

Fundamentos de **medicina legal**

Mario Alberto Hernández Ordóñez

**Mc
Graw
Hill**
Education

Algunos aspectos que son de importancia para el médico general o para cualquier especialista que practica algún posgrado relacionado con la medicina, son el estudio, análisis, interpretación clínica y pronóstico de una lesión en el paciente (traumatismo) y su relación con los diferentes mecanismos de producción (trauma). La correcta interpretación de éstos será de gran utilidad al ser plasmados en un documento medicolegal (dictamen) que servirá como auxiliar en la procuración e impartición de la justicia, como apoyo a la autoridad desde el punto de vista penal, para tipificar un delito, graduar la gravedad del mismo y así deslindar responsabilidades entre los individuos involucrados o desde el punto de vista civil para la indemnización de secuelas traumáticas, compensación o pago de tratamientos o daño moral. Lo anterior forma parte de esta apasionante rama de la medicina legal: la traumatología forense. Para entenderla es pertinente revisar los siguientes conceptos.

Lesión. Es imprescindible entender las diferencias conceptuales de este término en los ámbitos médico y jurídico. Mientras que médicamente se entiende por lesión a: “toda alteración órgano-funcional como consecuencia de factores externos o internos al organismo”, desde el punto de vista legal se define como “toda alteración de la salud y cualquier otro daño que deje huella material en el cuerpo humano, si estos efectos son producidos por causa externa”; por ello, mientras médicamente se puede hablar de una lesión en miocardio como consecuencia de un infarto al mismo, legalmente ésta sólo se consideraría lesión si existiera una causa externa que la hubiese ocasionado.

Herida. Constituye la pérdida de continuidad de la piel (rotura). Su equivalente en tejido óseo es la fractura; en serosas, mucosas y vísceras es la laceración.

Trauma. Se define como la acción externa (a través de diferentes mecanismos) que a su vez ocasiona el traumatismo.

Traumatismo. Representa el daño resultante en el individuo, predominantemente anatómico, que se produce como resultado de un trauma.

Lesiones

Clasificación

Las lesiones se clasifican de la siguiente forma:

- Desde el punto de vista anatómico, lo cual responde al área corporal donde se causó el daño.
- En relación con los agentes que las producen (ello se verá en capítulos posteriores).
- Por las consecuencias que ocasionan, tiene importancia su clasificación desde un enfoque legal en el dictamen previo de lesiones; este documento lo completará el primer médico en contacto

con el paciente, por ello en esa lógica todo médico lo elaborará en algún momento de su ejercicio profesional.

En el dictamen previo se hacen tres cuestionamientos que ayudarán a la autoridad a determinar la gravedad de las lesiones, son:

1. ¿Las lesiones que presenta el paciente ponen en peligro su vida?
De manera general ponen en riesgo la vida del paciente las lesiones que involucran cavidades, afectan estructuras vitales, ocasionan hemorragias cuantiosas.
2. ¿Las lesiones del paciente tardan más de 15 días en sanar?
Todas las lesiones que causen solución de continuidad tardan más de 15 días en sanar.
3. ¿Las lesiones del paciente dejarán cicatriz permanente y notable?

En términos legales se dice que las lesiones que causen solución de continuidad en la piel y sean en cara hasta la implantación normal del cabello, cuello y pabellones auriculares dejarán cicatriz permanente y notable.

Es de importancia considerar que en relación con las respuestas del médico en el dictamen previo de lesiones, será la dirección que tome la averiguación previa y posteriormente el proceso judicial, así como la sanción impuesta por el juez al responsable, y que de acuerdo con el Código Penal del estado de Nuevo León, las respuestas a los tres cuestionamientos se evalúan de manera independiente, siendo, en su caso, las sanciones acumulativas:

Título décimo quinto

Delitos contra la vida y la integridad de las personas

Capítulo I. Lesiones

Artículo 301. Al que cause una lesión que no ponga en peligro la vida de un ser humano, se le impondrán:

- I. De tres días a seis meses de prisión o multa de una a cinco cuotas o ambas, a juicio del juez, cuando las lesiones tarden en sanar quince días o menos y se perseguirá sólo a petición de parte ofendida.
- II. De seis meses a tres años de prisión y multa de cinco a quince cuotas, cuando las lesiones tarden en sanar más de quince días.

Artículo 302. Al que cause lesiones que pongan en peligro la vida de un ser humano, se le impondrán de tres a siete años de prisión y multa de quince a cincuenta cuotas.

Artículo 303. I. Se impondrá de uno a cinco años de prisión y multa de uno a cinco cuotas, al que cause una lesión que deje al ofendido cicatriz perpetua y notable en la cara, cuello o pabellones auriculares;

- II. Se impondrán de dos a seis años de prisión y multa de dos a cinco cuotas, al que cause una lesión que produzca debilitamiento, disminución o perturbación de las funciones, sentidos, órganos o miembros de la víctima; y
- III. Se impondrán de cinco a diez años de prisión y multa de ocho a ochenta cuotas, al que infiera una lesión que produzca en la víctima enfermedad mental, pérdida de algún miembro o de cualquier función, órgano o sentido, deformidad incorregible o le deje incapacidad mental o permanente para trabajar.

Por lo anterior, un dictamen previo de lesiones con tres respuestas afirmativas significa sentencia hasta por 15 años, al ir acumulando las sanciones de cada una; en ese sentido, es de importancia que

el médico tenga presente las lesiones que ponen en peligro la vida de su paciente, cuáles tardan más de 15 días en sanar y cuáles dejarán cicatriz permanente y notable, así como que la lesión que pone en riesgo la vida del paciente no necesariamente tardará más de 15 días en sanar o viceversa.

A continuación analicemos un ejemplo:

Paciente femenino de 25 años de edad que ingresa al Servicio de Urgencias Adultos; presenta herida incisa de 7 cm de longitud en región supraciliar y herida punzante que penetra a hipocondrio derecho. El siguiente sería el llenado correcto del dictamen previo de lesiones:

1. Describa las lesiones que presenta el paciente: Herida incisa de 7 cm de longitud en región supraciliar y herida punzante en hipocondrio derecho (*en este punto es importante enfatizar que el médico ve pacientes, no lesiones, y que sólo se llenará un dictamen previo de lesiones por paciente, por lo que en esta pregunta se describirán todas y cada una de las lesiones que presente*).
2. Tardan más de 15 días en sanar: Sí No
(*La respuesta es afirmativa debido a que presenta dos heridas.*)
3. Ponen en peligro la vida del paciente: Sí No
(*La respuesta es afirmativa debido a que la herida en hipocondrio derecho involucra cavidades.*)
4. Dejarán cicatriz perpetua y notable: Sí No
(*La respuesta es afirmativa pues la herida en región supraciliar es en cara.*)
5. Indique cuáles lesiones dejarán cicatriz: Herida incisa de 7 cm de longitud en región supraciliar.
(*En este punto se describirán exclusivamente las lesiones que dejarán cicatriz según el Código Penal vigente.*)

Por último, y como ya se ha mencionado, existe también la clasificación de las lesiones que responde a los agentes que las causan. En ese sentido puede estructurarse de la siguiente manera:

1. Físicos
 - Mecánicos.
 - Térmicos.
 - Por calor.
 - Por frío.
 - Eléctricos.
 - Electrocuación.
 - Fulguración.
2. Químicos.
3. Biológicos.

