

LA MORTE

FENOMENI ABIOTICI

I fenomeni tanatologici possono essere così classificati:

- Abiotici:** fenomeni che riguardano la scomparsa della vita, e sono detti anche fenomeni negativi. Sono a loro volta distinti.
 - o **Primitivi:**
 - Arresto dell'attività nervosa
 - Arresto circolatorio
 - Arresto respiratorio
 - o **Secondari:**
 - Raffreddamento del cadavere
 - Ipostasi
 - Rigidità cadaverica
 - Scomparsa eccitabilità muscolare¹⁰
 - Evaporazione tegumentaria¹⁰
- Putrefattivi:** fenomeni che riguardano la modificazione del cadavere dopo la morte, e sono detti anche fenomeni trasformativi o positivi.
 - o **Autolisi**
 - o **Putrefazione**
 - o **Riduzione scheletrica**
 - o **Fenomeni putrefattivi atipici**
 - Mummificazione
 - Macerazione
 - Saponificazione
 - Corificazione

FENOMENI ABIOTICI PRIMITIVI

Sono tutti immediatamente dopo la morte, e corrispondono alla morte stessa, essendo questi stessi fenomeni utilizzati in parte e nei modi previsti per accertarla.

Arresto dell'attività nervosa

Alla perdita della funzione del SNC si osserva prima di tutto la perdita di coscienza, con abbandono involontario del corpo sulla struttura dove è adagiato. Questo deriva dalla perdita della motilità volontaria. La resistenza delle varie aree cerebrali all'anossia è diversa:

- Corteccia:** 5-6 minuti
- Diencefalo:** 15 minuti
- Tronco e ponte:** 20-30 minuti
- Tronchi nervosi:** 4-5 ore

In questo periodo di sopravvivenza le cellule non sono funzionanti, ma possono essere eccitabili: finché le strutture deputate alle singole funzioni non sono compromesse, queste funzioni possono essere evocate. Così la pupilla reagisce agli stimoli, i tronchi nervosi stimolati provocano contrazioni muscolari, eccetera. Con la compromissione delle strutture deputate a questi riflessi, si ha anche la perdita degli stessi: dopo 20 minuti scompare il riflesso pupillare.

Arresto circolatorio

Sebbene una volta esistessero una vera e propria miniera di prove anche molto invasive e lesive, oggi l'accertamento dell'arresto circolatorio viene fatto con il semplice ECG. Il silenzio ECG per 20 minuti indica morte cardiaca.

Arresto respiratorio

Da solo non può essere indicativo di morte: inoltre è un segno difficile da valutare in quanto la presenza di scambi alveolari è possibile anche in assenza di movimenti toracici o diaframmatici (equilibrio di tensioni parziali di O₂ attraverso le vie aeree pervie). Inoltre l'organismo, specie a basse temperature, può sopravvivere a lungo con ridottissime quantità di ossigeno.

Ci sono state moltissime metodiche per osservare la presenza di respirazione:

- Specchio posto davanti alle vie aeree
- Bicchiere d'acqua sul torace
- Cinghie toraciche collegate a sensori elettrici

Anche le modificazioni della PO₂ e PCO₂ sono poco indicative, in quanto la presenza di minime differenze può permettere una respirazione residua.

FENOMENI ABIOTICI SECONDARI

Questi fenomeni permettono di risalire con approssimazione alla data dell'evento morte. L'approssimazione deve essere abbastanza ampia, in quanto i fenomeni abiotici sono differenti (anche di molto) a seconda di molte condizioni individuali del cadavere, che possono essere del tutto imponderabili. Maggiore è il tempo trascorso dal decesso, maggiore è l'incertezza.

Ipotermia

Nel cadavere, con la cessazione del metabolismo, vengono meno le reazioni di produzione energetica che sono utilizzate per mantenere la temperatura interna a 37°C indipendentemente da quella esterna. Con la morte, il corpo si mette gradualmente in equilibrio con la T esterna.

