al cerebro y por consecuencia, el cráneo. De otro lado, analizar las características de las lesiones de la cabeza y lesiones faciales asociadas, así como las opciones de manejo y los resultados después del traumatismo craneofacial fue el objetivo de Rajendra (2009) quien realizó todo esto a través de una revisión retrospectiva. Siguiendo la línea de las revisiones, MacLeod (2007) revisó todas las muertes ocurridas en la primera hora después de la admisión al hospital. Se evaluaron registros de trauma, expedientes médicos y autopsias para 556 pacientes. Para el caso de Black *et al.* (2002) los datos fueron recopilados de forma prospectiva en cuatro centros médicos que participan en el proyecto de Sistemas de Modelos de TBI (TBIMS) of Care. Un total de 317 individuos cumplieron con los criterios de inclusión para el TBIMS (es decir, mostraron evidencia de un TBI, tenían 16 años o más, se presentaron al departamento de emergencia de TBIMS dentro de las 24 horas de la lesión y recibieron servicios de rehabilitación dentro del sistema modelo).

Teniendo en cuenta que este es un contexto médico, las ayudas diagnósticas son un gran aporte, Schmitt *et al.* (2014): establecieron un protocolo de atención al paciente con trauma craneofacial que consiste en: 1) revisar las modalidades de imagen primarias utilizadas para evaluar el trauma craneofacial; 2) revisar los mecanismos detrás de las diversas lesiones observadas en pacientes con traumatismo craneofacial; 3) discutir las lesiones craneofaciales que requieren tratamiento quirúrgico; 4) discutir los elementos de los estudios de imágenes craneofaciales que son fundamentales para el cirujano en la planificación quirúrgica y la toma de decisiones. Continuando en la línea de las imágenes como herramienta de apoyo en los traumas, Mehta (2012) plantea que en los estudios de imagen en

el contexto del trauma resulta importante definir el número y la localización de las fracturas faciales, con especial atención hacia la identificación de lesiones en partes funcionales de la cara y aquellas con consecuencias cosméticas. En Sung (2012) se aclaran algunas particularidades de las fracturas, pero a su vez, expone las necesidades de las ayudas diagnósticas, en especial cuando hay sospecha de lesión vascular, el CTA³ debe ser considerado como la modalidad inicial de imagen para el diagnóstico y la conducción de guía.

Finalmente, tenemos los análisis estadísticos de Evans, 2011, cuyo objetivo principal fue examinar el impacto del índice de masa corporal (IMC) sobre los resultados del trauma, las complicaciones y la distribución de lesiones en pacientes mayores (mayores de 45 años). Específicamente, la hipótesis de que dentro de este grupo de población, los pacientes obesos difieren de los pacientes no obesos en el patrón de lesión, complicaciones y mortalidad, se tomaron en cuenta, los pacientes mayores de 45 años de edad de un centro de trauma y, fueron incluidos en el análisis de la base de datos retrospectiva (n = 461). Los grupos de índice de masa corporal (IMC) se diferenciaron como peso inferior a 18,5 kg/m², se analizaron resultados normales de 18,5 a 24,9 kg/m² mediante análisis univariante, regresión logística multivariada y análisis de supervivencia de Kaplan-Meier (Evans, 2011:1). Un IMC más alto se asoció con una mayor incidencia de lesiones en el torso y lesiones en la extremidad superior proximal en trauma contuso (n = 410). Todas las otras lesiones y complicaciones (excepto la anemia) fueron similares entre los grupos de IMC. El grupo con insuficiencia ponderal (IMC menor de 18,5 kg/m²) tenía una supervivencia a los 90 días significativamente inferior a la de otros grupos (p <0,05). El IMC no es un predictor de morbilidad o mortalidad en el análisis multivariante. Entre los pacientes ancianos con traumatismo cerrado, el aumento del IMC se asocia con mayores tasas de traumatismos en el torso y extremidades superiores proximales. Este estudio sugiere que la obesidad no es un factor de

³ La angiografía cerebral puede ser indicada si se sospecha una lesión vascular y si el paciente se encuentra estable, aunque se puede utilizar angiografía por CT (CTA) o angiografía por resonancia magnética (MRA) para obtener información similar. CTA se puede utilizar para la evaluación de ambos vasos intracraneales y extracraneales. El Colegio Americano de Radiología (ACR, por sus siglas en inglés) ha emitido criterios de apropiación para imágenes en casos de lesión en la cabeza.

riesgo independiente para las complicaciones o la mortalidad después del trauma de los pacientes mayores. Por el contrario, los pacientes con traumatismos con bajo peso tenían una supervivencia inferior a los 90 días. Entre los 410 pacientes que sufrieron un traumatismo contuso, un mayor IMC se asoció con una mayor incidencia de lesión en el torso y una mayor incidencia de lesiones en el brazo proximal ($P < 0,05$). Cabe destacar que un tercio de los pacientes con bajo peso presentaron una lesión en la pierna proximal, pero esto no alcanzó una significación estadística. El impacto de la obesidad en el trauma no ha sido dilucidado definitivamente. No se encontró ningún impacto de la obesidad sobre la mortalidad en la población analizada. En los pacientes con traumas más antiguos, la presencia de obesidad se asocia con una mayor incidencia de lesión en el torso y lesión proximal del brazo. Por lo tanto, una mayor vigilancia en la detección de lesiones intra-abdominal es importante. Sin embargo, el hallazgo de menor supervivencia a los 90 días entre los pacientes de edad avanzada con IMC inferior a $18,5 \text{ kg/m}^2$ sugiere que esta población justifica una mayor precaución en su tratamiento (Evans, 2011:5).

4.3.3. Circunstancias de BFT asociadas a contextos médicos.

En los estudios de caso se presentan diferentes contextos y lesiones relacionadas con los BFT. En Sharma (2012) los cinco pacientes presentaban lesión en el cuero cabelludo sobre el fragmento de fractura elevada. Esta fractura, aunque rara, debe incluirse en la clasificación de fracturas craneales según se ha sugerido. El reconocimiento precoz y el manejo apropiado de este subgrupo de fractura craneal prevendrán la morbilidad y mortalidad innecesarias. Por otro lado, Frodel (2008), expone que las fracturas de los senos frontales han sido consideradas controversiales y, hasta el día de hoy, no existen directrices absolutas para la gestión. Sin embargo, generalmente se acepta que las complicaciones tienen más probabilidades de ocurrir cuando hay bloqueo de flujo activo desde el seno frontal o cuando hay comunicación entre la fosa craneal anterior y las cavidades nasales. La discusión de los autores se enfoca en este último problema cuando las fracturas involucran la base anterior del cráneo además de las fracturas del seno frontal y

craneal. Concluyen que las fracturas de la base anterior del cráneo implican una amplia gama de desafíos que se pueden observar con frecuencia, pero igualmente deben abordarse quirúrgicamente.

Para la revisión que realizó Oyetunji *et al.* (2013), se tiene que, con un total de 23.985 registros, el choque de vehículos motorizados fue el principal mecanismo de lesión (68,4%), seguido de caídas (7,9%), lesiones de motocicleta (7,9%), peatones (3,4%) y lesiones ciclistas (1,4%). La mayoría (57,8%) y aproximadamente un tercio (33,7%) de los pacientes presentó fracturas de costilla y contusiones pulmonares, respectivamente, un 22% con neumotórax cerrado, 21,6% con fractura cerrada de vértebra torácica y 16,9% con fracturas de columna lumbar, 3,9% con concusión y lesiones cardíacas por BFT en 3,6%. Las fracturas del esternón generalmente se asocian con un trauma contuso severo. Las lesiones en el pecho son comúnmente vistas en traumatismo cerrado y la colisión de vehículos de motor es el mecanismo más común que explica estas lesiones. La fractura del esternón implica la ruptura de la corteza del esternón como resultado del impacto directo en la pared anterior del tórax o un proceso patológico. Se ha informado que los accidentes de tránsito representan entre 66 y 83 % de las fracturas del esternón con caídas y agresiones. La mayoría de las fracturas esternales traumáticas ocurren en el contexto del politraumatismo con fracturas aisladas del esternón, siendo la excepción más que la norma. Por tanto, examinar las fracturas del esternón y sus lesiones asociadas, demuestra se asocian comúnmente con BFT. Las fracturas del esternón son raras después del traumatismo y por lo general una consecuencia del mecanismo severo de BFT. Las fracturas de costilla pueden ser una causa importante de morbilidad entre los pacientes traumatizados como resultado de un bajo control de dolor y su impacto en las vías respiratorias y el intercambio de gases.

Las fracturas de la parte anterior de la base del cráneo usualmente ocurren en el contexto de trauma severo, ya que, en formas más leves del trauma, la fuerza es usualmente absorbida por los huesos faciales más delgados (Varnamkhasti, 2011). En consecuencia, las fracturas transversales representan hasta el 30% de estas

fracturas, y el impacto suele ocurrir en los huesos occipital o frontal. Las fracturas longitudinales se complican por fracturas oculares o dislocaciones que conducen a pérdida auditiva conductiva, daño a la membrana timpánica, otorrea otorrinolaringológica, hematotimpano y daño al nervio facial (las implicaciones de una fractura). La fractura orbital más común es la fractura aislada del suelo orbital. Continuando con las descripciones de Varnamkhasti (2011), la segunda categoría de fractura orbital es la fractura orbital de la llanta, que generalmente resulta del impacto directo por un objeto contundente que viaja a alta velocidad. Estas fracturas son comunes y son consecuencias de caídas, agresiones y otras formas de traumatismo cerrado. Se clasifican en las fracturas centrales de la parte media y lateral de la parte media. Las fracturas aisladas son lineales y transversales, generalmente de la fuerza frontal directa y ocurren en el tercio inferior del hueso nasal. Cuando es múltiple, el patrón más común es una combinación del ángulo y la región parasinfisaria. Los procesos ramus y coronoides son menos comúnmente fracturados.

Los varones adultos son las víctimas más comunes en el trauma craneofacial, y los accidentes de tráfico fueron responsables de la mayoría. En realidad, transmitir fuerzas directamente al neurocráneo, es lo que resulta en lesiones cerebrales más graves, así lo estimó Rajendra (2009) en su estudio. Además, expone que los accidentes de tráfico fueron la causa más frecuente de traumatismo craneofacial en el estudio (54%), seguido de caída de altura (30%), agresión (9%), lesiones ocupacionales (5%) y lesiones relacionadas con el deporte (1%) fueron las causas menos frecuentes del trauma craneofacial. En los pacientes con fracturas faciales, la asociación de pérdida de conciencia fue más frecuente con la fractura de la mandíbula (14,7%) seguida de fracturas cigomática (8,2%) y maxilar (4,9%). Las fracturas mandibulares aisladas son fracturas óseas faciales más frecuentes (entre el 12,9% y el 72,9%), seguidas de la parte media (25,9% a 29,5%), y entre los motociclistas, el maxilar, la órbita y los huesos nasales fueron los huesos más frecuentemente fracturados. Todos los pacientes que sufren lesiones crónicas moderadas o graves también tienen lesiones intracraneales asociadas que reflejan

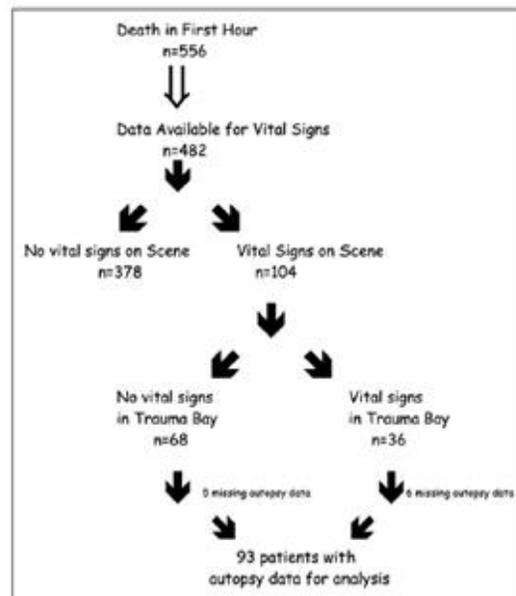
la gravedad y complejidad del trauma craneofacial. Las indicaciones para la intervención quirúrgica incluyen fracturas compuestas del cráneo deprimidas, hematomas intracraneales traumáticos, contusión y sutura de las laceraciones del cuero cabelludo. La gestión de las fracturas en la cara sigue siendo un desafío para los cirujanos orales y maxilofaciales, exigiendo tanto habilidades como un alto nivel de experiencia. En resumen, los varones adultos jóvenes fueron las víctimas más comunes de accidentes de tráfico y por lo general sufren heridas leves en la cabeza (Rajendra, 2009:4).

Las lesiones cerebrales traumáticas (TBI) resultan por BFT en la cabeza y/o restringen la vía aérea al cerebro y causan déficits subsecuentes de la salud mental, tal como concluye McFadgion (2013). El estudio afirma que, las lesiones por BFT, ya sean lesiones en la cabeza o faciales, pueden causar daño a partes específicas del cerebro o daños difusos y generalizados (Oficina del Estado de Nueva York para la Prevención de Violencia Doméstica, 2010 citado en McFadgion, 2013: 25). Típicamente representativo de las lesiones causadas por accidentes deportivos o de motor, las TBI representan un grupo de lesiones que se asocian con fuerza directa, contundente o penetrante que impacta la cabeza, con fracturas del cráneo, estrangulaciones no letales y agitación severa. Los mecanismos de TBI incluyen la frecuencia, la gravedad y la localización del golpe al cerebro y en la mayoría de los casos, para las mujeres maltratadas, la severidad o fuerza del impacto y la ubicación del impacto puede variar. El síndrome postcombustión no evalúa para aquellas lesiones anóxicas al cerebro (hipoxia cerebral) que pueden ocurrir por estrangulaciones y el diagnóstico considera principalmente el contexto del trauma contuso.

El estudio de MacLeod (2007) se centró en las muertes por traumatismo en la primera hora, y la pregunta orientadora era si todas las lesiones eran insalvables (ver la imagen 18). Allí, las lesiones contundentes representaron el 51% (285 de 556) de las lesiones, de las cuales la mayoría fueron choques de automóviles (134 de 285 pacientes, 47%) y peatones (74 de 285 Pacientes; 26%). Según el informe

de la autopsia, el mecanismo de muerte fue una lesión de fuerza contundente en el 53% (258 de 491) de los pacientes. La mediana del tiempo de llegada fue de 39 minutos y la mediana de la gravedad de la lesión fue de 29. Las lesiones contundentes (53%) fueron más comúnmente lesiones por accidente de auto (134 de 285 pacientes, 47%). Los pacientes con todas las causas de muerte, tenían más probabilidades de morir dentro de los primeros 15 minutos, con frecuencia decreciente para cada período de tiempo subsiguiente. La muerte temprana es causada por un amplio espectro de lesiones, siendo la lesión de cabeza la principal causa de muerte temprana en pacientes con y sin signos vitales en la escena. Las víctimas de traumatismo sin signos vitales en la escena o a la llegada son ahora ampliamente aceptadas como insalvables. El principal factor de riesgo para la ausencia de signos vitales en la cohorte -incluso al controlar el tipo de trauma, edad, modo de rescate y factores de tiempo- fue la gravedad de la lesión (MacLeod, 2007).

Ilustración 18 Algoritmo para el reportar autopsias y tiempos de llegada



Algoritmo para el reporte de 556 autopsias y tiempos de llegada del tamaño de la muestra para el análisis final. Tomada de MacLeod, 2007:2

Siguiendo la línea expositiva de las complicaciones en la atención a pacientes, Black *et al.* (2002:3) plantearon la hipótesis de que una incidencia significativamente mayor de complicaciones médicas ocurre en los pacientes que sobrevivieron a la

lesión penetrante en comparación con aquellos con lesión contundente (ver ilustración 19).

Ilustración 19 Severidad y alargamiento de la amnesia postraumática

			N (%)	T score or χ^2	Mean (standard deviation)
Severity groups	Blunt	Mild	73 (32%)	$\chi^2 = 7.76$ (NS)	
		Moderate	64 (27%)		
		Severe	95 (41%)		
	Penetrating	Mild	16 (22%)		
		Moderate	14 (19%)		
		Severe	44 (59%)		
Length of posttraumatic amnesia (days)	Blunt		162 (76%)	$t = -1.59$ (NS)	27.54 (30.08)
	Penetrating		51 (24%)		

Severidad y alargamiento de la amnesia postraumática según las características de las lesiones. Tomada de (Black *et al.*, 2002:5).

Cuando se trata de personas gravemente lesionadas, se presentan diferencias entre los grupos de lesión BFT en contraste con las lesiones penetrantes. Sin embargo, las diferencias significativas demostradas para la neumonía y el tono muscular en los grupos BFT versus los grupos con lesiones penetrantes, en general, no eran más evidentes, lo que indicó que para las personas gravemente heridas no hay diferencia en prevalencia de estos factores médicos (Black *et al.*, 2002). Los autores de este estudio, manifiestan que todas estas diferencias fueron mayores en el grupo de lesión penetrante que en el grupo de lesión contundente; sin embargo, todas las estimaciones del tamaño del efecto se interpretaron como diferencias relativamente pequeñas. Algunos de ellos eran bastante benignos (es decir, el 20% de los pacientes BFT y el 25% de los penetrantes desarrollaron infecciones del tracto urinario), mientras que otros eran mortales (19% de los pacientes BFT y 31% penetrantes desarrollaron elevaciones de la presión intracraneal). Los resultados funcionales comparativamente más pobres en pacientes con lesión penetrante versus aquellos con lesión contundente podrían estar influenciados por el número y tipos de complicaciones médicas sufridas por estos dos grupos de pacientes.