Éstos se abordarán en los siguientes capítulos.

En las lesiones mecánicas existe una subdivisión mayor, que las divide según el tipo de objeto que ocasionó el traumatismo, en lesiones causadas por objetos con la capacidad de pérdida de continuidad y lesiones provocadas por objetos romos (contusiones).

Contusiones

Este tipo de lesión es causada por un objeto romo u obtuso, que no tiene la capacidad de cortar. Su mecanismo de acción puede constar de percusión, presión (cuando se ejerce una fuerza perpendicular al tejido lesionado); fricción (al usarse una fuerza paralela al eje del tejido); tracción (cuando los

tejidos son sometidos a la acción de dos fuerzas opuestas, tirando de ellos). Si la lesión fue causada por un mecanismo de acción, se trata de una contusión simple. Si ésta fue causada por uno o más mecanismos, entonces es contusión compleja. Las contusiones también se diferencian en activas o pasivas, en relación directa con el mecanismo de producción. En las activas, el objeto contundente funciona en forma animada para ser finalmente detenido por el cuerpo (por ejemplo, el puño de un individuo que lesiona la cara de otro); en las pasivas, el objeto animado sería el cuerpo que finalmente es frenado por el objeto contundente (un accidente automovilístico en el cual la cabeza del conductor es lesionada por el cristal delantero del vehículo).

Contusión simple

Incluyen apergaminamientos, excoriaciones, equimosis y derrames.

- **Apergaminamiento.** Es una lesión superficial. Abarca el estrato córneo de la epidermis; por tanto, no resulta en herida. Su color vital es amarillento como consecuencia de los vasos linfáticos derramados de las papilas dérmicas. En estado *postmortem* toman un color marrón con apariencia y textura similar a la del cuero (de ahí su nombre). También se les conoce como erosiones y abrasiones. Estas lesiones son comunes, especialmente en las rodillas y piernas de niños.
- **Excoriación.** Lesión superficial causada por fricción, compromete los estratos de la epidermis llegando hasta la dermis. Adquiere una tonalidad rojiza oscura, similar al color ladrillo. Se caracteriza por presencia de una costra, que puede ser hemática o serohemática (en los casos que incluye las papilas dérmicas con tejido linfático). Muchas veces se presenta en salientes óseos (ver la figura VI-1 en el atlas a color). En la clasificación legal de las lesiones se consideran dentro de las que tardan menos de 15 días en sanar; sin embargo, podrían propiciar diversas enfermedades dermatológicas. Se requiere de un sistema cardiovascular y hemático sano para la formación de costra; por tanto, es un proceso estrictamente *antemortem*. La morfología, número y topografía de las excoriaciones reducen las posibilidades clínicas hasta llegar al diagnóstico de un ataque; por ejemplo, excoriaciones de defensa en antebrazos y manos, evidencia de rasguños en cara, excoriaciones ungueales en el cuello en caso de estrangulación o en zonas erógenas en caso de violación. Muchas veces se observan puentes de queratina acumulados en el lado final de la abrasión, indican la dirección hacia estas acumulaciones.
- **Equimosis.** Es una hemorragia en placa, paralela a la epidermis, se contiene en los tejidos subcutáneos (ver la figura VI-2 en el atlas a color). Se origina por lesión mecánica del paquete hemático, respeta la piel. Las equimosis son lesiones vitales por excelencia, para su formación se requiere del correcto funcionamiento del sistema cardiovascular, una circulación presente, con presiones arteriales y venosas adecuadas, y el sistema de coagulación preservado. Las dimensiones y gravedad de las equimosis dependen del lugar y violencia de la lesión. De la posición anatómica y características de los tejidos en relación con su firmeza o laxitud depende su extensión. A mayor laxitud de tejido, la extensión de la equimosis será superior; un ejemplo perfecto es la equimosis palpebral en fracturas óseas nasales. Además, si existe tejido óseo subyacente, la energía será transferida a los vasos sanguíneos con mayor facilidad y existirá mayor disrupción de tejidos. Otros factores que afectan la formación de equimosis es la edad del paciente, los niños y los adultos mayores son más susceptibles a la formación de derrames; se producen más fácilmente en mujeres.

Las equimosis cambian de color al paso de los días; puede cronometrarse la aparición de una equimosis al registrar sus cambios de color. Los estados de la degradación de la hemoglobina dan diferentes tonos:

- Rojo: primer día.
- Negro: segundo y tercer días; desprendimiento de hemoglobina de eritrocitos.
- Azul: cuarto a sexto días; presencia de hemosiderina.
- Verde: séptimo a doceavo días; presencia de hematoïdina.
- Amarillo: días 13 al 21; presencia de hematina.

Esta lesión termina por rehidratarse y desaparecer en 30 días. La desaparición varía levemente según su localización. Para el caso de que exista gran presencia de vasos sanguíneos en el área, habrá una absorción más apresurada. Además, las mismas variables que aumentaron la velocidad de aparición de la equimosis disminuyen su velocidad de resorción. En este contexto, su hidratación se realiza de afuera hacia adentro y como consecuencia el primer cambio de color se presenta en el centro. Las equimosis subconjuntivales no siguen este proceso cromático de hidratación, simplemente se atenúan hasta desaparecer. En pacientes *postmortem* existen las falsas equimosis como consecuencia de la rotura de vasos en áreas en contacto con el piso o gran presión en una zona determinada. Su diferenciación se realiza al seccionar la piel a nivel de la equimosis: si ésta fue provocada *postmortem*, la sangre no coagulada fluirá libremente; si la lesión se realizó *antemortem*, existirá evidencia de coagulación, tan intrínsecamente unida a los tejidos que se requiere de un lavado con agua o cloro para separarla.

Entre los diagnósticos diferenciales de las equimosis es importante reconocer las manchas propias del estado *postmortem*, como las livideces cadavéricas. Éstas, a diferencia de las equimosis, sólo aparecen en regiones anatómicas en declive, no presentan edema ni cambios de coloración ni reacciones inflamatorias. Otras manchas que podrían prestarse a confusión son las propias de la putrefacción, pero éstas, por su proceso propio y obligado, son fáciles de discernir. Burke y colaboradores describen el caso de una paciente que fue manipulada *postmortem*, que presentaba extensas equimosis faciales. Éstas, en realidad, eran extravasaciones *postmortem*, dando paso a confusión. Otro diagnóstico diferencial serían las equimosis sin contusión, que ocurren en procesos patológicos relacionados con diátesis hemorrágicas.

Las equimosis también suelen ser llamadas derrames, sobre todo si la lesión resulta suficientemente extensa. Un tipo de equimosis son las sugilaciones, que son causadas por la succión. Se observan en áreas erógenas y tienen una apariencia ovalada (ver la figura VI-3 en el atlas a color). Las petequias son un subgrupo de equimosis que consisten de deposiciones circunscritas de sangre menores a 0.5 cm de diámetro.