Esistono però diversi fenomeni che producono calore anche dopo la morte (ad esempio il metabolismo cellulare residuo e i fenomeni putrefattivi). Si distinguono però tre fasi:

- Prima fase:** la perdita di calore è lenta (0,5 °C all'ora per 3-4 ore)
- Seconda fase:** perdita di calore rapida (1°C all'ora per 6-8 ore)
- Terza fase:** diminuzione di T sempre meno sensibile, da ½ a ¼ di grado all'ora fino all'equilibrio termico.

La lentezza della prima fase dipende dal metabolismo cellulare residuo, che cessa dopo 3-4 ore e permette un raffreddamento più rapido nella seconda fase. Nella terza fase, invece, il corpo ha già ceduto gran parte del suo calore all'ambiente esterno.

La **pelle** ha una cinetica diversa di equilibrio termico, in quanto va incontro al fenomeno dell'evaporazione cutanea, che sottraendo ulteriore calore porta la T a valori inferiori a quelli ambientali, oppure mantiene bassa la T anche se quella esterna aumenta (ad esempio cadavere deceduto di notte). Per questo la misura della T deve essere fatta a livello **rettale**.

In condizioni medie (cadavere nudo, normoconformato, con T 15-20° C, umidità bassa e ventilazione moderata) l'equilibrio termico si raggiunge attorno alle 22-23 ore, con una oscillazione fra 10 e 30 a seconda di diversi fattori influenzanti. Questi si distinguono in:

Fattori intrinseci al cadavere

- Temperatura di partenza del corpo (febricitante o ipotermia)
- Tipo di morte: tetano, lesioni encefaliche, stricnina, colpo di calore, sforzo fisico portano la T al momento della morte superiore di qualche grado. L'emorragia o la cachessia invece diminuisce la T alla morte.
- Età: neonati e bambini si raffreddano più rapidamente per il minor spessore cutaneo
- Costituzione e nutrizione: soggetti grassi si raffreddano più lentamente

Fattori estrinseci ambientali

- Ambiente in cui il cadavere soggiorna: rapido raffreddamento in acqua, lento se il cadavere ha indumenti, coperte o si trova nella paglia

- Temperatura esterna
- Umidità (aumenta la rapidità di raffreddamento)
- Ventilazione

Scomparsa dell'eccitabilità muscolare

L'eccitabilità del muscolo erettore liscio scompare entro 5-6 ore. Entro questo periodo è possibile osservare la **peristalsi intestinale**.

Si possono osservare anche delle contrazioni dei muscoli erettori del pelo e del dartos scrotale dovute al freddo: questo però va valutato con attenzione, in quanto queste contrazioni avvengono se il soggetto è stato sottoposto a freddo entro 5-6 ore dalla morte, ma **permangono** anche dopo quando interviene lo stato di rigor mortis. Sono tipiche dell'annegato, e il loro rinvenimento *non* deve far pensare che il cadavere abbia 5-6 ore.

L'eccitabilità del muscolo scheletrico non si provoca facilmente con il freddo, ma entro 6-8 ore è conservata l'eccitabilità neuromuscolare (percussione) ed elettrica.

Evaporazione tegumentaria

Con la cessazione della circolazione, l'evaporazione cutanea non è più compensata, e si osserva di conseguenza, nelle parti più esposte all'aria e antecclivi (i liquidi defluiscono in quelle declivi) una disidratazione spiccata. Quando questo fenomeno è particolarmente intenso (ventilazione, temperatura elevata) può dare luogo ad una vera e propria mummificazione.

Le zone più interessate alla evaporazione sono le mucose (assenza dello strato corneo), la congiuntiva e la cornea bulbare (macchie grigio scure sul bulbo oculare sono la conseguenza della visione della coroide attraverso la cornea assottigliata).

Nei neonati e nei feti, causa il sottilissimo spessore dello strato corneo, questo processo è molto evidente e si deve evitare di:

- Misurare il peso come indice di maturità fetale, in quanto viene perso significativamente per evaporazione
- Confondere le macchie scure sulle labbra che si formano per l'assottigliamento epidermico e visibilità dei capillari sottocutanei con lesioni da compressione per soffocamento → esame istologico

Le escoriazioni (solco degli impiccati o degli strangolati) subiscono una evaporazione maggiore e possono andare incontro al fenomeno dell'incartapecorimento. Talvolta però questo fenomeno è vitale, soprattutto negli anziani, e non si può determinare se l'escoriazione era precedente o meno alla morte.