Cuando una fractura está presente, hay varios hallazgos radiográficos claves que influyen en el manejo quirúrgico; de esta manera lo estima el equipo de Schmitt *et*

al. (2014), pues, las fracturas deprimidas, por otro lado, requieren una gran cantidad de fuerza que se centra en una pequeña área del cráneo, para deformar y fracturar el punto de impacto, que se reduce quirúrgicamente si el fragmento deprimido se desplaza por una distancia mayor que el grosor del cráneo. Las fracturas compuestas pueden ser lineales o deprimidas, pero implican una comunicación directa con el entorno externo. Las fracturas lineales pueden ser manejadas con observación expectante; las fracturas de los huesos nasales son las fracturas más frecuentes del esqueleto craneofacial y una de las más frecuentes en adultos; las fracturas de la cigoma no siempre implican las 4 líneas de sutura. El arco cigomático es el componente más comúnmente interrumpido del cigoma; las fracturas de arco se producen a partir de la fuerza lateral directa que resulta en dos fragmentos de fractura distintos que generalmente se desplazan medial e inferiormente; las fracturas mandibulares se asocian con frecuencia a lesiones graves de la zona media, especialmente las fracturas de Le Fort; las fracturas longitudinales son paralelas al eje longitudinal de la cresta petrosa y son más comunes que las fracturas transversales, lo que representa el 80% de todas las fracturas de los huesos temporales. Como el modo de lesión es predominantemente a alta velocidad, secundaria a colisiones vehiculares, los patrones de fractura en estos escenarios no siempre se ajustan a estos patrones clásicos. Finalmente, los pacientes con lesiones traumáticas que involucran la anatomía craneofacial a menudo requieren un manejo multidisciplinario, y la priorización de sus múltiples problemas es fundamental para proporcionar una atención eficiente y eficaz.

El estudio de Mehta (2012) en donde se exponen las fracturas NOE y manifiesta que, también pueden extenderse posteriormente al canal óptico o superiormente al seno frontal y las estructuras intracraneales, y esto también debe ser observado, puesto que la pared anterior es gruesa y puede tolerar hasta 2.200 libras de fuerza antes de fracturarse, mientras que la pared posterior es delgada y relativamente delicada. Las fracturas orbitales pueden aislarse o formar parte de un patrón de fractura más complejo. La fractura por soplado suele ser el resultado de un impacto de alta energía en el hueso frontal y consiste en la fractura y depresión del techo

orbitario en la órbita. La posición prominente del cigoma lo hace particularmente susceptible a lesiones traumáticas. Las fracturas mandibulares son la fractura más frecuentemente asociada con fracturas del arco zigomático, que representan el 21% de las fracturas coexistentes. Las fracturas mandibulares representan una gran proporción de fracturas faciales y generalmente son causadas por asalto. Las fracturas maxilofaciales son comunes, el conocimiento de los patrones de fractura e implicación en el manejo es crucial para facilitar una comunicación efectiva y eficiente entre el radiólogo y el médico que lo remite. Cuando sea posible, los detalles pertinentes deben ser delineados en los informes de radiología.

Por otro lado, la mayoría de las fracturas de la columna cervical ocurren en los extremos superior o inferior de la columna cervical. Las fracturas vertebrales cervicales (C1) representan aproximadamente el 10%, las fracturas vertebrales C2 aproximadamente el 33%, las fracturas del odontoides C2 aproximadamente 15% y las fracturas vertebrales C6 y C7 aproximadamente el 50% de las lesiones de este tipo en la columna cervical. En los Estados Unidos, la incidencia de fracturas espinales por accidentes automovilísticos es del 5% al 6% (Looby, 2011:1). El traumatismo en este estudio deja manifiesto que en la columna cervical se clasifica frecuentemente en lesiones de la columna cervical superior e inferior e incluyen lesiones de los cóndilos occipitales, la articulación atlantooccipital, C1, C2 y la articulación atlantoaxial. La fractura del verdugo ocurre más comúnmente en los casos donde hay una rápida desaceleración de la cabeza tal como cuando la cabeza es forzada contra el salpicadero en un accidente de vehículo de motor. Sin embargo, las fracturas laminares rara vez ocurren aisladamente. Una fractura confinada al sacro sólo se considera una fractura estable, pero la fractura que implica el sacro y otro componente de la pelvis ósea (es decir, 2 fracturas) se considera una fractura inestable. Las lesiones de alta velocidad de la pelvis pueden dar lugar a fracturas sacras traumáticas. Los pacientes con lesión de la médula espinal pueden sufrir devastadores déficits neurológicos a largo plazo, finalmente, por lo que abogan los autores es para una directriz precisa y eficiente de la imagen espinal en todos los centros de trauma.

Para el trabajo de Steffner (2013) es de especial interés el énfasis en la dominancia de la mano, el tipo de trabajo o pasatiempo, y el mecanismo de lesión, ya que, los mecanismos de baja energía deberían aumentar la sospecha de fractura patológica a través de una enfermedad tumoral o metabólica. Las lesiones de alta energía deben justificar una mayor sospecha de fracturas abiertas y síndrome compartimental, así como una mayor investigación de las lesiones asociadas al pulmón, las costillas, la clavícula, la escápula, el plexo braquial y la arteria axilar. Las fracturas abiertas son lesiones de mayor energía con diferentes grados de alteración de los tejidos blandos. El hueso es el tercer sitio más común de las lesiones metastásicas y el húmero es comúnmente involucrado. Estas fracturas se producen tarde en el proceso de la enfermedad y con mecanismos de baja energía. Las lesiones abiertas de alta energía o las heridas de bala de alta velocidad suelen ir acompañadas de defectos de tejido blando y hueso. Para las lesiones de alta energía, definidas como colisiones de vehículos automotores, caen desde la altura, y aplastan mecanismos, se tuvo una baja tasa de recuperación. Una de las consecuencias de las lesiones descritas por los autores puede ser la no unión, que es la falta de curación y puede deberse a factores del paciente, características de fractura, o una combinación de los dos. Los factores del paciente incluyen la mala nutrición, las comorbilidades médicas, el uso del alcohol, y la mala conformidad. Los factores de fractura incluyen fracturas abiertas, patrones transversales o patrones oblicuos cortos, trituración, fijación inestable y separación de fracturas. Las fracturas del eje humeral tienen indicaciones quirúrgicas en expansión porque los resultados funcionales con manejo conservador son más apreciados.

Cabe recordar que este contexto se caracteriza por la presencia de lesiones superficiales de los tejidos blandos. Sung (2012) en un extenso trabajo, deja constancia que se debe elevar la sospecha de fracturas subyacentes o lesiones intracraneales. Las reconstrucciones tridimensionales (3D) volumétricas del cráneo pueden ayudar en la detección de fracturas del cráneo en el plano axial, particularmente en pacientes pediátricos. La presencia de fracturas del cráneo

siempre debe conducir a una evaluación más cercana de las lesiones intracraneales como la hemorragia intracraneal o las contusiones. Debe prestarse atención a la región intracraneal directamente debajo del sitio de la fractura y la región opuesta a la fractura. Las lesiones orbitales traumáticas representan hasta el 3% de todas las visitas a la sala de emergencias en los Estados Unidos, y son más comúnmente debido a colisiones de automóviles y lesiones relacionadas con el deporte. Las fracturas de la órbita comúnmente involucran una (48%) o dos (30%) paredes orbitales. El trauma de alta energía rara vez puede conducir a fracturas a nivel del vértice orbital, la porción más profunda de la órbita. Las fracturas en este lugar normalmente requieren un tratamiento quirúrgico urgente debido a la alta incidencia de lesión asociada del nervio óptico. El BFT o el trauma penetrante pueden alterar la forma esférica normal del globo, llevando a la rotura del globo, que es una causa importante de ceguera. Es preocupante que las lesiones faciales se observan en hasta un 25% de los casos de trauma y 150.000 pacientes se presentan a la sala de emergencia con traumatismo facial anualmente, más comúnmente en el contexto de colisiones de automóviles. En este estudio de caso, las fracturas de los senos frontales representan del 5% al 15% de las fracturas maxilofaciales. El hueso frontal está estructuralmente entre los huesos faciales más fuertes y requiere una fuerza de alta energía para provocar una fractura. Las fracturas Naso-orbito-etmoidales (NOE) suelen requerir mayores fuerzas energéticas en comparación con las fracturas aisladas del hueso nasal, y se caracterizan generalmente por el grado de cominución en la unión del cantal medial, así como por la integridad del tendón cantal medial.

De otro lado, las fracturas de la ZMC (zygomaticomaxillary complex o complejo zigomático-maxilar) son las fracturas más frecuentes en el área facial se consideran fracturas cuatripoide, con puntos de ruptura alrededor de las 4 conexiones sutúrales del zigoma: zigomático frontal, zigomático-temporal, zigomático maxilar y zigomático-esfenoides (Sung, 2012). La mandíbula ha sido descrita como el hueso facial más comúnmente fracturado en el contexto de colisiones de automóviles. Con su articulación en la base del cráneo, la mandíbula es comúnmente considerada

como un anillo cerrado. Las localizaciones más comunes de las fracturas mandibulares incluyen el ángulo (30%), seguido por el cuerpo (26%), región parasinfisaria (16%) y cóndilo (12%).

Las lesiones óseas temporales pueden ocurrir en hasta un 22% de los pacientes con fracturas craneales. Dentro de las causas comunes, se incluyen colisiones de automóviles, caídas y asaltos. En el contexto del trauma, las porciones más comúnmente dañadas del hueso temporal incluyen los segmentos petrosos y mastoide. Tradicionalmente, las fracturas se clasifican como transversales, es decir, perpendiculares al eje del hueso temporal (Sung, 2012).

Las lesiones frontobasales de la base del cráneo anterior representan entre el 3% y el 5% de todas las fracturas craniomaxilofaciales y suelen ser el resultado de traumatismo contuso, colisiones o caídas. Estas fracturas pueden involucrar fracturas lineales aisladas de la base craneal (tipo 1), fracturas lineales de la base craneal y hueso frontal (tipo 2), o fractura triturada de todo el segmento óseo frontal y techo orbital (tipo 3) Las lesiones frontobasales son típicamente el resultado de un impacto de alta energía y por lo tanto son propensas a más complicaciones. Las fracturas del cráneo basilar pueden verse en hasta un 30% de las lesiones en la cabeza. Las fracturas condilares occipitales unilaterales y bilaterales se observan en lesiones por impacto de alta energía y pueden asociarse con lesiones adicionales en el cerebro y en la columna cervical. La lesión en el cuello del tejido blando puede ocurrir con BFT o un traumatismo penetrante.

En el vasto trabajo de Sung (2012), la prevalencia de lesión cerebrovascular entre todos los pacientes con trauma contuso puede ser de hasta el 1,6%. Las lesiones traumáticas de la cabeza y el cuello y las complicaciones resultantes son una causa importante de morbilidad y mortalidad, lo que requiere una rápida evaluación clínica y radiológica. En la situación aguda, la TC se está convirtiendo en la modalidad de imagen de elección.

Finalmente, Valsangiácomo (2013) quien analizó en total 200 registros de pacientes politraumatizados obtuvo la distribución de frecuencias de los siguientes tipos de trauma: colisión vehicular, precipitación y aplastamiento con un 37%, 32% y 24,5% respectivamente. En el universo muestral se tiene que el mecanismo lesional predominante fue el impacto directo, contragolpe y desaceleración en un 53,5%; y el de tipo contuso en el 96%. Predomina el mecanismo contuso de compleja cinemática.

Ilustración 20 Distribución de frecuencias por tipo de trauma laboral

<i>Tipo de trauma</i>	<i>FA</i>	<i>%</i>
Colisión vehicular	75	37
Precipitación	64	32,5
Aplastamiento	49	24,5
Otros	12	6
Totales	200	100

Distribución de frecuencias por tipo de trauma laboral. Tomada de (Valsangiácomo, 2013:3).

De las cifras para la colisión vehicular, las más frecuentes fueron los siniestros en motocicletas (41%), cuyas tareas están asociadas a domicilios. Para los siniestros en que se vieron involucrados automóviles (36%) ocurrieron en la ciudad y correspondieron en su mayoría a vehículos de servicio público. A diferencia de los siniestros correspondientes a camiones (23%) que fueron casi exclusivamente en las carreteras. El mecanismo lesional con mayor frecuencia fue el impacto directo, contragolpe y desaceleración (53,5%); que corresponde al el 96% de los casos de BFT. En cuanto a la topografía lesional predominante fue la zona torácica (70%) seguida por lesiones en el cráneo 47,5% (Valsangiácomo, 2013:4).

Para el BFT en la zona torácico-abdominal se presentaron lesiones viscerales intra abdominales en el 50% de los casos (Valsangiácomo 2013). En cuanto al perfil

epidemiológico, se presentan como factores determinantes la mayor siniestralidad vial, el trauma en grandes construcciones y, las tareas vinculadas a la actividad portuaria. El mecanismo de trauma predominante fue el de tipo contuso con el (96%); con múltiples y complejos mecanismos lesionales asociados, agravados por las condiciones laborales propias, por ejemplo: hipotermia, electrocución, explosión o tóxicos. Así mismo, la colisión vehicular, el aplastamiento y la precipitación son los principales tipos de trauma, predominando el mecanismo contuso de compleja cinemática (Valsangiácomo, 2013:6).

5. ESTUDIOS DE CASO SOBRE LA BIOMECÁNICA DEL TRAUMA POR OBJETO CONTUNDENTE.

Para comprender la generación del BFT fue necesario exponer las variables biomecánicas que intervienen en la generación de la lesión (ver apartado la biomecánica en la producción de la fractura por BFT. Página 47). Entonces, se hace necesaria esta perspectiva y los aportes que pueda presentar para tener una mayor cobertura en el análisis del BFT. A continuación, se presentan 14 artículos que fueron clasificados bajo la categoría de biomecánica, toda vez que sus características estaban enfocadas en dar luces desde esta disciplina. Inicialmente, se presentan las perspectivas teóricas de los estudios de BFT aplicados a la biomecánica, seguido de algunos abordajes metodológicos del fenómeno. Posteriormente se presentan los BFT asociados a características biomecánicas para finalmente cerrar el capítulo con las conclusiones del análisis.

5.1 Perspectivas teóricas de los estudios de BFT aplicados a la biomecánica.

La biomecánica de lesiones forenses se ocupa de reconstruir las fuerzas aplicadas al cuerpo humano que resultaron en una lesión documentada. Un biomecánico forense realizaría evaluaciones de varios escenarios de impacto utilizando un criterio biomecánico de sustitución y lesión para evaluar la probabilidad de producir fracturas que coincidan con la evidencia física. El campo de la biomecánica de lesiones forenses es un campo emergente. Las herramientas biomecánicamente validadas pueden ayudar a equipos interdisciplinarios de investigadores en la evaluación de mecanismos de traumatismo craneoencefálico directo resultando en fracturas del cráneo (Raymond, 2015:1). Las lesiones mecánicas al cuerpo humano ocurren cuando los tejidos biológicos se deforman más allá de su límite recuperable. Como resultado, las estructuras anatómicas pueden ser dañadas o su función deteriorada (Pearce, 2013: 23). Impactos contundentes, tales como golpes de martillo, infligen lesiones de grado variable a la piel, tejidos blandos, huesos y órganos internos, dependiendo de la fuerza y el ángulo con que se golpearon los golpes. Los huesos pueden estar fracturados o rotos y los órganos internos pueden fracturarse o aplastarse por impactos romos (Thali, 2002:1).

Dentro de las lesiones, se tiene que las caídas fatales de gran altura son un escenario frecuentemente encontrado en la patología forense. Weilemann (2008) presenta -en virtud de una transmisión de energía calculable al cuerpo- un modelo ideal para la evaluación de los efectos del trauma contuso a un cuerpo humano. Aunque varios autores han estudiado la biomecánica de las fracturas del cráneo, poco se sabe cuánta energía se requiere para romper los otros huesos. En las caídas desde una gran altura esta es un factor determinante de la lesión ya que la velocidad del impacto está intrínsecamente relacionada con la distancia de la caída al punto de una velocidad terminal. Al contacto con una superficie, generalmente el suelo, el cuerpo que cae sufre una desaceleración y la energía cinética se transforma en trabajo (Weilemann, 2008). Las fracturas de caída libre representan una forma específica de trauma de fuerza contundente que puede ser difícil de interpretar debido a los numerosos factores que lo afectan (Petaros *et al.*, 2013). Entre los diferentes tipos de lesiones, la interpretación del trauma generado por la caída es cada vez más importante ya que las caídas son, según la Organización Mundial de la Salud, la segunda causa principal de muertes por accidentes o accidentes no intencionales en el mundo. Como las caídas a veces pueden ser confundidas con otros tipos de lesiones de fuerza contundente, es importante considerar y definir todos los factores que pueden influir en el patrón final y la extensión de las lesiones (Petaros *et al.*, 2013).

En muchos casos, la interpretación exacta de las fracturas esqueléticas puede ser el único medio objetivo de determinar la causa y la forma de muerte. El BFT es una de las áreas más comunes y complejas de traumatismo esquelético. El cráneo a menudo se ve afectado en el trauma por fuerza contundente, y los patrones de lesiones pueden ser complicados y difíciles de entender. Por tanto, la interpretación correcta de la fractura craneal proporciona información sobre el número de golpes en la cabeza, la ubicación exacta del impacto y el tamaño o tipo de objeto utilizado para infligir la fuerza destructiva (Kroman, 2011).

En muchos casos el mecanismo por el cual se ha infligido una sola lesión no puede determinarse con certeza basándose únicamente en el examen patológico. Además, el método actual de evaluación de la fuerza aplicada relativa a la lesión se limita a una escala arbitraria y subjetiva (leve, moderada, considerable o grave) (Sharkey, 2012:1). La mayoría de los estudios biomecánicos relacionados con el impacto posterior se han centrado en la cinemática y las lesiones en la columna cervical, pues los impactos traseros en la espalda son preocupantes en numerosos escenarios, incluyendo colisiones de peatones, colisiones de motocicletas y sistemas de transporte masivo con ocupantes permanentes. Por lo tanto, se desconoce cómo los datos biomecánicos generados se relacionan con impactos de mayor gravedad donde es probable que se produzcan lesiones (Forman *et al.*, 2015:1).