Un punto importante a subrayar es la forma de las contusiones. Es una regla simple asumir que siempre que la lesión sea activa (es decir, un objeto viaja hacia el cuerpo para producir la lesión), la contusión tomará la forma del objeto. Ejemplos clásicos son las lesiones en forma de rectángulo, que aparecen después de un golpe con cinturón o la forma de la mano en bofetadas. En cambio, las lesiones pasivas son aquellas donde la persona va hacia el objeto, como en caídas y precipitaciones. En este caso las equimosis serán amorfas. Esta regla es fácil de seguir, pero se debe recordar que la resorción natural y la migración hemática desaparecen el dibujo original en la piel, y se pueden encontrar lesiones activas sin forma definida, además de que la laxitud de los tejidos es de suma importancia para la distribución de la sangre al momento de la contusión.

Los derrames de Morell son derrames serosos, producidos muchas veces por contusiones con mecanismo de fricción. Se desliza la piel sobre la fascia por la gran violencia del objeto y el poco espacio entre las estructuras. Gisbert-Calabuig describe que son visibles en la cara externa de los muslos y la región lumbar. Se identifican al recrear el movimiento en ola al golpear un extremo del derrame. Por la lenta resorción de tejido linfático, aunado a la falta de coagulación, estos derrames tardan en

desaparecer más tiempo que las equimosis hemáticas. Knight describe un tipo de equimosis llamado en "línea de tranvía". Se trata de un par de equimosis lineares paralelas con un área central sin lastimar. Éstas son creadas por impactos directos de objetos cuadrangulares o cilíndricos duros, que aplastan los vasos sanguíneos del área central, los cuales en ausencia de hueso subyacente no son lastimados, previniendo que sangren y al mismo tiempo rompen los vasos de la periferia al traccionarlos hasta reventarlos, creando así las dos equimosis lineares.

Herida contusa. Se habla de herida contusa cuando se trata de una lesión mixta provocada con un objeto sin capacidad de cortar, que provoca solución de continuidad en la piel; es decir, una herida sumada a una contusión. Su mecanismo puede ser por compresión o tracción. A menos que se utilice una gran fuerza, para romper la piel se requiere que alguna saliente ósea se encuentre por debajo de ésta. Por ello las heridas contusas se observan en cabeza, barbilla, espinillas y hombros, y son difíciles de ver en nalgas o abdomen. Se caracterizan por sus bordes altamente irregulares y deshilachados, ya que el instrumento no corta, sólo separa los bordes de la piel. Además, los tejidos corporales (piel, tejido adiposo, músculo, fascia) tienen diferentes capacidades elásticas y de resistencia a la compresión; por tanto, aparecen bordes deshilachados con puentes dérmicos formados por nervios, fibras de tejido conjuntivo o pequeños vasos sanguíneos que van de una pared a otra y que no fueron afectados por tener un índice de elasticidad superior. Estas características no aparecerían en una herida por arma blanca, con capacidad de cortar todos los bordes al mismo nivel. Por ello, las heridas contusas tienen profundidad variable, determinada por la fuerza y elasticidad de cada tejido. Por su naturaleza de contusión, presentan equimosis alrededor de la herida, con daño total a dermis y epidermis. Muchas de estas heridas se presentan en cuero cabelludo, ya que se vence la resistencia de la piel al presentarse con una resistencia ósea por debajo, produciéndose un pequeño estallido a nivel dérmico.

Contusión compleja

Mordedura. Lesión causada por los dientes. Sus mecanismos incluyen presión, tracción y en ocasiones succión. Su apariencia consiste en equimosis, excoiaciones y heridas en forma de dos arcos o semilunas dispuestas en una imagen en espejo (ver la figura VI-4 en el atlas a color). Las mordeduras son de importancia forense, pues corresponden a la morfología dentaria del agresor; los odontólogos forenses identifican al agresor al comparar la imagen de la herida contra un molde dental del sospechoso.

Dependiendo de la región encontrada, y del caso clínico que se maneje, se deben identificar varios tipos de mordeduras. En los crímenes sexuales es frecuente su presencia: las áreas erógenas como cuello, hombros, mamas, vulva y muslos, presentan mordeduras, algunas con áreas centrales de sugilación.

Se identifican mordeduras por diferentes animales, obedeciendo a la morfología dentaria propia de cada tipo, las cuales pueden tener consecuencias secundarias como infecciones, envenenamientos en mordidas por serpientes, avulsión en mordidas por perros, arañazos en mordidas por gatos, fiebre por mordedura de rata, rabia en mordeduras por perros, mapaches o murciélagos, etcétera.

Aplastamiento. Es la acción convergente de dos agentes contundentes que viajan en direcciones opuestas sobre puntos antagónicos de un segmento anatómico. Las lesiones más serias ocurren en órganos internos y tejido óseo. La piel, por su gran capacidad elástica, pocas veces sufre daño grave. Muchas veces es de etiología accidental. En pacientes que sobreviven grandes traumatismos por aplastamiento, se considera el *Crush Syndrome*, éste obedece a la gran extravasación sanguínea, especialmente en miembros inferiores, y a su subsecuente hemólisis que causa nefropatía hemoglobinúrica.

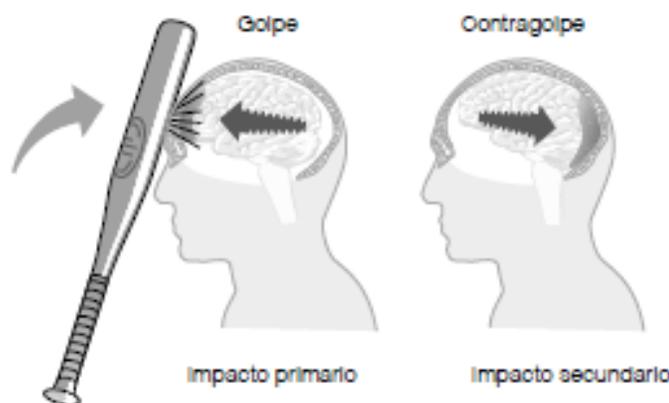


Figura VI-5. Esquema de golpe y contragolpe.

Caída y precipitación. Se debe diferenciar caída de precipitación. Una caída ocurre cuando el individuo se desploma desde un plano de sustentación o desde su propia altura. Una precipitación sucede cuando se abalanza sobre un plano por debajo del de sustentación. En las caídas es frecuente encontrar lesiones de golpe-contragolpe en tejidos blandos craneales. Las lesiones de golpe se presentan al impacto del cráneo con la superficie donde se cayó; éstas presentan lesiones en todas las capas de los tejidos, desde el cuero cabelludo hasta los tejidos encefálicos. Las lesiones de contragolpe presentan lesiones encefálicas, no creadas por el paso de energía cinética sino por el movimiento de aceleración-desaceleración en vasos encefálicos, y causan hematomas subdurales (figura VI-5). Las lesiones de contragolpe pasan desapercibidas y tienen mayor índice letal que las lesiones de golpe.