Questi segni non possono essere interpretati in senso cronologico, perché dipendono troppo dai fattori esterni.

Ipostasi

Mentre le zone antecclivi del cadavere impallidiscono, quelle declivi presentano chiazze cutanee di colorito rosso vinoso, talvolta estese a tutta la cute. Sono dovute al deflusso del sangue nelle zone a maggiore gravità: essendo non ossigenato, il sangue assume un colore violaceo che traspare dalla cute.

→ Notare che anche gli **organi interni** subiscono questo fenomeno, e nelle loro parti declivi si repertano spesso aree ipostatiche che possono essere confuse con infarcimenti, iperemie infiammatorie, epatizzazione (soprattutto nei polmoni e negli intestini).

Le macchie ipostatiche danno importanti informazioni sul tempo dalla morte e sulla posizione tenuta dal cadavere dopo la morte.

Esse cominciano ad apparire già 30 minuti dopo il decesso in sedi elettive:

- Lobi auricolari
- Centro del dorso (area non compressa anche nel cadavere supino)
- Dietro le ginocchia
- Fossa sopraclavare (sangue refluo dall'encefalo)

Sono ben visibili in 1-2 ore dopo la morte e raggiungono il massimo entro 6-8 ore. Anche la causa della morte influisce sullo stato delle macchie e sulla loro rapidità: compaiono rapidamente quando non ci sia stata disidratazione, emoconcentrazione o emorragia (morti asfittiche, morti improvvise non emorragiche), mentre possono ritardare molto se c'è stata emorragia o diarrea profusa prima della morte.

Le macchie lasciano una **impronta negativa** delle strutture rigide e compressive con cui il cadavere è stato a contatto: infatti la P del sangue refluo è molto bassa, ed è sufficiente la presenza di lacci, indumenti e piani di appoggio del corpo per impedire la formazione di macchie in quella zona.

La **movibilità delle macchie** è un altro parametro importante: entro le prime 3-4 ore le macchie possono scomparire dalla zona di accumolo e manifestarsi in un'altra se il cadavere viene spostato e viene cambiata la zona declive. Fra 4 e 10-12 ore il fenomeno si verifica lo stesso, ma le macchie primitive rimangono parzialmente visibili. Oltre le 32-40 ore le macchie sono fisse.

Se un cadavere è stato spostato fra 3 e 12 ore dopo la morte, è possibile vedere le due serie di macchie; con questo test si può anche capire a che ora risale la morte.

Se un impiccato non presenta macchie declivi al polpaccio, ma sul dorso, se ne deduce che il cadavere fu appeso al laccio dopo diverse ore dalla morte (non suicidio ma omicidio).

La macchia inoltre può essere compressa e scomparire parzialmente fino a 48 ore dopo la morte, quando il colore dipende ancora dall'Hb contenuta nei GR, che possono essere sospinti nei vasi dalla pressione. Invece dopo il colore dipende dall'Hb libera nei tessuti, per via della avvenuta lisi dei GR, e sono fisse.

Fra centro e periferia della macchia vi sono delle differenze, in quanto la parte centrale compare precocemente e si evolve con un anticipo di circa 6 ore rispetto alla parte periferica.

EVENTO	PARTE CENTRALE	PARTE PERIFERICA
Comparsa	1-2 ore	7-8 ore
Migrabilità totale	3-4 ore	3-4 ore dalla comparsa
Migrabilità parziale (rimane il residuo della macchia primitiva)	10-12 ore	10-12 ore dalla comparsa
Fissità relativa (sbiancamento della macchia alla pressione, non migrazione)	32-34 ore	32-34 ore
Fissità assoluta	36-40 ore dalla morte	42-48 ore dalla morte

Infine il **colore** delle macchie è importante:

- Rosso acceso: ambiente freddo e umido che favorisce l'ossigenazione dell'Hb
- Bluastro: morte asfittica, emoglobina ridotta
- Rosso ciliegia: avvelenamento da CO
- Cioccolata: presenza di MetHb (clorato di potassio e altre sostanze metaemoglobinizzanti)

Le macchie ipostatiche possono essere differenziate dai lividi in tempi recenti, fino a quando conservano la scomparsa alla digitopressione: infatti il sangue stravasato del livido non refluisce con la pressione.