Los accidentes automovilísticos tienen la reputación de ser la principal causa de lesiones por traumatismos de fuerza contundente presentes en los exámenes clínicos y forenses. En este campo se podrían aplicar los datos biomecánicos. Los antropólogos forenses han aplicado tradicionalmente los principios biomecánicos de la producción de fracturas a patrones específicos de fractura para determinar los mecanismos de lesión en accidentes de vehículos: la forma del instrumento colisionador, el ángulo de impacto, la altura del parachoques, la posición de los involucrados, la velocidad de colisión, y la dirección de la fuerza. El patrón de lesión de la fuerza contundente más común que se presenta en las extremidades inferiores se supone que es la fractura de la mariposa. Se cree que las fracturas de mariposa son causadas por una carga específica conocida como *flexión de tres puntos*. La flexión de tres puntos se crea cuando un objeto cilíndrico (hueso largo) es impactado entre los dos puntos finales. La flexión en tres puntos causada por el impacto de una fuerza contundente sobre un hueso largo produciendo una combinación de fuerzas de compresión y de tensión a lo largo del eje del hueso (Reber, 2015:1).

El papel de las características de la interfaz de impacto en la biomecánica y los patrones de fractura craneal no ha sido investigado en detalle, y especialmente en

la parte superior de los infantes (Deland, 2016:1). Las lesiones en la cabeza son muy frecuentes en casos de abuso, lo que representa el 80% de las muertes en niños maltratados. Se estima que un 30% de los casos de traumatismos craneoencefálicos causan fractura craneal y la mayoría de fracturas ocurren en el hueso parietal (Deland, 2016:1). Determinar si una lesión en la cabeza de un bebé fue el resultado de abuso o accidente es un problema común en las investigaciones forenses. Típicamente, el sistema legal depende del testimonio de expertos médicos para determinar si la fuerza impartida en un escenario dado es consistente con un patrón de fractura específico, aunque puede haber poca base científica para sus conclusiones. Distinguir entre trauma accidental y trauma abusivo puede ser difícil, ya que ambos pueden producir tipos similares de fracturas de cráneo. El hueso craneal más comúnmente fracturado en casos de accidente y abuso es el parietal (Powell *et al*, 2012:1). El BFT de la cabeza, sostenido en caídas o golpes contra la cabeza, puede resultar en la ruptura de las venas puente, tal como lo plantea Baumgartner (2014). Pocos estudios han intentado determinar la fuerza involucrada con el trauma por objeto contundente en la parte lateral de la cabeza.

El BFT, junto a la fuerza aguda y el trauma balístico, se considera una de las formas más comunes de homicidio en todo el mundo. Pocos estudios han intentado relacionar el nivel de trauma observado con la cantidad de fuerza o energía involucrada en el trauma de la fuerza contundente. Es evidente que la comprensión del BFT en la cabeza es una herramienta crítica en el análisis de los casos forenses, en todo el mundo, tal como lo expresa Mole (2015). Las preguntas hechas a los expertos que investigan casos forenses en los que se involucran trauma craneal por BFT se refieren comúnmente a: el número y secuencia de golpes; el punto de impacto(s); el instrumento utilizado para infligir el trauma; la cantidad de fuerza y energía utilizada; la capacidad del tipo de trauma para amenazar la vida. La mayoría de los estudios realizados sobre la biomecánica de la lesión en la cabeza se han centrado en los impactos en el hueso frontal y la región frontofacial del cráneo, ya que estas regiones están a menudo involucradas en accidentes automovilísticos. Sin embargo, la región lateral del cráneo no es menos importante. Los impactos

laterales del cráneo ocurren ocasionalmente en accidentes automovilísticos y en términos de homicidio de fuerza contundente, el hueso parietal es un área comúnmente fracturada. Los estudios que han investigado la biomecánica de impacto lateral han utilizado una variedad de metodologías diferentes, incluyendo: pruebas de compresión estática, pruebas de caída, pruebas de caída libre, impactos con un pistón neumático/hidráulico, pruebas de pistola de gas y conjuntos de péndulo (Mole, 2015:2).

5.2 Enfoques metodológicos de los estudios de BFT aplicados a la biomecánica

La biomecánica aporta un abanico de metodologías que vale la pena conocer para evaluar la posible aplicación en futuras investigaciones. Para Thali (2002) el objetivo fue desarrollar un "modelo piel-cráneo-cerebro" físico que permitiera simular heridas de fuerza contundente de una manera tan realista que fuera posible reconstruir las características específicas de un trauma real. Weilemann (2008) detectó fracturas y distribuciones que se compararon con la energía de impacto, examinando la correlación entre la cantidad de energía aplicada a un cuerpo debido a traumatismo contuso con la extensión y la distribución del traumatismo esquelético detectado por MSCT de 20 personas que murieron debido a una caída de gran altura. Después de la evaluación de la fractura, se calculó la energía infligida al cadáver (E_{pot}). Para cada caso, se determinó el impacto primario principal y la energía observada por estas personas se calculó usando la fórmula $E_{pot} = mgh$ (m: masa corporal, g: aceleración por gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$) y h: altura (en metros) (Weilemann, 2008).

En otro caso, el objetivo de estudio fue enfocarse en los patrones de lesiones óseas resultantes de las caídas libres y analizar la relación entre las fracturas esqueléticas específicas, la altura y la causa de la caída (accidental o suicida). También se centraron en el análisis del trauma por caída con respecto a la causa de la caída Petaros *et al.* (2013). Por su parte, Raymond (2015) evaluó la biofidelidad de los implantes esféricos frangibles de cerebro-cerebro (SB). Se realizaron impactos contundentes a 20 m/s, utilizando un impactador rígido instrumentado de 103 g, a

la región temporo-parietal de cuatro cabezas de sujetos humanos (PMHS). La respuesta de deformación de la fuerza, la tolerancia a la fractura, y los patrones de fractura se registraron para compararla con sustitutos esféricos del cráneo-cerebro, es decir, crearon modelos similares al cráneo. Cada sujeto y modelo fue probado una vez a una velocidad de impacto objetivo de 20 m/s.

De otro lado, un estudio realizó simulaciones de trauma de fuerza contundente infligidas a especímenes porcinos usando una plataforma de prueba especialmente diseñada y construida para suministrar un golpe de fuerza medible utilizando los diversos instrumentos de interés. Bajo condiciones teóricas, una masa de aproximadamente 3,5 kg cae desde una altura de 2,8 m con una velocidad de impacto de 7,4 m/s y una energía cinética de 96 julios. Si esta energía es totalmente absorbida de tal manera que el implemento impactante penetra hasta una profundidad de 0,03 m (3 cm), la desaceleración durante la penetración es de aproximadamente 900 m/s^2 (= 93 g) y el principio de trabajo-energía nos permite inferir que la fuerza de impacto es de 3.200 N. (Newtons). Kroman (2011) realizó el diseño experimental. Todas las pruebas se registraron con video de alta velocidad. El video permitió ver la propagación de la fractura demostrando claramente el punto de fractura.

Sharkey (2012) revisó un total de 287 casos con autopsia de trauma craneal de fuerza contundente. Estos se clasificaron en dos grupos distintos: aquellas en las que se conocía la causa de la lesión en la cabeza o se podían establecer con cierta certeza (n = 189) y aquellas en las que la causa era desconocida (n = 97). El grupo conocido se subdividió en categorías de mecanismos similares de trauma. Se trataba de caídas (de alturas, al bajar escaleras o acelerar), golpes (objetos contundentes, estampado, pateado, perforado o por hacha) y múltiples procedimientos, donde se sospechaba más de un mecanismo. Este enfoque también facilitó la investigación del patrón de lesión asociado con cada mecanismo.

Se ha demostrado que ciertos impactos en la cabeza de corta duración pueden producir presiones intracraneales sustancialmente mayores que una colisión de mayor duración con igual fuerza máxima (Pearce, 2013:179). Por tanto, el autor tuvo como uno de los objetivos verificar que la "ampliación" dinámica de las presiones intracraneales no fuese un artefacto de las grandes simplificaciones utilizadas en algunos de los modelos en los que este efecto había sido registrado (Pearce, 2013). Otros autores que realizaron ensayos fueron Forman *et al.* (2015) al caracterizar la respuesta biomecánica y de lesión del tórax bajo diferentes velocidades de impacto (1,5 m/s, 3m/s y 5,5 m/s). El cambio de pico en el ángulo de extensión medida entre la primera vértebra torácica y la columna lumbar osciló entre 39° y 62°.

Utilizando un modelo de flexión de tres puntos⁴ es posible aludir a la identificación de patrones de fractura mariposa como un medio para interpretar los mecanismos de lesión correspondientes en huesos de diferentes especies de origen, formas y tamaños (Reber, 2015). En tanto, el objetivo de Powell *et al.* (2012) fue documentar patrones de fractura en cráneos de cerdos lactantes de 2 a 28 días de edad (n = 57) debido a un único alto impacto de energía al hueso parietal con interfaces rígidas (no deformables) y conformes (deformables). Los datos de la fuerza se muestrearon a 10.000 Hz. En cuanto a impactos, en Mole (2015) tanto los impactos causados por la HPB (barra de presión Hopkinson o Hopkinson pressure bar) fueron similares en magnitud a los impactos causados por la barra de ataque solamente. La HPB es un aparato comúnmente utilizado en pruebas de materiales. Su uso para determinar la fuerza de fractura en muestras enteras craneales es nuevo.

⁴ Se cree que las fracturas de mariposa que son causadas por una carga específica conocida como tres puntos de flexión (ver ilustración 21) La flexión en tres puntos se crea cuando el hueso es impactado por un objeto cilíndrico (hueso largo) entre los dos puntos finales. Los tres puntos de flexión provocados por la resistencia al impacto contundente para un hueso largo, se producen por una combinación de resistencias a la compresión y tracción a lo largo del eje del hueso

Ilustración 21 Modelo de flexión de tres puntos

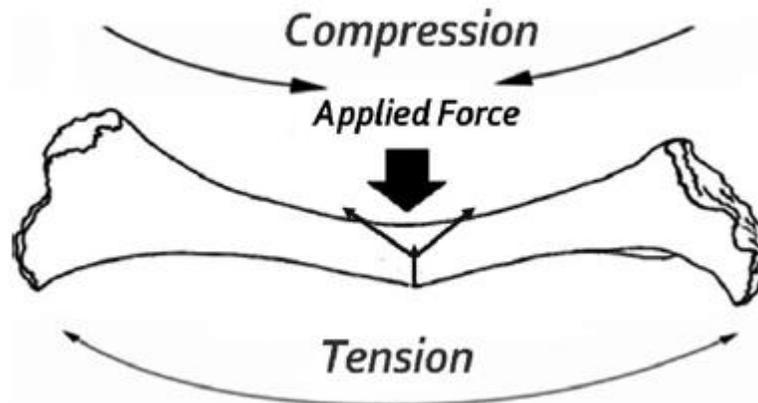


Imagen 21. Modelo de flexión de tres puntos. Se muestra la combinación de tensión (lado sin impacto) y la compresión (lado impacto) con deformación comúnmente resultando patrón de fractura en forma de Y. Tomado de (Reber, 2015:2).

Describir a través de dos casos clínicos la característica lesional de los BFT, perforando el cráneo con un martillo fue uno de los objetivos de Delannoy *et al.*, (2012). La penetración ósea en la fractura deprimida resulta de una rotura de la mesa externa del hueso bajo tensión, en la periferia, por la curva del hueso hasta el impacto y luego, desde la mesa interior con fragmentación ósea triturada. Mostrando que en la fractura, el tamaño y la forma de los objetos contundentes son inconstantes y diferentes, pues los objetos de superficie amplia son contrarios a los de superficie pequeña. Para detallar las fracturas trituradas de la bóveda craneal causadas por armas contundentes (martillos), buscaron determinar si existía una relación entre la zona de fractura y la extensión de esta lesión. A su vez, el objetivo de Sulaiman *et al.*, (2014) fue determinar las características del trauma de fuerza contundente al cráneo producido por diferentes instrumentos. Nueve cráneos adultos de *Macaca fascicularis* fueron utilizados como modelos. El martillo de Warrington, el palo de hockey y el casco de la cara abierta fueron utilizados en este estudio. Una máquina generadora de fuerza calibrada se utilizó para mantener el objeto contundente en su lugar y para golpear los cráneos a fuerzas de 12.5 N y 25 N.

5.3 Características biomecánicas de los BFT.

Hemos observado que se presenta una diferencia teórica y, en especial, metodológica en este apartado. Los modelos han sido el mayor aporte de esta perspectiva al fenómeno. Por lo que vale la pena abordar las características biomecánicas en las que se desarrollaron los estudios de caso y que comprenden los traumas por objeto contundente.

Los modelos con animales son algo común en estos estudios. Así lo demuestra el "Modelo piel-cráneo-cerebro" de Thali (2002:1) que tuvo que ser diseñado para hacer posible la reproducción en el laboratorio de una lesión BFT en la cabeza. Durante la evaluación del "modelo piel-cráneo-cerebro", fue posible demostrar que las lesiones infligidas a este modelo son completamente comparables a la morfología de lesiones reales. Gracias al mecanismo de caída de peso con precisión, pudieron -a diferencia de los impactos hechos con la mano libre- modificar tanto los ángulos de impacto como la fuerza con la que fueron aplicados, a voluntad y de forma reproducible. Desde el punto de vista de la biomecánica, los tipos clásicos de fractura, a saber, la fractura por flexión (debido al estrés local) y la fractura aplastante (debido a un amplio impacto superficial), podrían ser reproducidas con el modelo de Thali (2002:5).

En el estudio realizado por Weilemann (2008), sugiere un aumento del daño extenso a diversas regiones del cuerpo cerca de 20 kJ (kilojulio) y más. El tórax fue el más afectado, independientemente de la cantidad de energía impactante y del sitio de impacto primario. La frecuencia de fractura craneal mostró una distribución bifásica con respecto a la energía impactante. Fueron más frecuentes en energías inferiores a 10 y superiores a 20 kJ, pero más raras en el grupo de energía intermedia, es decir, de 10-20 kJ. La correlación de regiones de cuerpo lesionadas y energía es la siguiente: en la categoría de 0-9.9 kJ, un promedio de 2.14 regiones del cuerpo de un posible total de 5, presentó fracturas. El grupo de 10-19.9 kJ mostró un daño ligeramente más generalizado que el primer grupo con 2.33 regiones afectadas. Se observó un marcado aumento en la categoría siguiente que mostró un 83,3% con

fracturas torácicas y 83,3% con fracturas craneales. La categoría de alta energía que abarcó 30 o más kJ de energía aplicada a los cadáveres mostraron una destrucción masiva del esqueleto. Los resultados mostraron que los dos grupos con energías sostenidas por debajo de 20 kJ presentaron un número similarmente bajo de las regiones afectadas del cuerpo. Sin embargo, un salto en la cantidad de regiones afectadas del cuerpo fue visto en 20 kJ y más. De hecho, esta energía parece presentar un umbral para la lesión ósea extensa de diferentes regiones del cuerpo. Las fracturas torácicas fueron las lesiones óseas más frecuentemente encontradas, independientemente de la cantidad de energía y la región de impacto experimentada. Si la energía impactante es suficientemente grande, como en caídas desde alturas enormes, la extensión del daño al sistema esquelético es, debido a la transmisión de energía y el impacto secundario, no influenciado por la región de impacto. Además, se produjeron daños extensos a diferentes regiones del cuerpo, alrededor de 20 kJ y más. Las fracturas craneales mostraron una distribución bifásica con respecto a la energía impactante, es decir, fueron más frecuentes en energías inferiores a 10 y superiores a 20 kJ, pero más raras en el grupo de energía intermedia, es decir, de 10-20 kJ (Weilemann, 2008:4).

Petaros *et al.* (2013) sugirieron que la altura era el factor principal que influía en los patrones de fracturas en las caídas libres. En los tipos de fracturas registradas en diferentes regiones anatómicas, incluido el cráneo, difirieron entre grupos de altura sugiriendo diferentes mecanismos de lesión en cada uno. Las víctimas de caídas suelen sufrir fracturas en más de una región del cuerpo, y el número de regiones lesionadas se correlaciona significativamente con la altura. La caída del trauma representa un tipo específico de BFT producido por la rápida desaceleración vertical y las fuerzas de impacto. La altura es el principal determinante de las caídas, ya que afecta a la velocidad de caída ($v = \sqrt{2gh}$; v velocidad, g, aceleración gravitacional, h, altura), que junto con la masa del cuerpo determina la energía cinética ($E_k = Mv^2 / 2$: E_k , energía cinética, m, masa, v, velocidad) transferidos al cuerpo en el momento del impacto. Además, la velocidad inicial de un cuerpo (su velocidad de lanzamiento), y su posición de aterrizaje constituyen factores importantes que

influyen en el resultado de una caída, mientras que en su mayoría dependen de la víctima. Los resultados de este estudio demuestran que las regiones que mostraron las mayores variaciones en las frecuencias de fractura son dependientes de la altura fueron el tórax, las extremidades y la pelvis. Dado que los estudios han demostrado que las fracturas trituradas también pueden producirse por la fuerza de baja energía aplicada a una fractura lineal preexistente (que a menudo se produce por transferencia de energía en caídas), su presencia puede estar relacionada, en algunos casos, con el rebote de la cabeza después del impacto. Las fuerzas aplicadas al eje vertical producen un mayor número y lesiones más graves debido a una mayor relación entre fuerza y área. También se ha demostrado que las caídas en posición vertical resultan en un impacto más rápido debido a una mayor velocidad alcanzada durante la caída (Petaros *et al.*, 2013:6).

En el estudio de caso presentado por Kroman (2011) la muestra de ensayo consistió en describir las lesiones en cuatro personas:

1. Una mujer de 89 años que tenía un peso de cabeza de 7,9 libras (3,6 kg). El parietal izquierdo fue impactado desde una altura de caída de 77 pulgadas (1,96 m) y un peso de 23 libras (8,58 kg). El impacto causó dos fracturas radiantes. La fractura radiante principal se desplazó desde el punto de impacto para terminar en la sutura escamosa, con una distancia total de 2,5 pulgadas (6,35 cm). Una fractura secundaria se irradió lateralmente a una distancia de 1,25 pulgadas (3,175 cm). Todas las fracturas registradas radiaron desde el sitio de impacto. No se observaron fracturas que se irradiaran hacia el sitio de impacto (Kroman, 2011:4).