Existen síndromes que envuelven a los traumatismos por precipitación, que se presentan al precipitarse en diferentes posiciones. Gisbert-Calabuig describe el síndrome de la precipitación sobre la extremidad superior con lesiones cráneo-encefálicas graves, el síndrome de precipitación sobre extremidad inferior (donde aparece el signo de la cuádruple fractura: dos fracturas en el tercio inferior del miembro inferior, y dos fracturas en los tercios medios de los húmeros, más diástasis supraíliaca) y el síndrome de precipitación lateral (con fractura de múltiples costillas). Todas cursan con lesiones vertebrales por compresión, y lesiones en base de cráneo por inserción de columna vertebral. Por ejemplo, la fractura de cadera en ancianos (que por su edad, efectos de demencia y tendencia a osteoporosis, agravan las caídas y precipitaciones), fractura de carpo al protegerse de una caída, fractura estelar de cráneo, etcétera.

Las complicaciones de las caídas, muchas veces secundarias al decúbito, son fatales. El sistema óseo y los órganos sólidos sufren laceraciones y fracturas. La piel permanece protegida, sólo presenta excoriaciones y contusiones leves.

Arrancamiento. Consiste en el desprendimiento completo o parcial de partes blandas que ocurren en salientes anatómicos, como manos, piernas, orejas o pene. Puede ser parcial o completo, dependiendo si se desprende una parte o toda la extremidad. Ello obedece a una gran fuerza de compresión y atrapamiento, seguida de otra fuerza de tracción. Los tejidos exhibirán evidencia de su resistencia; por tanto, los nervios y tendones más elásticos se verán alargados y delgados; los músculos se ven separados a diferentes niveles, pues se separan por partes más delgadas correspondientes a su anatomía individual; los huesos tendrán evidencia de traumatismo no cortante y se observarán al descubierto —secundario a la retracción elástica de otros tejidos— y astillados. Los bordes de las heridas

aparecen irregulares y equimóticos. La muerte llega por choque. Su etiología muestra accidentes laborales. El arrancamiento es sinónimo de avulsión.

Existen diversas definiciones al momento de hablar de regiones anatómicas o tipos de avulsión. Cuando se habla de *scalp* sucede arrancamiento del cuero cabelludo, ello muchas veces después de quedar atrapado el cabello del paciente. El retirar el cuero cabelludo de una víctima caída en batalla se consideraba un trofeo de guerra o muestra de habilidad bélica en diversas culturas. La amputación es la separación de una extremidad por medio de heridas cortantes; esto se evidencia al encontrar coletas en bordes de heridas, patognomónico de las heridas cortantes. La decapitación consiste en la separación de la cabeza del resto del cuerpo. Si sólo se separa por medios cortantes la sección anterior del cuello, se habla de degüello. Es importante diferenciar el degüello homicida del suicida. El descuartizamiento es la separación del cuerpo en segmentos diferentes. Aunque puede ser accidental, muchas veces se utiliza *postmortem* para ocultar evidencia de un homicidio. En ocasiones se liga al crimen organizado. La atrición es la separación del cuerpo en segmentos, pero éstos quedan unidos entre sí por bandas de piel o tejidos blandos. Su etiología es accidental. La mutilación es el daño funcional secundario a cualquier lesión por desprendimiento.

Heridas

Son lesiones provocadas por objetos con la capacidad de cortar. Se dividen en heridas cortantes, punzantes, punzocortantes y contusocortantes.

Heridas cortantes. Este tipo de herida la producen instrumentos que dentro de su mecanismo de acción sólo utilizan un borde afilado que produce la lesión sobre la piel. Presentan bordes lineales y nítidos, según la capacidad de retracción de la piel, toman forma ovalada. Son más extensas que profundas. Los tejidos subepidérmicos presentan igualmente bordes limpios (ver las figuras VI-6 y VI-7 en el atlas a color). Desde el punto de vista medicolegal, tardan más de 15 días en sanar y dejan cicatriz (dependiendo del sitio donde se encuentren). Ponen en riesgo la vida si penetran alguna cavidad, un gran vaso o producen fuertes hemorragias. Muchas veces este tipo de heridas se detiene en el hueso, y quizá dejen evidencia en forma de pequeños cortes. Las heridas cortantes se caracterizan por extremos alargados, llamados colas o coletas. Éstos representan la entrada y salida de las heridas. La primera se demuestra con una coleta más profunda y corta, y en la segunda se observa larga y superficial. Esto ayuda al examinador forense a determinar la dirección de la agresión o si fue autoprovocada. Las heridas producen el deslizamiento de instrumentos con mucho filo y poco peso, como hojas de afeitar o trozos de vidrio, ello propicia que sean heridas más extensas que profundas. A diferencia de las heridas contusas, las heridas cortantes no presentan puentes dérmicos. Existen un par de excepciones, donde un instrumento cortante deja una herida irregular: primero, si el instrumento carece de filo, y presenta resistencia al cortar; segundo, cuando el área anatómica es laxa y plegable, se puede producir el corte en línea recta, pero al momento de colocar la piel en posición anatómica se observa un corte irregular. Ocurre en pliegues del cuello (más evidente en ancianos), en el área de flexión del codo, escroto, etcétera.

Heridas punzantes. Las provocan instrumentos alargados con punta que dentro de su mecanismo de acción sólo utilizan la punción. Este instrumento produce una sección dermoepidérmica con su punta al concentrar gran fuerza cinética en un punto delimitado; el resto del instrumento disecciona los tejidos, creando un trayecto alargado. Mientras más afinado (puntiagudo) sea el instrumento, más fácilmente perforará los tejidos. La herida consta de un orificio de entrada redondeado, rodeado

por un halo de edema, presenta un área de contusión causada por la presión del mango del instrumento, que funciona en forma secundaria como objeto contundente. En ocasiones y según la fuerza del mecanismo de acción, la longitud del instrumento y las características de los tejidos en donde se produce la lesión pueden presentar orificio de salida que es redondeado y más pequeño que el orificio de entrada. Estas heridas son más profundas que extensas. Las causan picahielos, jeringas, agujas de tejer, clavos, cuernos de animales, colmillos, espinas, etcétera.

Heridas punzocortantes. Este tipo de heridas son realizadas por instrumentos con punta afilada y uno o varios bordes cortantes. Pueden poseer bordes romos (generalmente, sólo uno). Ejemplos de ello son cuchillos de cocina, dagas, machetes, etc. Las heridas causadas por estos instrumentos provocan un orificio de entrada con bordes lineales que confluyen en forma de ángulos agudos en los sitios en donde el instrumento presenta un borde cortante y bordes obtusos con forma de muesca, correspondiente al borde romo (que sólo disecciona los tejidos).

Si se realiza una herida con un arma bicortante (es decir, con dos filos), el orificio de entrada tendrá dos ángulos agudos, similar a una herida cortante pero más profunda que extensa (figura VI-8). Existe la posibilidad de que el borde romo semeje una cola; este suceso es secundario al desgarramiento de la piel más allá de la herida. Muchas veces ponen en peligro la vida, al ser una mezcla de heridas profundas punzantes con heridas alargadas cortantes.