Rigidità cadaverica (rigor mortis)

Immediatamente dopo la morte (anche prima, dalla cessazione dell'attività cerebrale) i muscoli volontari perdono il tono. Ma dopo, in un periodo variabile da pochi minuti a 1-2 ore, in determinati distretti si crea uno stato di rigidità contrattile, che comincia con determinati gruppi muscolari e interessa alla fine tutti i muscoli striati del corpo.

- 1-2 ore: muscolatura masticatoria, muscoli del tronco, poi arti superiori, poi inferiori (inizia contemporaneamente in tutti i muscoli ma si completa prima in quelli lunghi)
- 10-12 ore: tutti i muscoli sono interessati
- 20-40 ore: apice della forza ed estensione della contrazione
- 80-90 ore: graduale risoluzione e rilassamento

Il fenomeno, indipendente dall'attività nervosa e non legato alla normale depolarizzazione di placca, prende origine dalla degradazione delle membrane sarcolemmatiche, che provoca l'afflusso nei miociti di grandi quantità di Ca^{2+} (la concentrazione di calcio extracellulare è 10000 volte maggiore di quella intracellulare). Questo processo è sufficiente a produrre la contrazione: per mantenere la contrazione è necessario che contemporaneamente si verifichi una deplezione di ATP, necessario per staccare le teste di miosina dall'actina e permettere sia una nuova contrazione che il rilasciamento. L'EDTA e altre soluzioni antagoniste del calcio rallentano il fenomeno.

La risoluzione della rigidità coincide con l'inizio dei fenomeni putrefattivi, e comincia a regredire attorno alla 18°-20° ora, risolvendosi del tutto attorno alle 80-90 ore dalla morte.

La contrazione non si verifica nello stesso istante per tutte le fibre, per cui fino al raggiungimento dell'acme per ognuna di esse è possibile risolvere la rigidità artificialmente e vederla riformare. Questo avviene nelle prime 15 ore, ma oltre le 20 ore se si risolve la rigidità muovendo un muscolo questa non si riforma.

Alcune condizioni influenzano la cinetica di comparsa e scomparsa della rigidità:

- Sforzo fisico:** un soggetto deceduto dopo aver compiuto una fatica muscolare intensa sviluppa assai precocemente la rigidità (deplezione ATP)
- Malattie debilitanti o cachessizzanti:** la rigidità può mancare o essere molto modesta
- Emorragie profuse:** precoce
- Età:** in neonati e feti è precoce, debole e fugace (anche 2-4 ore nel feto)
- Temperatura ambientale:** la rigidità si evolve con rapidità direttamente proporzionale alla T di conservazione del cadavere. Soggetti deceduti nella neve conservano la rigidità articolare anche per diverse settimane
- Rigidità da calore:** dovuta a lisi coagulativa delle fibre sarcoplasmatiche in soggetti bruciati. Si distingue dal rigor mortis in quanto è resistente alla risoluzione spontanea, fino alla lacerazione delle fibre se necessario.
- Rigidità a frigore:** dovuta al congelamento delle fibre muscolari: in questo caso alla trazione si avverte un molteplice scricchiolio dovuto alla frammentazione dei cristalli di ghiaccio.

Anche i muscoli lisci e il cuore vanno incontro a fenomeni analoghi post-mortem.

FENOMENI PUTREFATTIVI

Sono detti **fenomeni positivi** in quanto si riferiscono a modificazioni attive dello stato dell'organismo, principalmente legati al sovvertimento delle strutture cellulari e dei presidi difensivi con i quali il corpo umano mantiene la sua integrità.