2. Una mujer de 61 años con un peso de cabeza de 8,83 libras (3,3 kg). El parietal izquierdo fue impactado desde una altura de caída de 111 pulgadas (2,82 m) con una masa de 23 libras (8,58 kg). Las fracturas se formaron en el punto de impacto y se irradiaban hacia la sutura escamosa viajando una distancia total de 3,5 pulgadas. Se observaron pequeñas fracturas adicionales en la corteza externa en un patrón circular concéntrico alrededor del punto de impacto.

3. Un hombre de 61 años con un peso de cabeza de 11,7 libras (5,3 kg). El cráneo fue impactado en el parietal derecho desde una altura de caída de 111 pulgadas con una masa de 23 libras. El parietal derecho se utilizó para evitar un área de daño de tejidos blandos directamente sobre el sitio de impacto potencial en el parietal izquierdo. La única fractura resultante fue una fractura muy pequeña que afectó a la mesa externa en un pequeño patrón estrellado directamente bajo el sitio de impacto principal. No se produjeron fracturas radiantes o concéntricas en el sitio de impacto y ninguna otra fractura se irradiaba desde cualquier lugar remoto al impacto.

4. Un varón de 71 años con un peso total de cabeza de 4,4 kg. La altura de caída era de 111 pulgadas con una masa de gota de 23 libras. El parietal izquierdo fue impactado sin fracturas visibles. Los datos muestran un pico a 1.400 libras de fuerza. Sin embargo, no se produjo ninguna fractura. Hay un pico más pequeño en torno a 600 libras de fuerza, y es posible que el daño se produjo, pero estaba contenido dentro de la corteza interna o escondido por tejido blando. La caída de la energía es nítida. En el impacto, el tablero dejó de permitir que el cráneo se moviera en la dirección del impacto. Sin embargo, la presencia del límite semirrígido cambió drásticamente los resultados de la prueba. El patrón de fractura fue diferente con dos áreas principales de fracturas en el parietal izquierdo (sitio de impacto) y el parietal derecho. Las fracturas fueron más complejas con muchas fracturas radiantes y concéntricas presentes. Las fracturas también estaban presentes a través de las suturas frontocigomáticas. Los complejos patrones de fractura no ocurrieron en lugares remotos y viajaron hacia el sitio de impacto. Los daños en el lado izquierdo del cráneo resultaron de un impacto directo y el daño a la derecha.

En este estudio hubo una notable diferencia entre los datos recogidos por la célula de carga entre las pruebas no restringidas y restringidas. El evento para la prueba restringida duró considerablemente más tiempo con varios eventos de fractura visibles en el gráfico. El pico principal se produjo en 1.025 libras de fuerza, pero hubo otros fallos importantes. El análisis del video de alta velocidad mostró que el

primer pico indicaba el fallo en el área del sitio de impacto con fracturas radiales que creaban la liberación en presión como se indica por la fuerte caída después del pico. El límite semirrígido creó picos adicionales en la energía, lo que indicó fracaso del parietal derecho (lado opuesto al impacto), y el fracaso del esqueleto facial. El análisis de video reveló que las fracturas se iniciaron en el punto de impacto y se irradiaron. Los materiales frágiles y elásticos puros tienen diferentes propiedades biomecánicas que el hueso, que es un material intermedio. Como material viscoelástico, la deformación ósea depende de la velocidad de carga. Los resultados de este estudio demuestran que el fallo ocurre primero en el área inmediata de impacto con la fractura radiante que viaja desde este punto. No se crearon áreas de flexión o rebaje drástico. Las fracturas fueron documentadas como radiales desde el punto de impacto y esta propagación fue capturada en video de alta velocidad. Los resultados de este estudio refutan la noción de Gurdjian de que la iniciación de la fractura comienza en un lugar remoto al punto de impacto (Kroman, 2011).

En contraste Raymond (2015) utilizó tres materiales sustitutos del cerebro que fueron evaluados: elatin 10%, plomo de tiro con espuma de poliestireno y agua. La respuesta de deformación de la fuerza del sustituto cráneo-cerebro fue similar a PMHS hasta el punto de fractura; sin embargo, ninguno de los sustitutos se fracturó a niveles de tolerancia comparables con el PMHS. Los patrones de fractura de los sustitutos del cráneo-cerebro fueron lineales y radiales, mientras que las fracturas de PMHS estaban todas deprimidas, trituradas. Los cuatro PMHS sufrieron fracturas de cráneo deprimidas. La fuerza de fractura máxima fue 3870 ± 862 N. La rigidez media, determinada hasta la fuerza máxima, se encontró en $1,21 \pm 0,30$ kN/mm. Sin embargo, no se observaron fracturas en estos dos sustitutos frágiles, lo que indica una mayor tolerancia a la fractura en comparación con el PMHS. El estudio puede compararse con los impactos previos realizados con estos PMHS en tejido blando intacto para evaluar los efectos atenuantes del impacto de los tejidos blandos. La deformación en la fuerza máxima con tejido blando intacto ($8,9 \pm 1,2$ mm) fue significativamente mayor que la deformación a la fuerza máxima en las muestras desmoldadas ($3,2 \pm 0,4$ mm) ($p = 0,002$). La fuerza de fractura para algunos

especímenes intactos se informó que era 5544 ± 769 N, lo que es significativamente mayor que la fuerza de fractura para la condición ($p = 0,02$). El beneficio de un sustituto frágil depende de su capacidad para imitar la respuesta dinámica, la tolerancia a las lesiones y los patrones de fracturas consistentes con las pruebas PMHS. La falta de capacidad de la esfera frágil para reproducir patrones de fractura característicos a niveles de tolerancia biomecánica apropiados lleva a la conclusión de que este sustituto es actualmente un candidato poco probable para evaluar el riesgo de fractura bajo estas condiciones de carga.

En el estudio de Sharkey (2012) Una laceración estuvo presente en el 44% de los casos relacionados con caídas simples, 71% de los cuales fueron craneales. En los casos de golpes por objetos contundentes, hubo una laceración en el 93% de los casos, de los cuales el 89% eran craneales. Las fracturas estaban presentes en el 68% de los casos con caídas simples y en el 75% de los casos con golpes de objetos contundentes. En ambos mecanismos, más del 90% de las fracturas eran craneales. Los conjuntos de ensayo demuestran un aumento constante en la incidencia de separación de sutura con fuerza creciente para el martillo, asa de madera y un pedazo de suelo de madera. La leve depresión del cráneo fue el segundo daño en el cráneo más común observado entre los conjuntos de prueba, lo que se esperaría en casos que implicaran más impactos focales sobre la sección transversal de sutura de la región frontoparietal. La incidencia de separación de la sutura se produjo con menor frecuencia con los impactos de la manija de madera, aunque aumentó con el aumento de la fuerza. El patrón de lesión combinada tiene que el 23% de los casos de caída simple y el 70% de los casos de golpes de objetos contundentes presentaban laceración y fractura. Esto sugiere que la presencia de ambas lesiones aumenta la confianza en la diferenciación entre el mecanismo de la lesión (caída o golpe). La ocurrencia de laceraciones del cuero cabelludo y fracturas del cráneo están influenciadas por una serie de influencias exógenas y endógenas, y como tal, la mayoría de los casos de traumas craneales con fuerza contundente requieren una evaluación individual. Estos parámetros incluyen la forma del soporte óseo, el espesor local de los tejidos blandos superpuestos, la geometría de impacto

del implemento causal (superficie de impacto, borde, ángulo) y la velocidad del impacto. El trabajo realizado por una fuerza se calcula multiplicando la fuerza que actúa sobre el cuerpo por la distancia que se ha movido, suponiendo que la fuerza y el desplazamiento son paralelos, como en este caso (Sharkey, 2012).

Las colisiones de mayor duración generan un gradiente de presión lineal a lo largo de los contenidos craneales, con valores pico que muestran concordancia con las predicciones hechas asumiendo el equilibrio hidrostático (Pearce, 2013). Esto proporciona evidencia convincente de que la respuesta "cuasi-estática" se produce cuando una fuerza de impacto se sostiene lo suficiente para superar la inercia de la cabeza y provocar la aceleración global de la cabeza; la respuesta cuasi-estática se produce cuando el comportamiento de la cabeza impactada está dominado por la aceleración del cuerpo rígido. Se ha demostrado que los casos de impacto que exhiben una ampliación dinámica de las presiones intracraneales coinciden con los que muestran excitación del modo longitudinal del cráneo. La vibración de un modo natural de una estructura es esencialmente la formación de una onda estacionaria dentro de esa estructura, la cual persistirá si la excitación externa se mantiene a la frecuencia de la onda estacionaria. Se concluyó que la respuesta de aumento de presión dinámica es una consecuencia de la deflexión local y la aceleración del cráneo en el sitio de impacto, que luego se comunica al contragolpe por ondas de flexión en el cráneo (Pearce, 2013). Los autores sugirieron que la formación de presiones negativas en los contenidos craneales puede ser particularmente deletérea debido a la cavitación; los hallazgos aquí sugieren que la cavitación también puede desarrollarse bajo el punto de impacto, lo que proporciona una posible explicación de la distribución peculiar del trauma característico de las lesiones de golpe de golpe. Los resultados indican la importancia de considerar la perspectiva de lesiones por impactos de corta duración (Pearce, 2013).

La prevalencia de las fracturas de los cuellos costales sugieren un nuevo mecanismo de carga indirecta resultante de los momentos de flexión generados en los cuellos de la costilla causados por el movimiento de la columna vertebral.

Además de la información sobre lesiones, las respuestas biomecánicas cuantificadas en el estudio Forman *et al.* (2015) proporcionan modelos para predecir el riesgo de lesión durante el impacto a la espalda. Las fracturas de costilla fueron las más frecuentes lesiones que ocurrieron en estas pruebas. El mayor impacto o masa de la serie actual (97,5kg) permitió una velocidad de impacto constante temprana a lo largo de la carrera de impacto, haciendo las pruebas mucho más severas. La mayoría de las lesiones severas observadas fueron fracturas de costilla. Éstas ocurrían con mayor frecuencia en el cuello de la costilla, entre las dos articulaciones que se conectaban a la vértebra torácica acompañante (la articulación costovertebral y la articulación costotransversa). Dada esta ubicación profunda y relativamente bien protegida, estas fracturas probablemente no fueron causadas por el estrés y los nervios en los lugares de fractura. Cualquiera que sea el mecanismo, la apariencia consistente hace que este patrón de fractura merezca una investigación más profunda. Las lesiones más comunes observadas aquí fueron cepas al complejo costo-vertebral/costo-transversa (denominadas "cepas costovertebrales"), caracterizadas por un aumento de la laxitud en las articulaciones identificado por un cirujano ortopédico especializado en cirugía respiratoria. Este estudio indica que se debería esperar que los impactos en la parte posterior de una gravedad relativamente alta causen una tensión vertebral cuantitativa incluso cuando no se produzcan otras lesiones agudas tales como fractura de costilla o lesión de la columna vertebral. Los datos de extensión de fuerza, desplazamiento y espina dorsal presentados por los autores pueden servir como punto de partida para el desarrollo y/o validación de tales modelos. En pruebas de 5,5 m/s con un límite de 85 mm o 150 mm de carrera, el pico de impacto o fuerzas varió de 6,9 a 10,5 kN, las deflexiones de pico del pecho oscilaron entre 51 y 66 mm y el cambio de pico en el ángulo de extensión varió de 39° a 62°. También se observaron cepas múltiples de los complejos de articulaciones costo vertebrales/costo transversales, y en las cepas de los ligamentos interpinosos y supra-espinosos (Forman *et al.*, 2015:7).

A pesar de las fracturas iniciadas en la tensión del impacto lateral, se pueden formar fragmentos de mariposa en ambos lados de compresión o tensión. Utilizando

criterios de forma, así como del fragmento separado recién definido, se estimó el lado de impacto con una precisión del 98% para las fracturas de mariposa completa y parcial. Por otra parte, los resultados de Reber (2015) sugieren que el sitio de impacto es el localizado en uno de los brazos de la fractura y no en el centro del fragmento de la mariposa, como previamente estuvo modelado. Mientras que el 90% (n = 230) de la muestra agregada (n = 255) se fracturó con éxito, sólo el 49% (n = 112) de las 230 fracturas presentaron patrones completos de fractura de mariposa. Además, sólo el 60% (n = 67) de los 112 que mostraban fracturas de mariposa completas (o 26% de la muestra agregada) exhibían fragmentos de mariposa lateral de impacto, tal como predijo el modelo para interpretar el trauma de fuerza contundente en los huesos largos. La dirección de la fuerza aplicada se asignó directamente al lado del hueso del que se originó un fragmento de mariposa. El autor demostró una amplia variedad de diferentes patrones de fractura de mariposa. También predice que un hueso con mayor espesor cortical tendrá una mayor resistencia a la fractura y por lo tanto es menos probable que alcance su punto de fallo bajo una carga extrínseca. Los principios biomecánicos también predicen que un aumento en la deformación aumentará directamente la tensión ejercida sobre un hueso, aumentando así la posibilidad de fracaso (Reber, 2015:7). Aunque no se encontró que el grosor cortical es significativo en la producción u orientación de fracturas de mariposa en el fémur de oveja, puede llegar a ser significativo en combinación con las otras diferencias estructurales entre el eje femoral anterior y posterior en humanos. Los hallazgos de este estudio sugieren que las fracturas de mariposa pueden tener más probabilidades de ocurrir como resultado de un trauma que involucra una superficie de impacto concentrada, una mayor cantidad de deformación y una corteza más delgada. También parece que las diferencias geométricas entre los lados anterior y posterior del fémur de oveja pueden promover la producción de fragmentos de mariposa laterales posteriores independientemente de la dirección del impacto. Sin embargo, los resultados de este estudio aún demuestran que un solo tipo de hueso, incluso cuando se impacta en un ambiente altamente controlado, presenta una gran variedad de patrones de fractura inconsistentes con la sabiduría convencional. Utilizando distintas

clasificaciones de patrones se proporcionó un método para estimar la dirección de la fuerza aplicada tanto en las fracturas de mariposa completa como parcial, con una precisión del 98%. El estudio, se basó en un gran tamaño de muestra ensayado bajo protocolos consistentes y controlados, que indican que la producción y el patrón de fracturas de mariposas no son tan predecibles como se supone actualmente en la literatura forense. Los resultados de este estudio sugieren que si bien las fracturas iniciales ocurren con mayor frecuencia en el lado de la tensión, la colocación de estas fracturas no corresponde consistentemente al sitio de impacto. Al identificar estas clasificaciones de fractura, se desarrolló un método para determinar la dirección de la fuerza aplicada en fracturas de mariposas completas y parciales y se probó con un 98% de precisión. Por lo tanto, hasta que el método desarrollado por esta investigación sea probado en una muestra externa de huesos humanos impactados con direccionalidad de fuerza conocida en mecanismos de lesión variables, y las pruebas ciegas se usen para establecer tasas de error, la comunidad forense debe permanecer cautelosa al aplicar los patrones de fractura global definida en este estudio para estimar la dirección de la fuerza aplicada en el trabajo médico-legal (Reber, 2015:10).

En cuanto a Deland (2016) los resultados mostraron que cabezas con caídas sobre la superficie rígida produjeron una fracturación craneal más extensa que sobre superficies alfombradas. Las fuerzas de contacto generadas al inicio de la fractura y las fuerzas totales de contacto máximo fueron generalmente más bajas para los impactos sobre suelos rígidos que sobre los maleables. Si bien el grado de fractura craneal de los impactos sobre la superficie pesada fue comparable a la de los impactos superficiales rígidos de menor energía, hubo menos fracturas diastáticas. Esto sugiere que las características de los patrones de fractura craneal pueden usarse para diferenciar el nivel de energía de la interface de impacto en casos forenses pediátricos. Este estudio mostró menos fracturas en la cabeza debido a la caída libre frente a impactar la cabeza en reposo con la misma energía. El estudio se realizó para investigar los patrones de fractura craneal contra superficies rígidas y conformes usando un mayor nivel de energía de impacto. Un resultado interesante

del estudio fue la aparición de una primera fuerza de contacto de pico relativamente más baja, generada durante los impactos contra la superficie rígida que durante los impactos craneales con la misma energía de gota inicial sobre las superficies alfombradas. Durante las primeras etapas de deceleración por interacción con las superficies alfombradas, la cabeza habría penetrado en gran medida en la propia alfombra sin mucha deformación de la cabeza. Se mostró que la caída de la cabeza porcina en superficies más flexibles, por ejemplo suelo alfombrado, frente a una superficie rígida, redujo la extensión de la fractura craneal para el mismo nivel de energía de la gota; cuando se utilizó un alto nivel de energía de impacto para generar fracturas craneales extensas en los experimentos de impacto rígido se produjeron fracturas significativas tanto del hueso parietal impactado como de los huesos craneales a menudo adyacentes. Como tal, se requerían relativamente más deformaciones de contacto para detener la cabeza caída después de la iniciación de la fractura más para las superficies rígidas que las alfombradas. Esto puede ayudar a explicar el patrón más extenso de las fracturas craneales en los experimentos de interfaz rígida ya que se habrían producido relativamente más deformaciones del cráneo ya fracturado en el caso de impactar con un suelo rígido comparado con uno alfombrado. La lesión en la cabeza (lesión cerebral traumática) se ha relacionado previamente con los niveles de desaceleración máxima de la cabeza, el récord de tiempo de desaceleración o una función del historial de desaceleración, tal como se expresa en las normas federales vigentes. Los datos generados en el estudio actual sugieren entonces que, si bien los impactos de la cabeza en ciertas interfaces alfombradas pueden reducir el grado de fracturas craneales, pueden aumentar el potencial de lesión cerebral traumática. Este estudio apoyó las primeras obras de Weber mostrando que para niveles comparables de energía de caída libre, los impactos de la cabeza sobre una superficie fuertemente amortiguada generarán menos fracturas craneales que los impactos de la cabeza sobre una interfaz más rígida. Además, al comparar los patrones de fractura craneal de las superficies muy amortiguadas con las de un impacto de menor energía sobre una superficie rígida, se pudo determinar que la última condición de impacto da lugar a una fractura diastólica significativamente más pronunciada. Esta característica

puede resultar útil para determinar la superficie del impacto de la cabeza en los estudios de casos forenses (Deland, 2016).