Las heridas punzocortantes, especialmente las monocortantes (cuchillo), presentan evidencia de la anchura del arma al corresponder con la longitud de la herida, sólo si se penetra de manera perpendicular y se mantiene esta posición al salir. La profundidad de la herida corresponde a la longitud del arma, pero muchas veces el paciente en vida se retrae al sentir la agresión. Por tanto, la profundidad de la herida puede ser mayor a la longitud del instrumento. A este fenómeno se añade la elasticidad de los tejidos, que se retraen después de un ataque. Knight añade que el factor de mayor importancia para romper tejidos es el filo en la punta del arma, y que la porción con filo, una vez que atraviesa el tejido, pasa a segundo plano. Esto se demuestra en las pruebas realizadas por Byard y colaboradores, donde se hirió el cuello de cerdos con bolígrafos y cuchillos de plástico; éstos y otros objetos, aparentemente seguros, penetraron el cuello y alcanzaron grandes vasos. Otro dato importante es que el tejido que opone mayor resistencia a las armas es la piel, con excepción de hueso y cartilago calcificado. Knight agrega que la piel distendida es más fácil de penetrar que la piel laxa; ejemplo perfecto es la predisposición de la piel del tórax a ser fácilmente perforada. Luego que el arma entra a la piel, la resistencia de los tejidos disminuye drásticamente, y puede manipularse, girar y cambiar de dirección al aplicar poca fuerza.



Figura VI-8. Esquema de las heridas punzocortantes. A, herida de arma de un solo filo; B, herida de arma de dos filos; C, herida de torsión.

Nunca se debe olvidar que los cuerpos no se encuentran en posición anatómica, como maniqués, en la zona del ataque. Recordemos que en una riña el atacante quiere lastimar a la víctima, y ésta se resiste a ser dañada. Esa acción permite armar una dinámica del ataque, por ello heridas no tan obvias en la mesa de exploración tendrán sentido una vez que se imagina una situación de pelea de vida o muerte.

Uno de los puntos medicolegales más importantes y discutidos es el tiempo de las heridas. Takamiya y colaboradores investigaron la expresión de factor de crecimiento básico de fibroblastos (bFGF) y el factor de crecimiento vascular endotelial (VEGF) mediante métodos inmunohistoquímicos durante el proceso curativo de las heridas en piel. El bFGF se detectó en el núcleo de células epidérmicas y fibroblastos en las fases tempranas (30 a 60 minutos) y en fases de entre 24 y 144 horas. El VEGF se detectó en el citoplasma de las células epidérmicas en las fases tardías. La inmunorreactividad fue bien preservada en los fibroblastos. Se concluyó que éstos pueden ser utilizados en la determinación del tiempo de las heridas. Otros autores informan el incremento de ATPasas, esterasas, aminopeptidasas y fosfatasa alcalina en la fase temprana de la curación de las heridas. Psaroudakis y colaboradores investigaron la presencia de esterasas en heridas vitales contra heridas *postmortem*. Raekalio describe dos zonas dentro de la herida: primero, la zona central. Ésta carece de actividad, ya que sus vasos y células fueron mecánicamente dañadas y dejarán de trabajar en 1 a 4 horas. Como consecuencia del daño capilar, existe una extrema pérdida de oxígeno, lo cual conlleva una reducción intensa y rápida de pH. Hernández-Cueto describe que estos cambios dan lugar a la activación de enzimas proteolíticas para completar la destrucción del tejido como primer paso de la reacción inflamatoria. La zona periférica, más pequeña y que rodea a la zona central, es donde ocurre la reacción vital positiva. Esta zona presenta incremento en la migración de leucocitos polimorfonucleares, además de fosfatasas y aminopeptidasas. Se encontró que las reacciones aparecían una hora *postmortem* para esterasas, 2 horas para ATPasas y 3.5 horas para fosfatasa alcalina. Estos análisis daban como resultado el diagnóstico oportuno del tiempo de las heridas. Lo Menzo y Marziano encontraron que a la microscopia fluorescente, las heridas de menos de una hora brillaban con naranja de acridina. Maeno y colaboradores describen incrementos en el factor C3, fibrinas e inmunoglobulinas G, A y M en heridas de 10 minutos de antigüedad. Los estudios de la catepsina D realizados por Hernández-Cueto aseguran incrementos significativos de esta enzima en los primeros cinco minutos de vitalidad. Cattaneo y colaboradores demostraron vitalidad en hueso seco, al demostrar supervivencia de información histológica similar al tejido recientemente *postmortem*.

Heridas contusocortantes. Son las heridas realizadas por instrumentos con filo, pero que además, dentro de su mecanismo de producción, se agrega a esto una gran contusión provocada por el peso y la fuerza con que se utilizó el instrumento. Este tipo de heridas se producen con hachas, grandes espadas, guillotinas u otros instrumentos con estas características. Según el arma, existirá una función preponderante: si ésta es más pesada que afilada, reunirá más características contusas; si es más afilada que pesada, se presentará como herida cortante con características de contusión. Por la presencia de filo, por lo regular carecerán de puentes dérmicos, pero también de colas. Casi siempre presentan bordes nítidos, aunque rodeados de una zona de contusión y de profundidad considerable, muchas veces sin respetar bordes óseos.

Heridas por tijeras. Por su particular morfología, las tijeras son un instrumento capaz de provocar diferentes tipos de heridas. Si se utilizan con sus hojas cerradas, provocan heridas punzantes anchas. Si se ataca con las hojas abiertas, causan heridas punzocortantes en espejo o con forma de "Z", separadas por un puente dérmico. En ambos casos serán más profundas que extensas. Por último, causan heridas cortantes superficiales en espejo al atacar con un tijeretazo, abriendo y cerrando las hojas.

Lesiones por arma de fuego

Las armas de fuego son instrumentos de diversas formas y tamaños; su función es lanzar un proyectil de manera violenta a través de un cilindro metálico debido a la acción de una fuerza gaseosa expansiva controlada, que es producida por una carga explosiva en un medio cerrado. Se les denomina así debido a que se produce una pequeña llama que escapa del cañón, debido a la ignición de las partículas explosivas, por lo regular pólvora. El proyectil lanzado tiene la capacidad de producir daño al transferir energía cinética hacia los tejidos en forma de calor o disrupción mecánica. De la cantidad de energía cinética que sea transferida, depende el éxito de causar daño.

Clasificación de las armas de fuego

Según la longitud del cañón

Existen múltiples formas de clasificar las armas de fuego. Una de ellas es en armas de cañón corto y armas de cañón largo (por lo general, con una longitud del cañón menor o mayor a 40 cm, respectivamente).

Las armas de cañón corto son más portátiles y de bajo costo, por ello es común verlas involucradas en hechos medicolegales. En este grupo se incluyen el revólver, pistola *deringer*, pistola automática, etcétera.