Autolisi

L'arresto circolatorio e la cessazione delle funzioni di ossigenazione e emunzione portano a modificazioni dell'ambiente extracellulare, in termini di temperatura, pressione osmotica, idrosalinità, pH, cataboliti. Questo provoca inizialmente l'arresto delle funzioni cellulari, il danno delle membrane e la conseguente liberazione di enzimi catabolici e litici, che sono responsabili della distruzione degli organi interni.

Il processo è rapido, specie a temperature fra i 25 e 40°.

Macroscopicamente, il fenomeno non è apprezzabile in quanto sovvertito e modificato dai processi di putrefazione; avviene però sempre ed è osservabile microscopicamente (vacuolizzazione, degenerazione

balloniforme, steatosi). Questo processo inoltre è responsabile da solo della decomposizione dei feti che rimangono all'interno dell'utero dopo morte, con membrane placentari integre. L'autolisi, a differenza della putrefazione, non si associa ad emissione di odori sgradevole.

Putrefazione

Decomposizione delle molecole organiche complesse in elementi semplici, ad opera principalmente dei batteri anaerobi ospiti dell'intestino, ma anche di batteri presente nella cute o negli indumenti del cadavere, o di batteri presenti nell'ambiente esterno. Il più frequente e importante è il **bacillo butirrico** e il **bacillo putrifico**, ospiti abituali dell'intestino ma anche dell'atmosfera, delle acque eccetera.

La putrefazione riguarda tutti gli organi ed ha aspetti e fasi esattamente caratterizzati:

- Fase colorativa
- Fase gassosa (enfisematosa)
- Fase colliquativa
- Fase di riduzione scheletrica

La rapidità di transizione fra le varie fasi dipende da molti fattori, estrinseci ed intrinseci:

- Temperatura: da 37 a 50 gradi, la rapidità della putrefazione aumenta molto. Sopra a 50 si arresta la moltiplicazione dei batteri e i fenomeni sono per lo più **mummificativi**. Basse temperature invece arrestano la replicazione, e permettono la conservazione del cadavere. La putrefazione progredisce in un'ora d'estate quanto in un giorno d'inverno.
- Umidità (accelera fino ad un certo punto, favorendo la macerazione dei tessuti. Sott'acqua però non possono avvenire i processi catabolici dei batteri, che richiedono ossigeno, e si verifica la saponificazione)
- Ventilazione: moderata favorisce la putrefazione, impedendo l'eccessiva umidità e apportando ossigeno (le parti scoperte putrefanno prima), se eccessiva disidrata e produce la mummificazione
- Gli ambienti in cui il cadavere putrefa prima sono l'aria (fattore 1), l'acqua (fattore 1/2) e l'inumazione (fattore 1/8)

Fattori intrinseci al cadavere sono il **tipo di morte** (rapidamente accelerata la putrefazione in soggetti deceduti per setticemia, nei quali la disseminazione batterica avviene prima della morte, e nelle morti per asfissia, a causa della fluidificazione del sangue che favorisce la diffusione, mentre è rallentata nelle morti per emorragie).

Nei soggetti con tessuti **succulenti**, per stasi linfatica, edemi, coma, la putrefazione è accelerata, al contrario che nei disidratati o negli anziani.

La putrefazione parte dall'intestino, fonte primaria di germi interna al cadavere: le parti amputate (testa, braccia) si decompongono lentamente, e lo stesso i cadaveri di infanti non allattati. Invece le lesioni cutanee sono una fonte di rapido ingresso di batteri.

Fase cromatica

In questa fase si osserva una colorazione verdastra della cute, in genere in regione iliaca destra, (detta macchia verde putrefattiva) che si estende rapidamente a tutto l'addome e poi a tutto il corpo. L'origine di questa macchia è la combinazione dell'emoglobina con **l'idrogeno solforato** prodotto dai batteri a formare **solfoemoglobina**. Il fenomeno inizia in fossa iliaca di destra in quanto in quella zona l'intestino, specialmente il colon e l'appendice, è a contatto con la parete addominale, ma possono aversi altrove se l'intestino è sterile (neonati), se c'è una lesione di continuo della cute infetta, se c'era una raccolta ascessuale settica.