En Powell *et al.* (2012) se mostró que el aumento del nivel de energía de impacto en comparación con un estudio anterior utilizando una menor energía resultó en nuevos sitios de inicio de fractura y también causó fracturas previamente definidas que se propagan en un hueso adyacente, a 3,1 y 22,6 J, respectivamente. La fuerza de impacto en los cráneos aumentó con la edad para ambas interfaces, y hubo poca diferencia en la fuerza de impacto de pico (dentro de 100 N a una edad dada) entre las dos interfaces. El estudio utilizó impactos de alta energía para el hueso parietal generando fracturas significativas. También se documentó en el hueso occipital para ambos grupos de edad e interfaces- En el grupo de edad más joven (2-9 días de edad), la interfaz compatible produjo más fracturas del cráneo que en el rígido al mismo nivel de energía de impacto. Para una baja energía de impacto, había poca o ninguna fractura de cráneo con la interfaz compatible para el grupo de edad más avanzada. Los tejidos blandos jóvenes, en particular, son más sensibles a los cambios en la tasa de carga que los tejidos más antiguos. Los análisis de este estudio, proporcionaron algunas percepciones sobre la discriminación de las características de la fractura en función de la edad del espécimen, la interfaz de impacto y la energía para los porcinos inmaduros. Las características se describieron evaluando la frecuencia de fractura en cada mapa SIG para el conjunto dado de condiciones de impacto. La interfaz rígida generó fractura diastática en esta energía de impacto más alta, mientras que la interfaz flexible no lo hizo. Estos hallazgos contrastan con los observados. El estudio actual también mostró que este nivel más alto versus más bajo de energía de impacto usado en un estudio anterior alteró el patrón de fractura del cráneo generando sitios adicionales de iniciación de fracturas además de causar propagación de fractura en huesos adyacentes no impactados del cráneo (Powell *et al.*, 2012).

Los resultados de Baumgartner (2014) sugieren que las caídas están asociadas con un mayor riesgo de venas puente, y rupturas, golpes y contusiones cerebrales más

serias en el lado del contragolpe. Los tres escenarios diferentes de caídas simulados por el modelo de múltiples cuerpos resultaron en una aceleración de traslación máxima del mismo orden de magnitud. Sobre la base de los resultados de las simulaciones realizadas en este estudio, el efecto de las caídas y los golpes puede compararse con respecto al movimiento relativo entre el cerebro y el cráneo. Esto es posiblemente causado por el movimiento de cerebro-cráneo relativo. Este movimiento conduce a una desaceleración desplazada en el tiempo del cráneo y del cerebro, lo que disminuye la máxima aceleración traslacional. Independientemente de la intensidad del impacto, los resultados demuestran que ocurre un movimiento grande del cerebro-cráneo en el lóbulo frontal. De acuerdo con los resultados del estudio, la cantidad de movimiento relativo cerebro-cráneo, el área mencionada no parece estar en peligro. Los resultados sugieren que los impactos con aceleraciones máximas más altas resultan en una mayor diferencia relativa del movimiento máximo entre el cerebro y el cráneo, entre el golpe y el área de contragolpes. Las simulaciones de computadora sobre el impacto de cabeza sugieren que una caída en una superficie dura parece estar relacionado con un mayor riesgo de sufrir una lesión de vena puente que un golpe frontal en la cara. Se sugiere, además, que en caso de un golpe directo en la cara, seguido de una caída en la parte trasera de la cabeza se producen lesiones graves que probablemente sean causadas por el impacto debido a la caída.

La fractura más común observada en las pruebas realizadas por Mole (2015) fue una fractura depresión semicircular. De los 15 especímenes impactados, nueve presentaron fracturas adquiridas. La fuerza media de impacto que resultó (ver ilustración 22) en fracturas en todos los especímenes fue 7760 N (\pm 4150 N), con un desplazamiento promedio de 3,1 mm (\pm 1,1 mm).

Ilustración 22 Resultados de la prueba con la barra de presión Hopkinson

Specimen No.	Striker velocity (m/s)	Impact velocity (m/s)	Peak impact force (N)	Displacement at peak force (mm)	Impact energy (J)	Fracture observed	Fracture size (mm)
Condition A							
P18-13	10.8	7.68	2760	1.31	3.62	None	-
P19-13	10.8	7.45	1720	1.31	2.25	Linear	8
P20-13	10.71	7.58	2750	1.93	5.31	Semi-circular D	10 × 5
P01-14	11.92	9.14	4340	2.67	11.58	None	-
P03-14	12.23	9.45	3550	2.83	10.05	None	-
Mean	11.29	8.26	3024	2.01	6.56		
Standard deviation	0.72	0.95	981.55	0.72	4.07		
Condition B							
P17-13	15.41	12.3	8150	0.81	6.28	None	-
P21-13	18.75	16.5	9110	3.76	34.25	Semi-circular D	20 × 8
P22-13	17.44	14.8	8070	2.17	17.51	None	-
P23-13	19.91	16.8	6720	2.17	14.58	Semi-circular D	16 × 5
P02-14	16.58	13.38	4120	3.01	12.40	Irregular D	8 × 5
Mean	17.62	14.76	7234	2.38	17.00		
Standard deviation	1.77	1.95	1937.69	1.11	10.49		
Condition C							
P24-13	22	18.9	11,140	4.03	44.89	Semi-circular D	15 × 10
P25-13	21.63	18.4	9080	2.89	26.2	Semi-circular D	20 × 10
P04-14	24.72	21.55	12,800	4.40	56.32	Semi-circular D	18 × 5
P05-14	24.83	21.66	13,900	4.51	62.69	None	-
P06-14	24.72	21.55	12,400	4.40	55.68	Semi-circular D	18 × 5
Mean	23.58	20.41	11,730	4.06	49.16		
Standard deviation	1.61	1.62	2099.56	0.68	14.34		

Resultados de la prueba con la barra de presión Hopkinson. Tomada de Mole, 2015:4

En los resultados tenemos que tres impactos resultaron en fractura. Dos impactos produjeron fracturas deprimidas semicirculares a fuerzas de pico de 6720 N y 9110 N. Otro impacto produjo una fractura deprimida de forma irregular de aproximadamente 8 mm del tamaño de 5 mm con una fuerza máxima de 4120 N. Cuatro de los cinco impactos resultaron en fracturas. Estos cuatro impactos produjeron fracturas depresivas semicirculares a fuerzas máximas de 9080 N, 11.140 N, 12.400 N y 12.800 N. La determinación de la fuerza implicada con el trauma de la fuerza contundente en la cabeza proporcionará datos cuantitativos sobre la fuerza asociada con ciertos niveles de trauma En el hueso es más difícil determinar qué implemento causó una fractura. Las fracturas depresivas pueden parecerse a la forma del implemento de impacto. Las fracturas más comunes que ocurrieron en el estudio fueron fracturas deprimidas que se parecían a la forma del objeto. El principal factor inhibitor fue la variación natural, ya que algunos cráneos se fracturaron a una fuerza baja, mientras que otros fueron capaces de soportar una fuerza mucho mayor sin fractura. En el estudio una fuerza de 1720 N produjo una

fractura mientras que una fuerza de 13.900 N, no lo hizo.

Los BFT pueden crear múltiples fracturas, de acuerdo con la rapidez y la forma del objeto utilizado (lineal, concéntrico, deprimido). Cuando el cráneo es golpeado por un pequeño objeto de superficie con una energía cinética intensa, la lesión más frecuentemente encontrada es la fractura deprimida (Delannoy *et al.*, 2012). El estudio de los autores anteriormente citados, en cuanto al martillo, sugieren que las lesiones craneales fueron muy típicas: geométricas, de forma cuadrada, del mismo tamaño que la herramienta. De hecho, la fractura de hueso más grande y deprimida en la bóveda, se localizó en la región temporal izquierda en un eje sagital. Esta lesión consistió en múltiples impactos causados por la cabeza del martillo. En la mesa externa, la lesión midió 65 mm de longitud y continuó en áreas malares y cigomáticas. El examen antropológico de los cráneos, mostró que ambas víctimas, presentaron una perforación cuadrangular en el hueso parietal. Estas lesiones óseas perforantes eran geométricas, con bordes regulares sobre la mesa externa del hueso, pero con bordes irregulares y un biselado de la mesa interior del hueso. De hecho, la lesión ósea en la bóveda de la madre (40 años) se localizó en la región parietal izquierda a 7 mm de la sutura biparietal en un ángulo de 45°. En la mesa externa, la lesión midió 31 mm de longitud y 9 mm de ancho máximo (7 mm de ancho mínimo, en la parte anterior de la lesión). La lesión ósea en la bóveda de la hija (18 años), se localizó en la región parietal derecha a 45 mm de la sutura biparietal en un ángulo de 45°. Se sugirió la hipótesis de traumatismo perforante contundente. Los investigadores encontraron un martillo en la escena del crimen, correspondiendo perfectamente en su forma (punta) a la lesión del hueso parietal de ambas víctimas. Los BTF pueden, según la rapidez y la forma del objeto utilizado, crear fracturas complejas: lineales, radiales, concéntricas o deprimidas. Las respuestas en términos de deformación y desplazamiento permiten determinar la rigidez de las muestras.

Cuando el impacto se realiza con una velocidad muy alta, las fracturas observadas a menudo se extienden y, las perforaciones óseas son completas. Sin embargo,

según sus localizaciones en el cráneo, estos impactos también pueden asociarse con fracturas radiales y concéntricas. Si estas fracturas secundarias y terciarias son inconstantes en los BTF, los bordes de las fracturas depresivas presentan una característica casi constante que es un bisel de las tablas de hueso interno del cráneo, como en casos de heridas de entrada de bala, según la dirección del proyectil. Para los objetos contundentes de superficie pequeña, cuando el impacto se realiza a muy alta velocidad, las fracturas observadas generalmente no se extienden y, las perforaciones óseas están enteras con destrucción estelar y proyección de las piezas óseas. Estos impactos no están asociados con fracturas radiales y concéntricas. Como no se extienden, concentran la fuerza impactada en el único rango de contacto, sin deformación elástica periférica del cráneo. El resultado es la creación de un agujero por esta fractura deprimida, reproduciendo frecuentemente la forma del objeto usado. El agujero lleva en los bordes óseos internos un bisel, siguiendo la dirección del vector de fuerza. De acuerdo con los criterios de identificación de las herramientas, las impresiones y huellas dejadas por las herramientas durante sus heridas juegan un papel crucial en el reconocimiento de las características de las armas utilizadas. Las heridas del cráneo se describieron con precisión en la literatura, especialmente las heridas debidas a los disparos por arma de fuego y a los BTF (Delannoy *et al.*, 2012).

En el estudio de Sulaiman *et al.* (2014) dos cráneos fueron golpeados en el área del vértice usando un martillo de Warrington con la fuerza de 12.5 N. Sin embargo, la fuerza generada no produjo ningún trauma en los cráneos. Por lo tanto, el experimento se repitió utilizando una fuerza de 25 N para golpear un cráneo para cada objeto contundente. A pesar de ello, no hubo recurrencia de esta fractura en el segundo modelo y por lo tanto concluyeron que la fractura occipital se había producido debido a la variación en el espesor de los cráneos. Encontraron, además, que el martillo de Warrington a 3,98 N/cm² había producido fracturas lineales, basílicas y diastáticas. Notaron que cuando una mayor presión absoluta fue entregada por cualquiera de los objetos contundentes (martillo de Warrington, palo de hockey de campo y casco de la cara abierta), se produjo una fractura triturada.

Encontraron que la utilización de un martillo Warrington o el casco de cara abierta como armas contundentes pueden causar lesiones en el cráneo similares. Cuando ocurre una agresión con objetos contundentes, la composición y superficie de contacto son importantes para determinar la fuerza energética transferida desde el arma al sitio de impacto de la víctima. Aunque cada impacto de objeto contundente fue estandarizado tanto como fue posible, la variación en la superficie y la presión absoluta habían variado. Por ejemplo, el martillo de Warrington a una presión absoluta de 7,96 N/cm² tiende a producir fracturas trituradas en comparación como cuando se da una presión absoluta más baja (3,98 N/cm). Es interesante observar que la presión absoluta requerida para producir fracturas trituradas por el palo de hockey sobre el terreno eran mucho más bajas de lo que es requerido por el martillo de Warrington. El impacto a alta presión resultaría en fracturas trituradas que a su vez sugieren un trauma severo al cerebro (Sulaiman *et al.*, 2014).

En Jordana *et al.* (2013) encontraron que características distintas bajo diferentes condiciones, incluyendo escamas óseas en huesos frescos y ángulos de fractura de 90° y mayor fragmentación en huesos secos. Estas características resaltaron los efectos del tiempo en las particularidades de la fractura perimortem y la importancia de las condiciones de almacenamiento óseo en el estudio de la génesis de la fractura. La pérdida significativa de material óseo orgánico y contenido de agua modifica las características de rotura después de la muerte. Esta modificación depende en gran medida de las condiciones post mortem (fuego, inmersión en agua, calor o frío). Otro criterio es que la curvatura del hueso fresco durante una fractura causa roturas entre el diploe y las tablas. Se observó (ver ilustración 23) que las fracturas implantadas a la semana después de la muerte tenían características intermedias. La morfología fue observada en impactos implementados después de un corto período post mortem (1 día, serie 1) y la observada después de un tiempo postmortem prolongado (6 meses, series 3, 4 y 5)

Ilustración 23 Criterios para distinguir el tiempo de las fracturas

	Fresh Bone (1 Day)	Dry Bone (6 Months)
Sharp striker	Lines radiating from fracture (Fig. 5) Absence of cranial disjunction	Fractures by counterblow
Blunt striker	Depression at impact (Fig. 4) Sutures dissipated energy	Depression at impact Absence of radiating lines in the case of a skull with residual moisture (series 4)

Criterios para distinguir el tiempo de las fracturas de acuerdo con el estado del hueso. Tomada de Jordana *et al.* (2013:4)

Cuatro propiedades de las fracturas se observaron consistentemente según el estado del hueso (hueso fresco frente al hueso seco) y el objeto de penetración utilizado (afilado vs. BFT).

- El hueso fresco era más flexible y más fuerte que el hueso seco.
- Los impactos causados por un objeto agudo eran más evidentes que los causados por un objeto contundente.

En este estudio, lograron distinguir los patrones de fractura según el estado óseo (Jordana *et al.*, 2013:4). En general, los impactos producidos con un instrumento contundente parecían ser más gruesos y definidos con menos precisión que los producidos con un instrumento agudo. Así, el tipo de objeto jugó un papel significativo en la morfología de la fractura. Para los autores, con un impacto y energía de bajo impacto (trauma insuficiente o suficiente elasticidad del cráneo para absorber la fuerza), no se crearon fracturas. Sin embargo, cuando la absorción de energía era insuficiente (traumatismo violento o elasticidad insuficiente del cráneo), se produjeron fracturas radiantes y concéntricas. Las fracturas radiantes

típicamente se presentaban en el punto de impacto y se extendían hacia afuera, a medida que absorbían energía cinética. Cuando la absorción de energía era insuficiente, se produjeron fracturas concéntricas y estrelladas. Los fragmentos óseos también podían doblarse hacia adentro, debido a una fractura más completa en la tabla externa que en la tabla interna del diploe (Jordana *et al.*, 2013). Los huesos secos con contenido de humedad residual mostraron líneas de fractura que continuaron más allá de la sutura. Por el contrario, los huesos secos almacenados al aire libre mostraron líneas de fractura que terminaron en la sutura. Además, los huesos sin humedad residual que habían sido secados al vapor mostraron fracturas por contraflujo (situadas lejos del punto de impacto). El enfoque de Jordana *et al.*, (2013), de tipo experimental, realizado en cráneos de cerdo demostró que, después de un golpe de fractura, las escamas óseas adherentes estaban presentes sólo en huesos frescos. Las fuerzas, es decir la energía de deformación empleada en el estudio, se disiparon parcial o totalmente dentro de las suturas de huesos frescos. Por el contrario, las fracturas hechas en hueso seco mostraron mayor fragmentación que las realizadas en hueso fresco. Cuando se aplicaron con igual energía, las líneas de fractura eran más numerosas y más extensas en el hueso seco que el hueso fresco, y los ángulos de la fractura eran mayormente de 90 ° en el hueso seco. Los resultados enfatizaron que los futuros estudios experimentales y/o intentos de interpretar datos sobre huesos fracturados deben considerar las condiciones ambientales predominantes (enterramiento frente al aire libre, temperatura, humedad), ya que afectan en gran medida los patrones de fractura.

6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.

Los estudios del trauma por objeto contundente, siguen teniendo limitantes, toda vez que la literatura publicada no abarca de manera integral el fenómeno. Si bien es sumamente complicado conjugar la totalidad de las variables que interviene en el BFT, no deja de ser indispensable tener un conocimiento básico de sus componentes estructurales y relacionales.

En consonancia con lo anterior, fue posible observar que los estudios arqueológicos y forenses estaban conectados, pues si bien las muestras eran diferentes en cuanto a la temporalidad, correspondían en ambos casos a individuos fallecidos cuyos cuerpos eran recuperados utilizando métodos de la arqueología y la medicina forense con el fin de individualizar los restos materiales hallados (Walker, 2001; Smith, 2003; Judd, 2004; Meyer *et al.*, 2009; Wu *et al.*, 2011; Spencer, 2012; Coltrain *et al.*, 2012; Gaither *et al.*, 2012; Nagaoka, 2012; Giuffra *et al.*, 2013; Messina *et al.*, 2013; Jiménez-Brobeil *et al.*, 2014; Schwitalla *et al.*, 2014; Redfern *et al.*, 2014; Cohen, 2014; Fernández *et al.*, (2015); Sala *et al.*, 2015). Una lectura juiciosa de los sitios de enterramiento, requiere preferiblemente un conocimiento arqueológico profundo, sea en poblaciones actuales o del pasado.