Las armas de cañón largo (rifle, fusil, escopeta, carabina, ametralladora) se utilizaban sólo en ámbitos bélicos y en la práctica de la cacería; sin embargo, en la actualidad y con el incremento de hechos relacionados con la delincuencia organizada, su uso se ha diversificado. Debido a que estas armas tienen un cañón de mayor longitud y fuerza de rotación superior, los proyectiles logran recorridos más estables y mayores distancias. Sus proyectiles alcanzan velocidades y distancias superiores a los que cualquier proyectil disparado por un arma de cañón corto pudiera obtener.

Según el número de proyectiles que disparan

Se clasifican en armas de proyectil único y de proyectil múltiple. Las primeras disparan un solo proyectil por cada accionar del gatillo. Las armas de proyectil múltiple incluyen las que lanzan múltiples perdigones o proyectiles sobre un área amplia en forma de cono, y las armas que mientras el gatillo se mantenga presionado siguen disparando proyectiles en sucesión, son por demás rápidas.

Según la velocidad que alcanza el proyectil

Esta clasificación divide a las armas en de baja y de alta velocidad. Las primeras disparan proyectiles que viajan a velocidad menor a la velocidad del sonido en el aire (340 m/s). Al involucrar los tejidos este proyectil crea un trayecto discretamente mayor que el diámetro del mismo.

Las segundas expulsan proyectiles que tienen la capacidad de alcanzar velocidades de 1 500 m/s. Al superar la velocidad del sonido en el aire, el proyectil crea una zona de alta presión a su alrededor que viaja por delante del proyectil a su misma velocidad. Al momento del contacto con tejidos, esta onda eleva la presión de éstos por fracciones de segundo, causando laceraciones en tejidos susceptibles, como músculo, encéfalo, hígado y bazo. Esta zona de alta presión crea cavitaciones alrededor del trayecto de 30 a 40 veces mayor que el diámetro del mismo (figura VI-9).

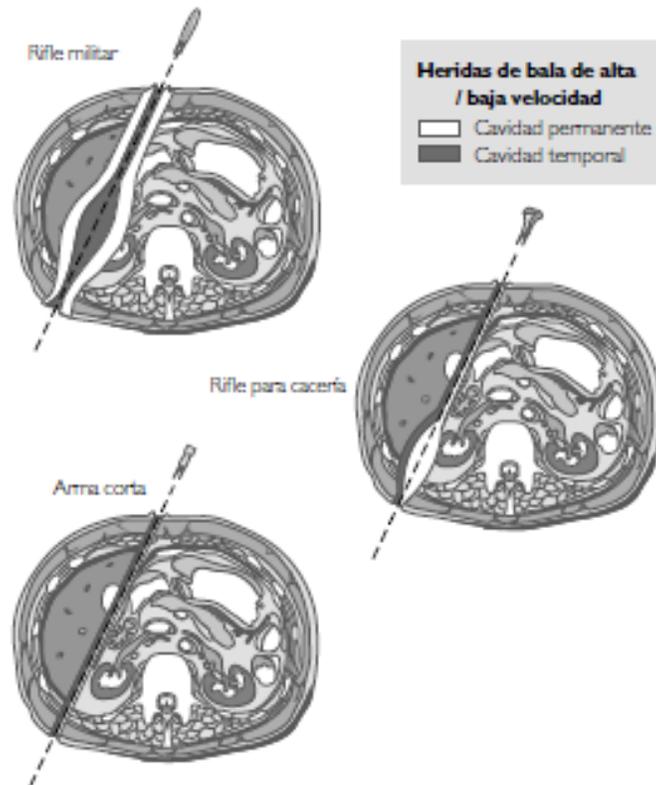


Figura VI-9. Esquema del gran daño que causa la cavitación, más allá del trayecto o diámetro del proyectil. De la misma manera para proyectiles con mayor velocidad, como el de rifle militar, se creará una cavitación de mayor diámetro. Fuente: <http://shs.westport.k12.ct.us/forensics/07-injuries/injuries.htm>

Según su constitución

Se clasifican en típicas y atípicas. Las armas que fueron manufacturadas y fabricadas en serie por marcas establecidas son típicas. Las atípicas se construyen en forma casera o artesanal, sea con partes de otras armas o diversos materiales como tubería, madera, etc. Estas últimas lanzan proyectiles en forma irregular. Luchinni y colaboradores informan el caso de un homicidio por un disparo de escopeta. La peculiaridad fue el tipo de bala: todos los perdigones estaban unidos entre sí por una serie de hilos metálicos, que al impacto con la piel funcionaban como guía para atraer a los otros perdigones al objetivo. Además, causaban heridas cortantes en la superficie de la piel. Esta munición fue creada en forma ilegal por el homicida en su propio hogar.

Funcionamiento

Todas las armas de fuego constan de tres partes: cañón, empuñadura o culata y mecanismo de disparo (figura VI-10).

Desprendimiento del proyectil

Por la acción de los gases, el proyectil se desprende del casquillo, y se introduce al cañón del arma.

Traslado a través del cañón

Como consecuencia de la presión ejercida por los gases se incrementa la velocidad del proyectil, iniciando la rotación secundaria a la estricción helicoidal del cañón.

Expulsión del proyectil por la boca del cañón

Momento en que el proyectil abandona el cañón junto con el resto de los elementos del disparo. El proyectil y los gases rompen la barrera del sonido produciéndose un estruendo característico de las detonaciones por arma de fuego.

Recordemos que las personas que han sido víctimas de un disparo muchas veces no se han percatado de esto. El ruido, la fuerza del disparo y los efectos simpáticos como huir o pelear sobrepasan cualquier impulso de dolor de la herida. Esta situación es común en campos de batalla. Se debe considerar que las víctimas de disparo pueden realizar actividades extenuantes aun después de haber sido disparados en órganos vitales, como el corazón. Muchas veces la única limitación es la cantidad de oxígeno que llega al cerebro.

Elementos que integran el disparo

Al momento en que el proyectil abandona el cañón, aquél va acompañado de algunos elementos como flama, gases originados como consecuencia de la combustión de la pólvora, humo, pólvora y restos del fulminante.

Heridas por arma de fuego

Las heridas por proyectil de arma de fuego constan de un orificio de entrada, trayecto y orificio de salida, que puede existir o no.

Orificio de entrada (hallazgos típicos)

Éste se produce en el momento en que el proyectil hace contacto con la piel y la perfora. Cada proyectil produce un orificio al impactar con la víctima; sin embargo, bajo ciertas circunstancias un solo proyectil puede producir dos o más lesiones, sea por multifragmentación por defectos de fábrica o al chocar contra algún elemento intermedio, o por la situación, posición y actitud de la víctima al momento del disparo (por ejemplo, el proyectil puede producir un orificio de entrada en el dorso de la mano, una salida en la palma y una segunda entrada en el tórax del paciente si la persona tenía su extremidad superior sobre este último). En este caso, un solo proyectil creó dos orificios de entrada.