La comparsa della macchia varia da 3-4 ore (estate), media di 36 ore dopo la morte, fino a 3-4 giorni (inverno). La durata del periodo colorativo con la pelle verde è variabile fra 2-3 giorni d'estate e 10-15 d'inverno, con media 4-5 giorni.

Fase enfisematosa

In realtà la produzione di idrogeno solfato, dovuto all'attività batterica, inizia nella fase precedente. La fase enfisematosa si ha quando la produzione di questo gas è così intensa da modificare l'aspetto esterno del cadavere. Il primo luogo di accumulo di gas è l'intestino, e poi da qui l'addome si gonfia in maniera notevole (addome batraciano), la lingua protrude e si tumefà, come la faccia e le orbite: sotto la pressione del bulbo oculare, le palpebre si aprono. Enormemente si gonfiano i genitali.

La pelle spesso si solleva in grosse bolle (anche di decine di centimetri) ripiene di gas o di liquido verdastro, oppure si stacca a larghe falde, accelerando l'ingresso di germi e la putrefazione.

Gli organi parenchimatosi subiscono una riduzione enfisematosa del peso specifico con conseguente galleggiamento (tenere conto per la docimasia idrostatica del polmone).

Alla palpazione, la cute può essere crepitante a causa dell'enfisema sottocutaneo. La pressione dei gas può poi provocare alcuni effetti peculiari:

- **Circolazione post-mortale:** il diaframma, spinto in alto dai gas addominali, può comprimere il cuore, specie nella sezione destra (meno spessa e meno resistente), e provocare un reflusso venoso del sangue verso il collo e il volto. Questo provoca una soffiatura violacea (marezzamento venoso) che successivamente si diffonde anche alle gambe e all'addome, per via della compressione esercitata dai gas sui tronchi venosi. Per lo stesso motivo possono sanguinare ferite inferte dopo la morte.
- **Svuotamento della vescica e prolasso uterino:** il prolasso in particolare può provocare anche l'inversione dell'utero, con svuotamento del suo contenuto (parto nella bara). Questo da spesso origine a leggende di inumazione precoce, in cui la donna abortisce per gli sforzi fatti per liberarsi dalla tomba.
- **Diastasi delle ossa craniche**
- **Esplosioni addominali**

Questa fase si può avere presto nella fase estiva (24 ore) o molto più tardi in quella invernale (fino a 15 giorni).

Fase colliquativa

E' un processo molto precoce, soprattutto a carico degli organi ricchi di enzimi litici (pancreas), e che si estende a tutti i tessuti durante le fasi precedenti, favorendo la putrefazione per il rammollimento degli organi e la diffusione dei batteri.

Raggiunge tuttavia l'apice alla fine del periodo gassoso, quando tutto il cadavere assume una colorazione nerastra, e i tessuti interni perdono consistenza fino al rammollimento. Questa fase interessa la cute soprattutto con una intensa esfoliazione, nella quale l'epidermide viene via come una pellicola nerastra.

La colliquazione porta alla liquefazione del tessuto in una sostanza viscosa e nera, tipo olio da motore, dovuta principalmente alla degradazione dei lipidi a causa delle lipasi endogene ed esogene. Non tutti gli organi si liquefanno alla stessa velocità: in particolare sono più rapidi quelli che hanno un maggior contenuto in lipidi, come encefalo, midollo spinale, pancreas, surreni. Più lenta è la liquefazione di milza, visceri cavi (soprattutto stomaco e intestino). Unghie, aponefrosi, tendini e capelli non partecipano alla putrefazione e si trovano nelle loro sedi anche quando il tessuto circostante si è completamente liquefatto. La colliquazione inizia in genere un mese dopo la morte, si fa evidente dopo 3-6 mesi e perdura per molti altri. Nella stagione calda non è raro vedere fenomeni colliquativi anche dopo 5-6 giorni.

Riduzione scheletrica

L'osso rimane esposto alla fine della colliquazione, alla quale non partecipa. Possono però rimanere adesi ad esso, specie nelle parti meno esposte, incrostazioni che sono residui di tessuti molli colliquati.