El combate cuerpo a cuerpo, la violencia interpersonal y las causas indeterminadas fueron las principales circunstancias en las que se observó el BFT en contextos arqueológicos. Así, para el caso de combate cuerpo a cuerpo (Gaither *et al.*, 2012; Redfern *et al.*, 2014, y Fernández *et al.*, 2015), se reportaron evidencias de fracturas perimórtem en las muestras, por compresión o doblamiento, y deprimidas, exceptuando el caso de Coltrain *et al.* (2012). Igualmente, los casos interpretados como violencia interpersonal contaron con amplio registro (Smith, 2003; Wu *et al.*, 2011; Nagaoka, 2012; Meyer *et al.*, 2012; Giuffra *et al.*, 2013; Messina *et al.*, 2013; Schwitalla *et al.*, 2014; Cohen, 2014; Jiménez-Brobeil *et al.*, 2014 y Sala *et al.*, 2015). En estos casos, las fracturas perimortem fueron recurrentes, con algunas referencias de fracturas deprimidas y fracturas antemórtem, aun teniendo en cuenta que algunos autores no reportaron la temporalidad del trauma. Con los anteriores

resultados, vale la pena resaltar la importancia de las lesiones perimortem en los contextos arqueológicos, ya que son un indicador de violencia interpersonal y, en general, del conflicto armado, como también lo son los combates cuerpo a cuerpo.

Las fracturas perimortem reportadas en los contextos arqueológico y forense, fueron centrales en los hallazgos, mientras que en el contexto médico no estuvieron presentes, toda vez que el tipo de muestra era –en su mayoría– pacientes sobrevivientes de accidentes. En este sentido, es importante que se tengan en cuenta todos los elementos que puedan ayudar a esclarecer las circunstancias de las fracturas, ya que pueden existir dificultades para aclarar el mecanismo de lesión en estos casos. (Semeraro *et al.*, 2012). El uso de los términos "postmortem" y "perimortem" no son términos analíticamente útiles en la antropología forense para describir la morfología de la fractura. El término perimortem, aunque bien definido, es ineficaz porque se refiere a un período temporal en lugar de una condición física (fresca o seca).

Es importante recalcar la importancia del patrón de fractura ya que ejemplifica la configuración de una lesión resultante de una técnica de ejecución. La identificación del patrón de traumatismo podría ayudar a los investigadores forenses en el reconocimiento de métodos específicos de asesinato o ejecución, lo cual es un paso crucial en el análisis forense de asesinatos masivos que suceden, por ejemplo, en los crímenes de guerra y crímenes contra la humanidad. El estudio del patrón y su distribución puede aclarar las causas probables del trauma.

Entre las complicaciones para realizar un diagnóstico fiable se encuentran los factores tafonómicos que complican las interpretaciones del trauma observado, es decir, la interpretación de los patrones de fractura puede ser oscurecida por factores tafonómicos como la degradación ósea, las fuerzas de presión en el suelo y la intemperie, si el intervalo postmortem es suficiente. Dadas estas limitaciones, deben considerarse los factores complejizadores y los diagnósticos diferenciales para evaluar la causa o causas fundamentales del trauma observado.

Con las condiciones en las que los restos pueden encontrarse hasta ser recuperados y, teniendo en cuenta las implicaciones anteriormente mencionadas sobre los problemas que pueden tener en el espacio que se hallan, es importante que los estudios de violencia interpersonal que se centran sólo en la presencia o ausencia de traumatismo mayor (o letal) tengan en cuenta las variables de la etapa de descomposición de los restos y el porcentaje de recuperación del cuerpo para interpretar correctamente los resultados e identificar con precisión el porcentaje de víctimas que murieron de actos violentos. De ahí que la interpretación del trauma de BFT a los huesos puede tener un impacto médico-legal significativo, siempre y cuando se tenga una comprensión clara de la relación entre el PMI (intervalo post mortem), el contenido de humedad del hueso, y las características de la fractura.

La presencia de traumatismos craneales es de vital importancia para conocer la intencionalidad del acto, sin embargo “el estudio de las fracturas craneales ayuda a dilucidar su mecanismo de producción, más aún cuando son deprimidas. Diferentes estudios ponen de manifiesto que no hay patrones reproducibles, sino que las fracturas craneales se originan de modo variable y que un mismo tipo de fractura no se debe a un único mecanismo de producción” (Negre *et al.*, 2013:71). Por tanto, si bien no se pueden reproducir una guía para diferenciar los golpes suicidas de golpes homicidas en traumatismo craneal de cabeza, es posible realizar una representación más precisa de los eventos que rodean la muerte, es decir los golpes con los que se pueden presentar pruebas que ayuden a imputar cargos a un homicida, ya que los patrones de agrupamiento de laceraciones del cuero cabelludo y fracturas del cráneo también serían útiles para identificar el golpe suicida. Las fracturas de cráneo se asocian comúnmente con lesiones intracraneales, pero ningún patrón de fractura es indicador de abuso físico.

Considerando las circunstancias de muerte, tenemos que, el ahorcamiento es un método importante y cada vez más común de suicidio en los países desarrollados. La lesión de la columna cervical es comúnmente reportada después de un

traumatismo suspendido o de fuerza contundente. Se desprende claramente que la causa de la muerte por ahorcamiento es compleja y multifactorial. Los instrumentos con los que se causa la muerte, ya sea infligida o autoinfligida, son de especial interés para el equipo de forenses.

Al ser esta una monografía sobre los BFT, no se puede hacer a un lado la importancia de los objetos que causan dichos traumas. Para los objetos contundentes de superficie pequeña cuando el impacto se realiza a una velocidad muy alta, el resultado es la creación de un agujero por fractura deprimida, reproduciendo frecuentemente la forma del objeto utilizado. Cuando el impacto se entrega con gran energía, el hueso presenta una fragmentación con penetración ósea, con proyección de las piezas óseas hacia el cerebro. Si la fuerza aplicada por el objeto contundente no es suficiente, el grado de depresión es mínimo. Los cambios en las tecnologías han hecho que la variedad de objetos utilizados sea mayor. “En las contusiones, especialmente cuando se trata de heridas contusas y fracturas craneales, la identificación del instrumento contundente depende del trabajo conjunto de varias disciplinas forenses” (Negre Muñoz *et al.*, 2013).

La diferencia entre los contextos forenses con los médicos radica en posibilidad de supervivencia de los afectados por BFT y, que los primeros corresponden a instancias judiciales mientras que los contextos médicos se preocupan por disminuir la mortalidad de los pacientes. Los contextos médicos se encuentran enfocados en hacer la atención al paciente de BFT más eficiente y que la toma de decisiones, en cuanto al proceder médico-quirúrgico, sea igualmente eficaz, especialmente en el tratamiento de lesiones faciales. Estos estudios apuntan a disminuir la morbilidad y mortalidad que se pueda presentar en los afectados por BFT (Oyetunyi, 2013). Por otra parte, se vio la asociación de la obesidad con la incidencia de lesiones graves en la cabeza y las limitaciones en el diagnóstico y tratamiento de lesiones en un contexto traumático (Evans, 2011). En otros estudios, se revela la preocupación por los escenarios quirúrgicos, es decir, construir protocolos en donde el posible ingreso a una sala quirúrgica sea oportuno (Frofel, 2008; Rajendra, 2009), así como la

evaluación de las atenciones y la determinación de un algoritmo que permita la eficiencia en la atención en la primera hora de muerte.

Es relevante para los autores el reconocimiento precoz y el manejo apropiado de las fracturas, y, por tanto la utilidad de las imágenes diagnósticas, toda vez que son una ayuda importante en la descripción de las lesiones. Las revisiones de casos, así como los análisis estadísticos también fueron metodologías usadas en este contexto con predominancia de la revisión y las imágenes diagnósticas. Con esto se pueden fijar directrices para la atención de personas con traumas por objeto contundente que pudieran generar tanto fracturas comunes como infrecuentes.

Los accidentes, en especial de tipo vehicular, fueron una circunstancia transversal en contextos forenses y médicos. Las fracturas craneales y costales fueron las más recurrentes. Es importante resaltar el papel de las lesiones de alta energía para el caso de los accidentes, ya que estas no tienen una tasa de recuperación alta y están asociadas a daños en otros órganos del cuerpo. Los accidentes automovilísticos son la principal causa de lesiones por BTF y el patrón de lesión de la fuerza contundente más común que se presenta en las extremidades inferiores es la fractura de la mariposa. Las fracturas de mariposa pueden tener más probabilidades de ocurrir como resultado de un trauma que involucra una superficie de impacto concentrada, una mayor cantidad de deformación y una corteza más delgada

El estudio de las características biomecánicas permite reproducir tipos de fractura y circunstancias posibles de generación. Resulta importante estudiar la relación entre la interfaz de impacto y las fracturas producidas. Cuando la energía impactante es suficientemente grande, la extensión del daño al sistema esquelético es, debido a la transmisión de energía y el impacto secundario y no a la región que recibe el impacto. En este sentido, las frecuencias, los tipos y el número de fracturas por región del cuerpo pueden fluctuar con respecto a la altura desde la cual se produce el impacto.

Una cantidad abrumadora de evidencia forense indica que las fracturas en el cráneo se inician en el punto de impacto. La fractura deprimida del cráneo debido a un instrumento contundente, muestra varias características relacionadas con el arma y su forma de uso. El patrón de lesión asociado con los experimentos de impacto indica que la aparición de laceraciones y fracturas causadas por objetos contundentes son variables y algo impredecibles. El efecto de la fuerza por objetos contundente comúnmente encontrados sobre el cráneo depende en gran medida de la cantidad de fuerza aplicada al área, la superficie de contacto del objeto con el cráneo y la cantidad de presión absoluta transferida desde el objeto al cráneo.

En el estudio del BFT resulta importante establecer las variables que tiene un rol importante en la generación de las fracturas como son la aceleración, fuerza e impacto que son susceptibles de cuantificación, tales como la fuerza, el ángulo y la velocidad de impacto o que son de orden nominal, por ejemplo, el tipo de instrumento o la etiología del impacto. Estas variables influirán en el patrón final y la extensión de las lesiones. La evaluación correcta de las lesiones óseas es actualmente estrictamente dependiente de características como el patrón de fractura, el ángulo de fractura, la rugosidad táctil de los márgenes/contorno de la fractura o características como la presencia de colágeno y fibras elásticas o el color de los márgenes fracturados

Los restos óseos animales, principalmente cerdos, son útiles para la construcción de los modelos, que reproducen con cierta similitud las características biomecánicas del BFT en los humanos. Sin embargo, el uso de animales no siempre es fiable debido a las limitantes para recrear las condiciones en las que se generan las fracturas. Se espera que estas dificultades sean más bien un aliciente para contribuir con nuevos conocimientos en un espacio que requiere la preocupación de los estudiosos del tema. Es importante resaltar el papel de los estudios experimentales y la formulación de modelos. El establecimiento de modelos es una novedad y se le está apostando a generar conocimiento en un área que aunque no es muy prolífica, apunta a establecer estándares para la validación de los

mecanismos de lesión en diferentes muestras.

Dentro de los estudios sobre los aspectos generales del trauma tenemos que el tejido óseo, las fracturas y las propiedades biomecánicas que participan en el fenómeno del trauma por objeto contundente, en general, no abordan de manera integral el fenómeno. Si bien es sumamente complicado integrar la totalidad de las variables que interviene en el BFT, no deja de ser indispensable tener un conocimiento básico de cada una los factores causales involucrados. Es pues necesario, como se pudo ver en los estudios, que se siga abogando por la interdisciplinariedad para abrir los marcos de interpretación y análisis que se puedan hacer desde diferentes contextos.

Por último, vale destacar que dentro del universo muestral se encontraron pocos estudios nacionales. Esto no deja de ser inquietante teniendo en cuenta las cifras que presenta el país respecto a violencia y, en especial, al complejo fenómeno del BFT. Queda la invitación a seguir investigando sobre este fenómeno en aras de contribuir al esclarecimiento de casos en un inminente escenario de posconflicto.

9. BIBLIOGRAFÍA.

- Austin, A. E., Guddat, S. S., Tsokos, M., Gilbert, J. D., & Byard, R. W. (2013). Multiple injuries in suicide simulating homicide: report of three cases. *Journal of forensic and legal medicine*, 20(6), 601-604.
- Aare, M. and H. van Holst (2003). Injuries from motorcycle- and moped crashes in Sweden from 1987 to 1999. *Injury Control and Safety Promotion* 10(3):131–138.
- Adelson, L. (1974). Homicide by blunt violence: Deaths caused by manual, pedal and instrumental assault and by motor vehicle crashes. In *The Pathology of Homicide: A Vase Mecum for Pathologist, Prosecutor and Defense Counsel*, pp. 378–520. Charles C Thomas, Springfield, IL.
- Angel, J. and P. Caldwell (1984). Death by strangulation: A forensic anthropological case from Wilmington, Delaware. In *Human Identification: Case Studies in Forensic Anthropology*, T. Rathbun and J. Buikstra (Eds.) pp. 168–175. Charles C Thomas, Springfield, IL.
- Aghayev, E., Thali, M. J., Sonnenschein, M., Hurlimann, J., Jackowski, C., Kilchoer, T., & Dirnhofer, R. (2005). Fatal steamer accident; blunt force injuries and drowning in post-mortem MSCT and MRI. *Forensic science international*, 152(1), 65-71.
- Atanasijevic, T., Popovic, M., & Nikilic, D. (2009). Characteristics of chest injury in falls from heights. *Legal Medicine*, 11, 315-S317.
- Atanasijevic, T., Savic, S., Nikolic, S., & Djoki, V. (2005). Frequency and severity of injuries in correlation with the height of fall. *Journal of Forensic Sciences*, 50(3), 608-612.
- Berran, P. J., Mazuchowski, E. L., Marzouk, A., & Theodore Harcke, H. (2014). Observational case series: An algorithm incorporating multidetector computed tomography in the medicolegal investigation of human remains after a natural disaster. *Journal of forensic sciences*, 59(4), 1121-1125.
- Barber, I., & Kleinman, P. K. (2014). Imaging of skeletal injuries associated with abusive head trauma. *Pediatric radiology*, 44(4), 613-620.
- Barlow, B., M. Niemierska, R. Gandhi, and W. Leblanc (1983). Ten years of experience with falls from a height in children. *Journal of Pediatric Surgery* 18:509–511.

- Baraybar, J. P. (2008). Diagnóstico diferencial de la tortura en restos esqueletizados: presentación de tres casos. *Cuadernos de Medicina Forense*, (53-54), 277-290.
- Barrientos, G., & Pérez, I. (2004). La expansión y dispersión de poblaciones del norte de Patagonia durante el Holoceno tardío: evidencia arqueológica y modelo explicativo. En T. Civaleo, P. Fernández, & G. Guraieb, *Contra Viento y Marea. Arqueología de la Patagonia* (págs. 179-195). Buenos Aires.
- Barrientos, G. (1997). Nutrición y dieta de las poblaciones aborígenes prehispánicas del sudeste de la región pampeana. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Argentina, 221.
- Blacksin, M. (1993). Patterns of fracture after air bag deployment. *Journal of Trauma* 35(6):840–843.
- Baumer, T., Passalacqua, N., Powell, B., Newberry, W., Smith, W., Fenton, T., & Haut, R. (2010). Age-dependent fracture characteristics of rigid and compliant surface impacts on the infant skull – a porcine model. *Journal of Forensic Sciences*, 55(4), 993 – 997.
- Baumgartner, L., & Schmitt, K. (2014). Computer simulations to investigate the consequence of blunt head impact. *Journal of Forensic Sciences*, 59(5), 1191-1197.
- Berryman, H., & Haun, S. (1998). Recognizing gunshot and blunt cranial trauma through fracture interpretation. En K. Reichs, *Forensic Osteology: Advances in the Identification of Human Remains* (págs. 333-352). Springfield: Charles C. Thomas.
- Bjornstig, U., P. Bylund, T. Lekander, and B. Brorsson (1985). Motorcycle fatalities in Sweden. *Acta Chir Scand* 151(7):577–581.
- Black, K., Hanks, R., Wood, D., Zafonte, R., Cullen, N., Cifu, D., Englander, J., & Francisco, G. (2002). Blunt versus penetrating violent traumatic brain injury: frequency and factors associated with secondary conditions and complications. *Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 17(6), 489-496.
- Blair, E. (2004). *Un itinerario de investigación sobre la violencia: contribución a una sociología de la ciencia*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Brinker, M., & O'Connor, O. (2004). The incidence of fractures and dislocations referred for orthopedic services in a capitated population. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 86(2), 290-297.
- Brown, K. R., Silver, I. A., Musgrave, J. H., & Roberts, A. M. (2011). The use of μ CT technology to identify skull fracture in a case involving blunt force trauma. *Forensic science international*, 206(1), e8-e11.
- Buikstra, J. (1981). Mortuary practices, paleodemography and paleopathology: a case study from the Koster site (Illinois). En R. Chapman, A. Kines, & K.