El orificio suele ser redondeado siempre y cuando el proyectil perfora los tejidos en forma perpendicular y su dimensión sea menor a la del objeto penetrante. En caso de que éste incida en forma oblicua, el orificio será ovalado o simplemente el proyectil no penetrará (ver la figura VI-13, en el atlas a color). Existen muchos factores que influyen en la forma y dimensiones del orificio de

entrada; por ejemplo, morfología y dinámica del proyectil, distancia a la que se encuentra la víctima de la boca del cañón, características del tejido lesionado, etc. Un proyectil que hace contacto con algún elemento sólido y se deforma antes de llegar a la víctima, producirá un orificio de entrada irregular y de diámetro mayor al del proyectil. Si el proyectil es disparado a muy corta distancia causará un orificio de entrada muy grande e irregular, secundario a la acción de los gases sobre los tejidos, etcétera.

En las armas atípicas el orificio de entrada es irregular, ya que éstas pueden disparar proyectiles de distintas variedades, como clavos, piedras e incluso pedazos de madera. Los bordes del orificio suelen ser regulares e invertidos.

Si el proyectil entra por alguna cavidad natural de la víctima (cavidad oral o recto) se puede clasificar como un **orificio de entrada natural**. Si el proyectil atraviesa ropas antes de incidir la piel es posible encontrar fibras textiles que correspondan a estos ropajes dentro de la herida de entrada.

Existe una variante de orificio de entrada donde dos o más proyectiles penetran el cuerpo por un solo orificio de entrada. Bentley y colaboradores mencionan el caso de un paciente con dos balas en su cuerpo y un solo orificio de entrada. Es muy remota la posibilidad de que estos dos disparos hayan sido realizados en diferentes ocasiones y entrado por el mismo orificio. El autor concluye que lo más probable es que la primera bala sea de baja calidad, ya sea en su manufactura o manipulación, y por ello falle al tratar de dejar el cañón. Un segundo disparo empujaría esta primera bala a través del cañón y saldría una detrás de la otra. A la exploración se evidenciaría un solo orificio de entrada con un solo trayecto a través del cuerpo.

Anillo de enjugamiento

Es una estructura anular de color negruzco que circunda el orificio de entrada. Las balas al ser manufacturadas se lubrican al igual que el ánima del cañón del arma para evitar que el plomo raspe las estrías del cañón y las deforme, reduciendo su puntería. Al momento de pasar por el cañón, este lubricante arrastra y adhiere a la bala partículas de suciedad, hollín, pólvora y metales que se alojaban en un cañón sucio. Al momento de pasar por la piel, ésta exprime a la bala del lubricante y la suciedad, quedándose con esto un halo sucio o negruzco.

El anillo de enjugamiento puede no existir si algo (la vestimenta de la víctima) cumplió la función de limpiar el proyectil antes de que esté en contacto con la piel.

Anillo de contusión, cintilla de contusión o cintilla erosiva

Es una estructura en forma anular que se encuentra externamente al anillo de enjugamiento (si es que este último estuviera presente). Su presencia se debe a la contusión recibida al momento de que el proyectil percute, distiende, fricciona y quema la piel por donde entra.

Es un anillo concéntrico que rodea el orificio, en ocasiones se observa en forma de semiluna cuando el proyectil penetra en forma oblicua. Es de color rojizo, por lo regular de aproximadamente 1 mm de diámetro. Al estudio histológico se observa barrido de la epidermis. Este anillo puede crear una laceración estelada alrededor de la piel, si ésta es lo suficientemente gruesa como para resistir el paso del proyectil, como es el caso de palmas o plantas de los pies.

Es constante y característico de los orificios de entrada, independientemente de la distancia a la que sea realizado el disparo.

En ocasiones se encuentra un pseudoanillo de contusión que está formado por queratina separada de la piel, donde el estrato córneo es levantado para formar un borde alrededor de la he-

rida. Esto aparece por la separación mecánica de la capa más externa secundario al impacto de la bala.

Halo de Fisch

Cuando existen tanto el anillo de enjugamiento como el anillo de contusión, a esto se le llama halo de Fisch. La distancia entre los extremos de este halo es igual al calibre de la bala.

Tatuaje

El tatuaje es una marca producida por la detonación de un arma de fuego en la piel del cuerpo, se presenta sólo en el sitio por donde entró el proyectil. Está formado por tres elementos: quemadura, incrustación de los granos de pólvora y depósito del negro de humo. Estos elementos acompañan al proyectil por corta distancia, luego se dispersan en el aire (aproximadamente 70 cm). Su presencia o ausencia en la herida por arma de fuego indica la distancia a la que se efectuó el disparo.

La **quemadura** se presenta directamente por acción de la flama que sale por la boca de fuego, por lo que sólo se observa en disparos a corta distancia. Da una quemadura circular concéntrica al orificio.

Los **granos de pólvora no quemados** o en combustión viajan como proyectiles secundarios dispersándose en forma de roseta. Mientras mayor sea la distancia de la boca de fuego a la víctima, más separados estarán unos de otros. Dichos granos pueden penetrar en epidermis o alcanzar la dermis superficial. Si logran penetrar hasta la dermis se observarán de manera similar a un tatuaje tradicional de tinta china. Esta penetrancia obedece al grosor de la piel: mientras más gruesa sea la piel, más difícil será que las partículas penetren en su interior. A este tipo de tatuaje se le llama **tatuaje indeleble (imborrable) o taraceo**. Aunque no puedan ser removidos por un lavado, éstos pueden removerse manualmente de la pequeña herida. Si estos granos son de pólvora blanca o de nitrocelulosa, se incrustan en la piel como pequeñas partículas brillantes de diferentes colores, casi siempre en tonos naranja o azul, mientras que la pólvora negra deja tatuaje negro.

Mientras más largo sea el cañón del arma, mayor tiempo tendrá la pólvora para quemarse por completo, y será menor el número de lesiones causadas por los granos no quemados o en combustión. Por tanto, es más fácil ver taraceo en armas de cañón corto, como revólveres o pistolas. Estas lesiones pueden ser causadas por pequeños fragmentos de metal que salen expelidos por la boca de fuego debido a la fricción entre la bala y las estrías del arma, lo cual desprende pedazos de plomo, fragmentos de metal de la camisa de la bala, pedazos del casquillo o pedazos de metal del cañón. Al igual que los granos de pólvora, producen lesiones indelebles.

El **tatuaje deleble (borrable)** se debe al **depósito de humo** que sale por la boca de fuego. Generalmente ocupa mayor diámetro que el tatuaje indeleble. Este depósito de humo puede removerse con asepsia de la región por lo que se le llama tatuaje deleble en conjunto con los granos de pólvora que no penetraron más allá de la epidermis, que pueden ser removidos de esa forma. El depósito de humo también puede verse si el gas escapa por el espacio entre la cámara de disparo y el cañón. Este gas emerge en forma de chorro, acompañado del negro de humo y se observa en la víctima en un patrón lineal o en "V" si el arma fue disparada de manera perpendicular al cuerpo o en el victimario al momento de producir la detonación.