Le cartilagini permangono per 5-6 anni, e anche alcuni legamenti articolari. Alle nostre regioni la scheletrificazione si compie in 2-3 anni di inumazione, assai più rapidamente nei cadaveri esumati.

Dopo questo periodo, l'osso perde progressivamente i suoi costituenti organici, soprattutto la matrice di acido ialuronico, e rimane solo come fosfato di calcio e carbonato di calcio. Se viene toccato, si frantuma in polvere finissima. Infine, dopo anni, anche i sali minerali si scompongono riducendosi ad ossido di calcio, la così detta cenere ossea.

Fenomeni putrefattivi atipici

Mummificazione

Questo fenomeno si ha quando il cadavere viene sottoposto ad una rapida evaporazione dei tessuti (aria calda e secca, ventilata, terreni ricchi di sali calcarei). Questo comporta un arresto dei processi putrefattivi per l'impossibilità dei batteri di avere un metabolismo adeguato, e quindi i tessuti, privi di acqua, si conservano quasi inalterati in un tempo pressochè indefinito.

La cute appare quindi disidratata, e tutto il cadavere sembra essiccato: su questo si possono ricavare i segni di lesioni, dei caratteri somatici e di molti connotati, individuare processi patologici a carico degli organi, e persino eseguire analisi di gruppo sanguigno. Il cadavere è di aspetto ligneo, peso leggerissimo, e friabile. Muffe e tarli possono invadere i tessuti, portandolo pian piano, nel corso dei secoli, alla riduzione ossea.

In ambienti molto favorevoli, specie se il cadavere era dissanguato e il soggetto disidratato, la mummificazione si completa in poche settimane. In genere richiede almeno un anno.

Macerazione

Condizioni opposte alla mummificazione: avviene nei cadaveri esposti all'umidità o immersi in acqua. Questa consiste in un rammollimento e distacco dei tessuti, a cominciare dalla cute, che nelle zone callose può staccarsi come un guanto o un calzino. I germi putrefattivi sono ostacolati dall'eccessiva umidità che diminuisce l'apporto di O₂, e gli organi interni vanno più frequentemente incontro alla colliquazione, aiutati anche dall'imbibizione dei tessuti (l'acqua è necessaria agli enzimi idrolitici).

Lo stato delle mani e dei piedi può a volte essere importante per determinare la durata della permanenza in acqua del cadavere.

Saponificazione

Oltre che la macerazione, la permanenza in acqua particolarmente ricca in calcio può portare alla trasformazione del grasso cadaverico in un sapone (combinazione di acido grasso anionico con un catione inorganico, in questo caso il calcio). Questo produce la **adipocera**, e il processo è favorito dall'abbondanza di adipe e dalla ricchezza di calcio nell'acqua.

La cera adiposa è grigia, viscida e cretacea, e successivamente diventa friabile e dura. Gli organi interni e le parti cutanee sono conservati bene, e si possono fare accertamenti istologici e osservare lesioni, in quanto il processo putrefattivo è ostacolato dalla eccessiva umidità.

Il processo completo richiede qualche mese, cinque o sei per completarsi. La tendenza alla friabilità indica un periodo trascorso maggiore, mentre una saponificazione parziale si ha anche in poche settimane. Spesso gli arti e altre strutture si possono sgretolare, anche a causa di processi putrefattivi iniziati prima della macerazione.

Corificazione

Particolare processo anomalo che si può verificare quando un cadavere trascorre tempo chiuso in casse metalliche, ad esempio zinco. Il processo non è molto chiaro, ma esiste una sostanza o una condizione (P?) che impedisce lo svolgersi del processo putrefattivo normale.

Il tegumento assume un aspetto simile a quello del cuoio di concia recente (da cui il nome), e appare prosciugato e giallo-sporco. Con il progredire del tempo assume un certo grado di elasticità e di resistenza alla trazione, e infine riproduce lo stampo dello scheletro sottostante.

I visceri e gli organi interni, sotto questo involucri, sono particolarmente ben conservati.