- Randsborg, *The Archaeology of Death* (págs. 123-132). Cambridge: Cambridge University Press.
- Bury, D., Langlois, N., & Byard, R. W. (2012). Animal-Related Fatalities—Part I: Characteristic Autopsy Findings and Variable Causes of Death Associated with Blunt and Sharp Trauma. *Journal of forensic sciences*, 57(2), 370-374.
- Calce, S. E., & Rogers, T. L. (2007). Taphonomic changes to blunt force trauma: a preliminary study. *Journal of forensic sciences*, 52(3), 519-527.
- Calce, S., & Kurki, H. (2014). Skeletal variability of femoral robusticity in two human populations. *The 83rd Annual Meeting of the American Association of Physical Anthropology*.
- Caffey, J. (1957). Some traumatic lesions in growing bones other than fractures and dislocations: Clinical and radiological features. *Br J Radiol* 30:225–238.
- Carson, H. J. (2008). Brain trauma in head injuries presenting with and without concurrent skull fractures. *Journal of Forensic and Legal medicine*, 16(3), 115-120.
- Civera, M. (2006). El enfoque paleoepidemiológico en la antropología física. *Anales de antropología*, 40(2), 85-116.
- Chandra, J., T. D. Dogra, and P. C. Dikshit (1979). Pattern of cranio-intracranial injuries in fatal vehicular accidents in Delhi, 1866–76. *Medicine, Science and the Law* 19:186–194.
- Chattopadhyay, S., & Tripathi, C. (2010). Skull fracture and haemorrhage pattern among fatal and nonfatal head injury assault victims—a critical analysis. *Journal of injury and violence research*, 2(2), 99.
- Coats, B., & Margulies, S. (2006). Material properties of human infant skull and suture at high rates. *Journal of Neurotrauma*, 23(8), 1222-1232.
- Coelho, L., T. Ribeiro, R. Dias, A. Santos, and T. Magalhaes (2010). Elder homicide in the north of Portugal. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 17:383–387.
- Cohen, H., Sarie, I., Medlej, B., Bocquentin, F., Toledano, T., Herskovitz, I., & Slon, V. (2014). Trauma to the skull: a historical perspective from the southern Levant. *International Journal of Osteoarchaeology*, 24(6), 722-736.
- Coltrain, J., Janetski, J., & Lewis, M. (2012). A re-assessment of Basketmaker II cave 7: massacre site or cemetery context. *Journal of Archaeological Science*, 39(7), 2220-2230.
- Comas, J., Méndez, B., & De Castillo, H. (1971). *Biología Humana y/o Antropología Física: resultados de una encuesta*. México: UNAM.
- Currey, J. D. (1970). The mechanical properties of bone. *Clinical Orthopaedics* 73:210-

- 231.(1984). *The Mechanical Adaptations of Bone*. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Daly, B., Abboud, S., Ali, Z., Sliker, C., & Fowler, D. (2013). Comparison of whole-body post mortem 3D CT and autopsy evaluation in accidental blunt force traumatic death using the abbreviated injury scale classification. *Forensic science international*, 225(1), 20-26.
- Darok, M., Reichenpfader, B., & Roll, P. (2005). Finding of a skeleton in the Altaussee Lake—a forensic odyssey. *Forensic science international*, 147, S45-S47.
- Deisch, J., Quinton, R., & Gruszecki, A. C. (2011). Craniocerebral trauma inflicted by television falls. *Journal of forensic sciences*, 56(4), 1049-1053.
- Deland, T., Niespodziewanski, E., Fenton, T., & Haut, R. (2016). The role of interface on the impact characteristics and cranial fracture patterns using the immature porcine head model. *Journal of Forensic Sciences*, 61(5), 1190–1197.
- Demetriades, D., Murray, J., Martin, M., Velmahos, G., Salim, A., Alo, K., & Rhee, P. (2004). Pedestrians injured by automobiles: relationship of age to injury type and severity. *Journal of the American College of Surgeons*, 199(3), 382-387.
- Delannoy, Y., Becart, A., Colard, T., Delille, R., Tournel, G., Hedouin, V., & Gosset, D. (2012). Skull wounds linked with blunt trauma (hammer example). A report of two depressed skull fractures—Elements of biomechanical explanation. *Legal Medicine*, 14(5), 258-262.
- Desantis, K., Hulbert, G., & Schneider, L. (2002). Estimating infant head injury criteria and impact response using crash reconstruction and finite element modeling. *Stapp Car Crash Journal*, 46, 165-194.
- DiMaio, D., & DiMaio, V. (2014). *Forensic Pathology*. New York: CRC Press.
- Donskoi, D. (1988). *Biomecánica con fundamentos de la técnica deportiva*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Dressler, W. (1995). Modeling biocultural interactions: examples from studies of stress and cardiovascular disease. *Yearbook of Physical Anthropology*, 38, 27-56.
- Eggensperger, N., Holzle, Z., & Iizuka, T. (2008). Pediatric craniofacial trauma. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 66, 58–64.
- Evans, D., Stawicki, S., Davido, H., & Eiferman, D. (2011). Obesity in trauma patients: correlations of body mass index with outcomes, injury patterns, and complications. *The American Surgeon*, 77(8), 1003-1008.

- Ehrlich, E., A. Tischler, and H. Maxeiner (2009). Lethal pedestrian — passenger car collisions in Berlin: Changed injury patterns in two different time intervals. *Legal Medicine* 11:S324–S326.
- Falzon, A., & Davis, G. (1996). A 15-year retrospective review of homicide in the elderly. *Journal of Forensic Sciences*, 43(2), 371-374.
- Fernández, Á., Alemán, I., Botella, M., & Cunha, E. (2015). Perimortem fractures in the osteological collection of Aljubarrota (Portugal). *Journal of Anthropological Archaeology*, 40, 82-88.
- Fischer, R., Kleeman, J., & Troger, H. (1994). Types of trauma in cases of homicide. *Forensic Science International*, 68, 161-167.
- Forman, J., Perry, B., Henderson, K., Gjolaj, J., Heltzel, S., Lessley D., Riley P., Salzar, R., & Walilko, T. (2015). Blunt impacts to the back: Biomechanical response for model development. *Journal of Biomechanics*, 48(12), 3219-3226.
- Forman, R., & Gordon, M. (1986). *Landscape Ecology*. New York: Jhon Wiley & Sons.
- Frodel, J. L. (2008). Management of skull base fractures. *Operative Techniques in Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 19(3), 214-223.
- Gaither, C., & Murphy, M. (2012). Consequences of conquest? The analysis and interpretation of subadult trauma at Puruchuco-Huaquerones, Peru. *Journal of Archaeological Science*, 39(2), 467-478.
- Galloway, A. (1999). *Broken bones: Anthropological analysis of blunt force trauma*. Springfield: Charles C. Thomas.
- Galloway, A., & Zephro, L. (2005). Skeletal trauma analysis of the lower extremity. En J. Rich, D. Dean, & R. Powers, *Forensic medicine of the Lower Extremity: Human Identification and Trauma Analysis of the Thigh, Leg and Foot*. (págs. 249-273). New York: Humana Press.
- Galloway, A., & Wedel, V. L. (2013). *Broken bones: anthropological analysis of blunt force trauma*. Charles C Thomas Publisher.
- Giuffra, V., Pejrani, L., Subbrizio, M., & Fornaciari, G. (2015). Weapon-related Cranial Lesions from Medieval and Renaissance Turin, Italy. *International Journal of Osteoarchaeology*, 25(5), 690-700.
- Gómez, H. (2010). *Correlación entre las lesiones presentes en los tejidos blandos y el tejido óseo. Estudio transversal de casos con trauma contundente craneofacial en el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, regional Bogotá, 2008*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Trabajo de Grado para la Especialización en Antropología Forense.

- Goonetilleke, U. K. (1980). Injuries caused by falls from heights. *Medicine, Science and the Law* 20:262–275.
- Gordón, F. (2011). *Dinámica Poblacional, Conflicto y Violencia en el Norte de Patagonia durante el Holoceno tardío: un Estudio Arqueológico*. La Plata: EdULP.
- Granek, E., Baker, H., Abbey, E., & Robinson, E. (1987). Medications and diagnoses in relation to falls in long-term care facility. *Journal of the American Geriatric Society*, 35, 503–511.
- Gurdjian, E. (1975). *Impact Head Injury: Mechanistic, Clinical and Preventive Correlations*. Springfield: Charles C. Thomas.
- Gupta, S. M., J. Chandra, and T. D. Dogra (1982). Blunt force lesions related to the heights of fall. *American Journal of Forensic Medicine and Pathology* 3:35–43.
- Guyomarchh, P., Campagna-Villancourt, M., Kremer, C., Sauvageau, & A. (2010). Discrimination of falls and blows in blunt head trauma: A multi-criteria approach. *Journal of Forensic Sciences*, 55(2), 423–427.
- Hannon, M., P. Hadjizacharia, L. Chan, D. Plurad, and D. Demetriades (2009). Prognostic significance of lower extremity long bone fractures after automobile versus pedestrian injuries. *Journal of Trauma* 67:1384–1388.
- Haider, A. H., Chang, D. C., Haut, E. R., Cornwell, E. E., & Efron, D. T. (2009). Mechanism of injury predicts patient mortality and impairment after blunt trauma. *Journal of surgical research*, 153(1), 138-142.
- Haug, R. H., J. D. Savage, M. U. Likavec, and P. J. Conforti (1992). A review of 100 closed head injuries associated with facial fractures. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgeons* 50(3):218–222.
- Harvey, F., & Jones, A. (1980). “Typical” basal skull fracture of both petrous bones: An unreliable indicator of head impact site. *Journal of Forensic Sciences*, 25, 280–285.
- Hellier, C., Conelly, & R. (2009). Cause of death in judicial hanging: A review and. *Medicine, Science and the Law*, 49(1), 18–26.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista. (2014). *Metodología de la investigación*. México D.F.: McGraw Hill.
- Hewitt, P., Augusta, F., & Antonio, F. (2007). *Física Conceptual*. México D.F.: Pearson Educación.
- Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. (2015). *Forensis 2014, Datos para la vida*. Bogotá: Fiscalía General de la Nación.
- Isaza, J. (2008). *Aplicaciones de la paleopatología al análisis de traumas violentos en contextos antropológicos forenses*. Granada: Universidad de Granada.

- Jiménez-Brobeil, S., du Souich, O., Oumaoui, & I. (2009). Possible relationship of cranial traumatic injuries with violence in the south-east Iberian Peninsula from the Neolithic to the Bronze Age. *American Journal of Physical Anthropology*, 140, 465-475.
- Jiménez-Brobeil, S., Roca, M., Laffranchi, Z., Nájera, T., & Molina, F. (2014). Violence in the Central Iberian Peninsula during the Bronze Age: a possible Prehistoric homicide. *International Journal of Osteoarchaeology*, 24(5), 649-659.
- Jordana, F., Colat-Parros, J., & Bénézech, M. (2013). Diagnosis of skull fractures according to postmortem interval: an experimental approach in a porcine model. *Journal of Forensic Sciences*, 58(s1), S156–S162.
- Judd, M. (2004). Trauma in the city of Kerma: ancient versus modern injury patterns. *International Journal of Osteoarchaeology*, 14(1), 34-51.
- Judd, M. (2008). The parry problem. *Journal of Archaeological Science*, 35(6), 1658-1666.
- Jurmain, R. (2001). Paleoepidemiological patterns of trauma in a prehistoric population from central California. *American Journal of Physical Anthropology*, 115(1), 13-23.
- Jurmain, R., Kilgore, L., & Trevathan, W. (2009). *Essentials of Physical Anthropology*. New York: Wadsworth.
- Kerley, E. (1978). The identification of battered infant skeletons. *Journal of Forensic Sciences*, 223, 164–168.
- Kempe, C. (1962). The battered-child syndrome. *JAMA* 181(1):17–24.
- Khokhlov, V. (1997). Injuries to the hyoid bone and laryngeal cartilages: Effectiveness of different methods of medicolegal investigation. *Forensic Science International*, 88(3), 173–183.
- Kremer, C., & Sauvageau, A. (2009). Discrimination of falls and blows in blunt head. *Journal of Forensic Sciences*, 54(4), 923–926.
- Kremer, C., Racette, C., Dionne, A., & Sauvageau, A. (2008). Discrimination of falls and blows in blunt head trauma: A systematic study of the hat brim rule in relation to skull fractures. *Journal of Forensic Sciences*, 53(3), 716–719.
- Komar, D. A., & Lathrop, S. (2012). Patterns of trauma in conflict victims from Timor Leste. *Journal of forensic sciences*, 57(1), 3-5.
- Kranioti, E. (2015). Forensic investigation of cranial injuries due to blunt force trauma: current best practice. *Research and Reports in Forensic Medical Science*, 5, 25-37.

- Kroman, A. (2004). Experimental study of fracture propagation in the human skull: a re-testing of popular theories. *56th Annual Meeting of the American Academy of Forensic Sciences, February 16–21*. Dallas, TX.
- Kroman, A., Kress, T., & Porta, D. (2011). Fracture propagation in the human cranium: A re-testing of popular theories. *Clinical Anatomy*, 24(3), 309-318.
- Kulowski, J. (1961). Interconnected motorist injuries of the hip, femoral shaft and knee. 5th Stapp Car Crash Conference, 105–124
- Lambert, P. (1997). Patterns of violence in prehistoric hunter-gatherer societies of coastal southern California. En D. Martin, & D. Frayer, *Troubled Times* (págs. 77–110). New York: Gordon and Breach Pub.
- Lambert, P. (2002). The archaeology of war: A North American perspective. *Journal of Archaeological Research*, 10 (3), 207-241.
- Larsen, C. (1987). Bioarchaeological interpretation of subsistence economy and behavior from human skeletal remains. *Advances in Archaeological Method and Theory*, 10, 339-445.
- Lerma, H. (2009). *Metodología de la investigación: propuesta, anteproyecto y proyecto*. Bogotá: ECOE.
- Lombardi, D., Smith, G., Courtney, M., J, B., Kim, J., & Perry, M. (2011). Work-related falls from ladders: A follow-back study of US emergency. *Scandinavian Journal of Work Environment Health*, 37(6), 525–532.
- Looby, S., & Flanders, A. (2011). Spine trauma. *Radiologic Clinics of North America*, 49(1), 129-163.
- Lovell, N. (1997). Trauma analysis in paleopathology. *American journal of physical anthropology*, 104(25), 139-170.
- Lovell, N. (1998). Analysis and interpretation of skeletal trauma. En M. Katzenberg, & S. Saunders, *Biological Anthropology of the Human Skeleton* (págs. 341-386). New York: Wiley-Liss.
- Lovell, N. C. (2008) Analysis and Interpretation of Skeletal Trauma, in *Biological Anthropology of the Human Skeleton, Second Edition*
- Lowenstein, S., Yaron, R., Carrera, D., Devereux, D., & Jacobs, L. (1989). Vertical trauma: Injuries to patients who fall and land on their feet. *Annals of Emergency Medicine*, 18, 161–165.
- Maeda, H., T. Higuchi, M. Imura, and K. Noguchi (1993). Ring fracture of the base of the skull and atlanto-occipital avulsion due to anteroflexion on motorcycle riders in a head-on collision accident. *Medicine, Science and the Law* 33:266–269.

- MacLeod, J., Cohn, S., Johnson, E., & McKenney, M. (2007). Trauma deaths in the first hour: are they all unsalvageable injuries? *The American Journal of Surgery*, 193(2), 195-199.
- Martos, V., & Jackowski, C. (2012). Bilateral fractures of the transverse processes: A diagnostic sign of overrun? *Forensic Science International*, 219, 244–247.
- Marceau, C.M. (2007). Bone Weathering in a Cold Climate: Forensic Applications of a Field Experiment using Animal Models. MA thesis, University of Alberta.
- Mayer, T., Walker, M., Johnson, D., & Matlak, M. (1981). Causes of morbidity and mortality in severe pediatric trauma. *JAMA*, 245, 719–721.
- McFadgion, A. (2013). *Intimate Partner Violence and Probable Traumatic Brain Injury: Manifestations in the Lives of Abused Women*. Washington: Howard University.
- McElhaney, J. E., V. L. Reynolds, and J. F. Hilyard (1976). *Handbook of Human Tolerance*. Japan Automobile Research Institute, Inc, Tokyo.
- McGee, M. B. (1991). Unusual blunt force wound patterns due to a hexagonal steel bar. *American Journal of Forensic Medicine and Pathology* 12:149–152.
- McIntosh, S. E., Grissom, C. K., Olivares, C. R., Kim, H. S., & Tremper, B. (2007). Cause of death in avalanche fatalities. *Wilderness & environmental medicine*, 18(4), 293-297.
- MacLeod, J. B., Cohn, S. M., Johnson, E. W., & McKenney, M. G. (2007). Trauma deaths in the first hour: are they all unsalvageable injuries?. *The American journal of surgery*, 193(2), 195-199.
- Meservy, C.J., Towbin, R., McLaurin RL., Myers, PA and Ball, W (1987). Radiographic characteristics of skull fractures resulting from child abuse. *American Journal of Roentgenology* 1987 149:1, 173-175
- Mehta, N., Butala, P., & Bernstein, M. (2012). The imaging of maxillofacial trauma and its pertinence to surgical intervention. *Radiologic Clinics of North America*, 50(1), 43-57.
- Messina, A., Carotenuto, G., Miccichè, R., & Sineo, L. (2013). Fatal cranial injury in an individual from Messina (Sicily) during the times of the Roman Empire. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 20(8), 1018-1023.
- Meyer, C., Brandt, G., Haak, W., Ganslmeier, R., Meller, H., & Alt, K. (2009). The Eulau eulogy: Bioarchaeological interpretation of lethal violence in Corded Ware multiple burials from Saxony-Anhalt, Germany. *Journal of Anthropological Archaeology*, 28(8), 412-423.
- Meyer, C., Ganslmeier, R., Dresely, V., & Alt, K. (2012). New approaches to the reconstruction of kinship and social structure based on bioarchaeological analysis of neolithic multiple and collective graves. *Theoretical and*

- methodological considerations in central European Neolithic archaeology. *BAR. International Series*, 2325, 11-23.
- Mole, C., Heyns, M., & Cloete, T. (2015). How hard is hard enough? An investigation of the force associated with lateral blunt force trauma to the porcine cranium. *Legal Medicine*, 17(1), 1-8.
- Moraitis, K., & Spiliopoulou, C. (2006). Identification and differential diagnosis of perimortem blunt force trauma in tubular long bones. *Forensic Science, Medicine, and Pathology*, 2(4), 221-229.
- Moreno, A., Crosby, S., Xenakis, S., & Iacopino, V. (2015). Implementing Istanbul Protocol standards for forensic evidence of torture in Kyrgyzstan. *Journal of forensic and legal medicine*, 30, 39-42.
- Murphy, S. P., P. S. Sledzik, R. W. Mann, and M. A. Kelley (1990). Macroscopic bone remodeling following trauma: Reconsidering the term perimortem. Paper presented at the American Academy of Forensic Sciences, Cincinnati.
- Nagata, J., Uno, H., & Perry, M. (2010). Clinical consequences of road traffic injuries among the elderly in Japan. *BMC Public Health*, 10, 375–382.
- Nagaoka T, Uzawa K, Hirata K. 2010. Evidence for weapon related traumas in medieval Japan: observations of the human crania from Seiyokan. *Anthropological Science* 118: (in press).
- Nagaoka, T. (2012). Cranial traumatic injuries caused by weapons in Tokugawa Japan. *International Journal of Osteoarchaeology*, 22(2), 138-144.
- Neves, W., & Pucciarelli, H. (1989). Extra-continental biological relationships of early South American human remains: a multivariate analysis. *Ciência e Cultura*, 41, 566-575.
- Negre Muñoz, M. D. C., Bermejo Pérez, M., & Bosquet Pastor, S. (2013). Homicidio por traumatismo craneoencefálico: importancia de los indicios no biológicos.
- O'Neill, B. (1985). The statistics of trauma. In *The Biomechanics of Trauma*, A. M. Nahum and J. Melvin (Eds.), pp. 17–30. Appleton-Century-Crofts, Norwalk, CT.
- Ortner, D., & Putschar, W. (1981). *Identification of Pathological Conditions in Human Skeletal Remains*. New York: Smithsonian Institution Press.
- Ortner, D. J. (2003). *Identification of pathological conditions in human* Ortner, D. J. (2003).
- Oyetunji, T. A., Jackson, H. T., Obirize, A. C., Moore, D., Branche, M. J., Greene, W. R., ... & Siram, S. M. (2013). Associated injuries in traumatic sternal fractures: a review of the National Trauma Data Bank. *The American Surgeon*, 79(7), 702-705.