Si el disparo fue realizado por un arma con silenciador, la herida estará exenta de presentar elementos de tatuaje deleble; esto se debe a que como parte de su funcionamiento, el silenciador deja escapar gas y humo por orificios a lo largo del cañón, para que el proyectil pierda parte de su fuerza

Orificio de salida

Los orificios de salida pueden existir o no si el proyectil no reunió la suficiente fuerza para entrar, atravesar los tejidos y salir; su forma puede ser variada.

Los orificios de salida reflejan pérdida de fuerza, forma y velocidad del proyectil. Esto causa disrupción del tejido, lo cual se manifiesta en un orificio que comparado con el de entrada produce una herida contusa de mayor tamaño, forma irregular, bordes evertidos con herniación del tejido celular subcutáneo, heridas estelares con colgajos de piel en forma triangular, ausencia de anillos de enjugamiento y de contusión, así como ausencia de tatuaje y de ahumamiento (véase la figura VI-14, en el atlas a color). Si el proyectil mantuvo su forma original a lo largo del trayecto a través del cuerpo y evitó el choque o la migración, puede salir con gran parte de su energía cinética conservada y el orificio de salida lograría una mínima disrupción de tejidos blandos, tendría también una forma redondeada. En estos casos la identificación depende de la observación cuidadosa de los márgenes de la herida; si son evertidos y carecen de anillo de contusión, se trata de un orificio de salida.

Existe una excepción al hablar de que los orificios de salida tienen bordes evertidos. Si al momento de tratar de salir del cuerpo la piel tiene un sostén, como una prenda de ropa ajustada, una billetera o el cinturón del pantalón, éste presionará sobre la piel y evitará los bordes evertidos. En tales casos, éstos se encontrarán en la superficie de salida del elemento que dio el sostén. También se ven casos donde una pared evita esta eversión si la víctima estaba recargada en ella o cuando se realiza un disparo en contra de una persona que estaba en el piso. En estos casos, puede existir el pseudocollar de contusión causado por el proyectil saliente al contundir los tejidos blandos en contra de la superficie de resistencia.

Si el proyectil se deformó en el cuerpo, el orificio de salida será mucho más grande y rasgado que si lograra salir íntegro. Si el tejido golpeó tejido óseo, los fragmentos de hueso actuarán como proyectiles secundarios, dando un orificio de salida que puede tener cualquier forma y tamaño, y que incluso sea múltiple.

Al examinar los orificios de salida se puede observar cierta infiltración de grasa en el tejido dérmico. Las fibras elásticas de la piel presentan deformaciones mecánicas que tienen forma de espiral.

Penetración y perforación

Si el proyectil penetra, pasa a través de todos los tejidos y sale del cuerpo. Si el proyectil perfora, entra al tejido pero no tiene herida de salida.

Heridas por proyectil de rebote

Cuando un proyectil rebota sobre una superficie dura antes de llegar a la víctima, el orificio de entrada es más grande y más irregular, ya que al deformarse el proyectil pierde su forma, velocidad y dirección ideal, como consecuencia la energía cinética se transmite a más tejidos.

Al momento de que el proyectil golpee una superficie rebota, la penetra o estalla. Los proyectiles que tienden a rebotar son de punta redonda, con camisa y de baja velocidad. Los proyectiles de punta plana tienden a romperse o penetrar; los de camisa tienden a estallar y los de alta velocidad a penetrar. Si estallan, producen un abanico de fragmentos que causan ciertas heridas. Para el caso de los proyectiles de plomo, al momento de recuperarse del cuerpo después de un rebote, tienen uno de sus lados plano, en vez de redondeado, secundario al impacto del mismo en contra de una superficie más dura.

monóxido de carbono de los gases se combina con la hemoglobina y mioglobina de los tejidos para dar una coloración rojiza-rosa al interior de la herida. Esta coloración aparece sólo en el orificio de entrada, pero existen casos donde sigue el trayecto de la herida hasta su orificio de salida. La presencia de carboxihemoglobina distingue un orificio de entrada de un orificio de salida, especialmente si la descomposición ha hecho difícil esta distinción.

La **espectroscopia infrarroja** es otro método para identificar diferentes compuestos y revelar la composición de materiales no identificados.

Si se encuentra una bala en una escena de crimen, es posible recuperarla y por medio de **procesos citológicos** evidenciar si la bala pasó por el cuerpo, y si éste fuere el caso, qué órganos atravesó en su trayecto. Lo más común de encontrar es grasas y pequeños vasos sanguíneos. Este tejido también puede estudiarse mediante métodos de análisis de ADN para lograr conectarlo con el ADN de una persona sospechosa o muerta.

Quemaduras

Una **quemadura** es una lesión causada a cualquier tejido del organismo por el efecto del calor, también por electricidad, frío, químicos corrosivos, radiación o fricción. Estos efectos ambientales tienen en común que causarán disrupción de las proteínas de los tejidos, intrínsecamente se trata de una quemadura. Singer y colaboradores mencionan que esta desnaturalización de las células afecta de manera marcada a la bimembrana lipídica de la pared celular, en especial a sus adenosintrifosfatasas. Con la disrupción de estas proteínas y de la pared celular la célula muere, dando paso a necrosis general. Es común que esta desnaturalización proteínica se cause con lesiones térmicas, sea por contacto directo del calor sobre los tejidos en forma de llama, vapor de agua, contacto directo con un sólido caliente o un material citotóxico corrosivo.

Las quemaduras involucran disrupción de tejido altamente dañina e irreversible. Singer y colaboradores mencionan **tres zonas concéntricas** alrededor de una quemadura. El primer círculo es la quemadura *per se*, con pérdida de tejido irreversible secundaria a la necrosis a nivel celular. Rodeando a esta zona se encuentra un aro de isquemia, donde la circulación local se encuentra en sincero colapso. A diferencia de la zona de necrosis, esta zona es recuperable; por tanto, en esa zona se pone más atención en los departamentos de investigación y tratamiento. Finalmente, se encuentra una zona de hiperemia, más grande que las anteriores, la cual es consecuencia de aumento de la circulación sanguínea adyacente a la lesión. Esta zona busca nutrir de fluidos a la quemadura para disipar el calor a través de los vasos sanguíneos.

El aumento de circulación en la tercera zona no es totalmente benéfico, ya que con la lesión se logra una activación altamente variada de las cascadas de inflamación y coagulación, que causan un flujo de un sinnúmero de factores hematológicos activados hacia una ya de por sí dañada microcirculación. Si este aumento de circulación no viene acompañado de un aumento también en el líquido libre, se provocaría la formación de **trombos** y microtrombos en la zona isquémica de la quemadura, provocando aumento de la zona necrótica y sabotando cualquier intento del cuerpo en sanar. La circulación dañada también deja escapar este líquido libre hacia un tercer espacio, prohibiéndole al cuerpo la expansión intravascular y creando una zona perjudicial de edema. Singer y colaboradores mencionan que el ciclo de isquemia-reperusión forma radicales libres, capaces de causar daño mayor al tejido.

La importancia de las quemaduras debe recalcar; son lesiones no intencionales de mayor prevalencia en países desarrollados y emergentes. La Asociación Estadounidense de Quemaduras (ABA,