- Pagezy, H. (2005). Variaciones Estacionales. En E. Rebato, C. Susanne, & B. Chiarelli, *Para comprender la Antropología Biológica* (págs. 85-111). Navarra: Verbo Divino.
- Panzer, S., Peschel, O., Haas-Gebhard, B., Bachmeier, B. E., Pusch, C. M., & Nerlich, A. G. (2014). Reconstructing the life of an unknown (ca. 500 years-old South American Inca) mummy—multidisciplinary study of a Peruvian Inca mummy suggests severe chagas disease and ritual homicide. *PLoS one*, 9(2), e89528.
- Passalacqua, N., & Fenton, T. (2012). Developments in skeletal trauma: blunt-force trauma. En C. Dirkmaat, *A Companion to Forensic Anthropology* (págs. 400–411). Chichester: Wiley.
- Padubidri, J. R., Menezes, R. G., Pant, S., & Shetty, S. B. (2013). Deaths among women of reproductive age: a forensic autopsy study. *Journal of forensic and legal medicine*, 20(6), 651-654.
- Prajapati, T., & Tandon, R. N. (2013). Patterns of Fatal Head Injuries Cases brought to Civil Hospital Mourtuary, Ahmedabad. *Indian Journal of Forensic Medicine & Toxicology*, 7(1), 209.
- Pearce, C. (2013). *On the dynamic pressure response of the brain during blunt head injury: modelling and analysis of the human injury potential of short duration impact*. Exeter: University of Exeter.
- Pechníková, M., Mazzarelli, D., Poppa, P., Gibelli, D., Scossa Baggi, E., & Cattaneo, C. (2015). Microscopic pattern of bone fractures as an indicator of blast trauma: a pilot study. *Journal of forensic sciences*, 60(5), 1140-1145.
- Petaros, A., Slaus, M., Coklo, M., Sosa, I., Cengija, M., & Bosnar, A. (2013). Retrospective analysis of free-fall fractures with regard to height and cause of fall. *Forensic Science International*, 226(1), 290-295.
- Plueckhahn, V. D. and S. M. Cordner (1991). *Ethics, Legal Medicine and Forensic Pathology*. Melbourne University Press, Melbourne
- Porta, D. (2005). Biomechanics of impact injury. En J. Rich, D. Dean, & R. Powers, *Forensic Medicine of the Lower Extremity* (págs. 279-310). New York: Humana Press.
- Powell, B., Passalacqua, N., Baumer, T., Fenton, T., & Haut, R. (2012). Fracture patterns on the infant porcine skull following severe blunt impact. *Journal of Forensic Sciences*, 57(2), 312-317.
- Rajendra, P., Mathew, T., Agrawal, A., & Sabharawal, G. (2009). Characteristics of associated craniofacial trauma in patients with head injuries: An experience with 100 cases. *Journal of Emergencies, Trauma, and Shock*, 2(2), 89-94.
- Raymond, D., & Bir, C. (2015). A Biomechanical Evaluation of Skull–Brain Surrogates to Blunt High-Rate Impacts to Postmortem Human Subjects. *Journal of Forensic Sciences*, 60(2), 370-373.

- Rebato, E., Susanne, C., & Chiarelli, B. (2005). *Para comprender la Antropología Biológica*. Navarra: Verbo Divino.
- Reber, S., & Simmons, T. (2015). Interpreting injury mechanisms of blunt force trauma from butterfly fracture formation. *Journal of Forensic Sciences*, 60(6), 1401-1411.
- Redfern, R., & Bonney, H. (2014). Headhunting and amphitheater combat in Roman London, England: new evidence from the Walbrook Valley. *Journal of Archaeological Science*, 43, 214-226.
- Reinhard, K. J., Welner, M., Okoye, M. I., Marotta, M., Plank, G., Anderson, B., & Mastellon, T. (2013). Applying forensic anthropological data in homicide investigation to the depravity standard. *Journal of forensic and legal medicine*, 20(1), 27-39.
- Richardson, J. D., J. Harty, M. Amin, and L. M. Flint (1982). Open pelvic fractures. *Journal of Trauma* 22:533–538.
- Rodríguez, J. (2004). *La antropología forense en la identificación humana*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Rodríguez, J. (2011). *La identificación humana en Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Robertson, A., T. Branfoot, I. F. Barlow, and P. V. Giannoudis (2002). Spinal injury patterns resulting from car and motorcycle accidents. *Spine* 27(24):2825–2830.
- Rogers, L. (1992). *Radiology of Skeletal Trauma*. New York: Churchill Livingstone.
- Roksandic, M. (2006). Analysis of burials from the new excavations of the sites Cabeço da Amoreira and Cabeço da Arruda (Muge, Portugal). *Do Epipaleolítico ao Calcolítico na Península Ibérica. Actas do IV Congresso de Arqueologia Peninsular* (págs. 43-54). Faro: Universidade do Algarve.
- Roksandic, M., Djurić, M., Rakočević, Z., & Seguin, K. (2006). Interpersonal violence at Lepenski Vir Mesolithic/Neolithic complex of the Iron Gates Gorge (Serbia-Romania). *American Journal of Physical Anthropology*, 129(3), 339-348.
- Ross, M., & Wojciech, P. (2007). *Histología: texto y atlas color con biología celular y molecular*. Buenos Aires: Medica Panamericana.
- Roth, S., Raul, J., Ludes, B., & Willinger, R. (2007). Finite element analysis of impact and shaking inflicted to a child. *International Journal of Legal Medicine*, 121(3), 223-228.
- Rothenberger, D. A., R. Velasco, R. Strate, R. P. Fischer, and J. F. Perry (1978). Open pelvic fracture: A lethal injury. *Journal of Trauma* 18:184–187.

- Ruff, C. (2008). Biomechanical analysis of archaeological human skeletons. En M. Katzenberg, & S. Saunders, *Biological Anthropology of the Human Skeleton* (págs. 71-103). New York: Wiley.
- Sala, N., Arsuaga, J., Pantoja-Pérez, A., Pablos, A., Martínez, I., Quam, R., & Carbonell, E. (2015). Lethal interpersonal violence in the Middle Pleistocene. *PloS one*, 10(5).
- Seelig, M. and L. F. Marshall (1985). Biomechanics of head injury: Clinical aspects. In *Biomechanics of Trauma*, A. M. Nahum and J. Melvin (Eds.), pp. 225–243. Appleton-Century-Crofts, Norwalk, CT.
- Sharma, R., Kumar, A., Bhat, D. I., & Devi, B. I. (2012). Compound elevated skull fractures in adults: a series of five patients and review of literature. *The Indian Journal of Neurotrauma*, 9(2), 112-116.
- Sharkey, E. J., Cassidy, M., Brady, J., Gilchrist, M. D., & NicDaeid, N. (2012). Investigation of the force associated with the formation of lacerations and skull fractures. *International journal of legal medicine*, 126(6), 835-844.
- Shields, L. B., & Stewart, D. (2011). Deer stand fatalities in Kentucky: two cases of reverse suspension and blunt force trauma. *The American journal of forensic medicine and pathology*, 32(1), 39-43.
- Simonsen, J. (1983). Injuries sustained from high-velocity impact with water after jumps from high bridges. *American Journal of Forensic Medicine and Pathology* 4:139–142.
- Smith, M. D., J. D. Burrington, A. D. Woolf (1975). Injuries in children sustained in free falls: an analysis of 66 cases. *Journal of Trauma* 15:987–991.
- Smith, M. O. (2003). Beyond palisades: The nature and frequency of late prehistoric deliberate violent trauma in the Chickamauga Reservoir of East Tennessee. *American Journal of Physical Anthropology*, 121(4), 303-318.
- Spencer, S. D. (2012). Detecting violence in the archaeological record: Clarifying the timing of trauma and manner of death in cases of cranial blunt force trauma among pre-Columbian Amerindians of West-Central Illinois. *International Journal of Paleopathology*, 2(2), 112-122.
- Spitz, W. (Ed.) (2005). *Spitz and Fisher's Medicolegal Investigation of Death: Guidelines for the Application of Pathology to Crime Investigation* (4th ed). Charles C Thomas, Springfield, IL
- Spitz, W. and R. Fisher (1980). *Medicolegal Investigation of Death: Guidelines for the Application of Pathology to Crime Investigation*. Charles C Thomas, Springfield, IL.
- Saukko, P., & Knight, B. (2004). *Knight's Forensic Pathology*. New York: Hodder Arnold Press.

- Scalea, T., A. Goldstein, T. Phillips, S. J. A. Sclafani, T. Panetta, J. McAuley, and G. Shaftan (1986). An analysis of 161 falls from a height: the "jumper syndrome". *Journal of Trauma* 26:706–712.
- Schmitt, P., Barrett, D., Christophel, J., Leiva-Salinas, C., Mukherjee, S., & Shaffrey, M. (2014). Surgical Perspectives in Craniofacial Trauma. *Neuroimaging Clinics of North America*, 24(3), 531-552.
- Schulting, R., & Wysocki, M. (2005). 'In this Chambered Tumulus were Found Cleft Skulls...': an Assessment of the Evidence for Cranial Trauma in the British Neolithic. *Proceedings of the Prehistoric Society*, 71, 107-138.
- Schwitalla, A., Jones, T., Pilloud, M., Codding, B., & Wiberg, R. (2014). Violence among foragers: The bioarchaeological record from central California. *Journal of Anthropological Archaeology*, 33, 66-83.
- Semeraro, D., Passalacqua, N. V., Symes, S., & Gilson, T. (2012). Patterns of trauma induced by motorboat and ferry propellers as illustrated by three known cases from Rhode Island. *Journal of forensic sciences*, 57(6), 1625-1629.
- Sieswerda-Hoogendoorn, T., Robben, S. G. F., Karst, W. A., Moesker, F. M., van Aalderen, W. M., Laméris, J. S., & van Rijn, R. R. (2014). Abusive head trauma: Differentiation between impact and non-impact cases based on neuroimaging findings and skeletal surveys. *European journal of radiology*, 83(3), 584-588.
- Sharkey, E., Cassidy, M., Brady, J., Gilchrist, M., & NicDaeid, N. (2012). Investigation of the force associated with the formation of lacerations and skull fractures. *International Journal of Legal Medicine*, 126(6), 835-844.
- Simonsen, J. (1983). Injuries sustained from high-velocity impact with water after jumps from high bridges. *American Journal of Forensic Medicine and Pathology*, 4, 139–142.
- Smith, M. (2003). Beyond palisades: The nature and frequency of late prehistoric deliberate violent trauma in the Chickamauga Reservoir of East Tennessee. *American Journal of Physical Anthropology*, 121, 303-318.
- Spencer, S. (2012). Detecting violence in the archaeological record: Clarifying the timing of trauma and manner of death in cases of cranial blunt force trauma among pre-Columbian Amerindians of West-Central Illinois. *International Journal of Paleopathology*, 2(2-3), 112-122.
- Steffner, R., & Lee, M. (2013). Emerging concepts in upper extremity trauma: humeral shaft fractures. *Orthopedic Clinics of North America*, 44(1), 21-33.
- .
- Sulaiman, N., Osman, K., Hamzah, N., & Hamzah, S. (2014). Blunt force trauma to skull with various instruments. *The Malaysian Journal of Pathology*, 36(1), 33-46.

- Sung, E., Nadgir, R., & Sakai, O. (2012). Computed Tomographic Imaging in Head and Neck Trauma: What the Radiologist Needs to Know. *Seminars in Roentgenology*, 47(4), 320–329.
- Subirana, M., Galtés, I., & Malgosa, A. (2008). Lesiones costales en antropología forense. *Cuadernos de Medicina Forense*, (53-54), 251-268.
- Tabares, E., Rosique, J., & Delgado-Burbano, M. (2012). Tendencias de la bioantropología y un estudio de caso: su desarrollo académico en la Universidad del Cauca. *Revista Colombiana de Antropología*, 48(1), 259-278.
- Ta'ala, S. C., Berg, G. E., & Haden, K. (2006). Blunt force cranial trauma in the Cambodian killing fields. *Journal of forensic sciences*, 51(5), 996-1001.
- Temlett, J., & Byard, R. W. (2012). Homicide among Indigenous South Australians: A forty-year study (1969–2008). *Journal of forensic and legal medicine*, 19(8), 445-447.
- Thali, M., Kneubuehl, B., & Dirnhofer, R. (2002). A “skin–skull–brain model” for the biomechanical reconstruction of blunt forces to the human head. *Forensic Science International*, 125(2), 195-200.
- Thierauf, A., Lutz-Bonengel, S., Sängler, T., Vogt, S., Rupp, W., & Perdekamp, M. G. (2012). Suicide by multiple blunt head traumatization using a stone. *Forensic science international*, 214(1), e47-e50.
- Toro, I., & Parra, R. (2006). *Método y conocimiento: metodología de la investigación*. Medellín: Fondo Editorial Universidad EAFIT.
- Ubelaker, D. H. (1992). Hyoid fracture and strangulation. *Journal of Forensic Sciences* 37(5):1216–1222.
- Valls, A. (1985). *Introducción a la antropología. Fundamentos de la evolución y de la variabilidad biológica del Hombre*. Barcelona: Labor.
- Valero, D. C. (2001). *Introducción a la paleopatología*. Barcelona: Bellaterra.
- Varley, G. W., R. Spencer-Jones, P. Thomas, D. Andrews, A. D. Green, and D. B. Stevens (1993). Injury patterns in motorcycle road racers: Experience on the Isle of Man 1989–1991. *Injury* 24(7):443–446.
- Valsangiácomo, P., González, F., Ruso, L., Penco, E., & Vázquez, R. (2013). Epidemiología del politraumatizado laboral. *Panamerican Journal of Trauma, Critical Care and Emergency Surgery*, 2(1), 37-44.
- Varnamkhandi, M., & Thomas, A. (2011). Brain and facial trauma: A neuroradiology perspective. *Trauma*, 13(4), 317-333.
- Waldron, T. (2008). *The Cambridge Encyclopedia of Human Palaeopathology*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Walz, F. (1984). Lower abdomen and pelvis, anatomy and types of injury. In *The Biomechanics of Impact Trauma*, B. Aldman and A. Chapon (Eds.), pp. 279–286. Elsevier Science, Amsterdam.
- Walker, P. (2001). A bioarchaeological perspective on the history of violence. *Annual Review of Anthropology*, 30, 573–596.
- Waller, J. A. (1985). *Injury Control: A Guide to Causes and Prevention of Trauma*. Lexington Books, Lexington, MA.
- Wallis, L., & Greaves, I. (2002). Injuries associated with airbag deployment. *Emergency Medicine Journal*, 19(6), 490–493.
- Weilemann, Y., Thali, M., Kneubühl, B., & Bolliger, S. (2008). Correlation between skeletal trauma and energy in falls from great height detected by post-mortem multislice computed tomography (MSCT). *Forensic Science International*, 180(2), 81-85.
- Wieberg, D. A., & Wescott, D. J. (2008). Estimating the timing of long bone fractures: correlation between the postmortem interval, bone moisture content, and blunt force trauma fracture characteristics. *Journal of forensic sciences*, 53(5), 1028-1034.
- White, T., Black, M., & Folkens, P. (2011). *Human Osteology*. Cambridge (U.S.): Academic Press.
- Whittington, R. (1981). Motorcycle fatalities: Analysis of Birmingham coroner's records. *Injury* 12:267–273.
- World Health Organization -WHO-. (s.f.). *Violence and Injury Prevention*. Recuperado el 25 de marzo de 2017, de World Health Organization: http://www.who.int/violence_injury_prevention/en/
- Wu, X., Schepartz, L., Liu, W., & Trinkaus, E. (2011). Antemortem trauma and survival in the late Middle Pleistocene human cranium from Maba, South China. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(49), 19558-19562.
- Zandi, M., Saleh, M., & Houseini, S. (2011). Are facial injuries caused by stumbling different from other kinds of fall accidents? *Journal of Craniofacial Surgery*, 22(6), 2388–2392.
- Zettas, J. P., P. Zettas, and B. Thanasophon (1979). Injury patterns in motorcycle accidents. *Journal of Trauma* 19(11):833–836.