LE LESIONI DI NATURA MECCANICA

LESIONI DA CORPO CONTUNDENTE

Lesioni di varia natura indotte da oggetti che per la loro struttura sono privi di caratteristiche penetranti, e che producono la lesione esclusivamente per l'effetto dell'energia cinetica posseduta $E = (m \times v^2) / 2$. L'azione di tipo contusivo può essere esercitata anche da getti d'acqua o aria, e da parti del corpo umano. Qualunque sia l'oggetto che agisce, queste lesioni si manifestano con differente gravità a seconda della direzione dell'azione e della energia posseduta.

Irritazione

Fenomeni vasomotori transitori, accompagnati da sensazione dolorose, per la reazione delle terminazioni nervose locali (schiaffo). Sono la lesione che rappresenta l'elemento materiale del reato di **percosse**, e se ripetute nella stessa sede, specie se assommate a sfregamento, possono portare a modificazioni stabili della cute come callosità, tendiniti eccetera, tipiche di MP.

Escoriazioni

Perdita degli strati più superficiali della cute e delle mucose per azione lesiva diretta in senso tangente alla cute (sfregamento) o compressivo. Se sono prodotte dall'attrito di uno strumento tagliente in senso trasversale rispetto al proprio asse, si chiamano **abrasioni**. Si chiamano invece erosioni le lesioni simili prodotte per l'azione di caustici o per cause patologiche.

Nelle escoriazioni si produce un modestissimo sanguinamento, assente nelle lesioni cutanee se viene asportata solo l'epidermide: dal punto di vista patologico non hanno praticamente conseguenze a meno che non siano sede di una penetrazione di germi patogeni.

Dal punto di vista medico legale invece sono molto importanti, e diversi aspetti sono importanti:

- Forma:** impronta di lacci, morsi, graffi che possono indicare colluttazione.
- Zona:** collo, bocca, naso possono indicare intossicazione di soffocamento. Nella zona genitale, violenza carnale. Vaste aree possono indicare un trascinarsi sul terreno, utili alla ricostruzione di un incidente stradale.

Dalla **parte opposta** a quella della direzione del trauma si osservano piccoli lembi di epidermide sollevati e distaccati. Una lieve **crosta siero ematica** si forma dopo alcune ore dal trauma, e persiste per 4-5 giorni, lasciando poi un alone roseo destinato a scomparire. Il reperto di una crosta nel cadavere indica che la lesione era vitale: se la lesione è superficiale, al posto della crosta ematica ci può essere una crosta linfatica, gialliccia. Aree di consistenza pergamenacea, giallastre e infossate sono indicative di una lesione escoriativa dermica inferta ad un cadavere (circolazione assente).

Ecchimosi

Azione contusiva di media intensità che provoca la lacerazione dei tessuti sottocutanei ma senza rompere la cute; si produce quindi una perdita ematica sottocutanea per rottura di capillari o di piccoli vasi, che prende il nome di ecchimosi.

Quelle profonde e degli organi interni non si apprezzano a meno che non diano luogo ad una tumefazione, oppure subiscano fenomeni di migrazione, mentre quelle superficiali hanno l'aspetto di una macchia rosso-violacea, per trasparenza.

A seconda di forma e dimensioni si distinguono:

- Ematomi:** spargimenti voluminosi di sangue in cavità preformate o neoformate
- Soffusioni:** estesi spargimenti ma di modesto spessore (spesso da vasculiti)
- Suggellazioni:** spandimenti piccoli e rotondeggianti
- Petecchie:** spandimenti delle dimensioni di una lenticchia, multipli
- Vibici:** spandimenti di forma sottile e allungata

Oltre che da contusione, le ecchimosi si possono produrre per **trazione** o **suzione** della cute, quando i vasi sanguigni, a causa della loro minore elasticità, non possono seguire la cute. Esiste poi l'ecchimosi da **contraccolpo**, che si verifica nel lato opposto al trauma in organi chiusi in contenitori rigidi (encefalo e polmoni). Infine, possono esserci le **ecchimosi emodinamiche**, ossia stravasi emorragici, in genere degli organi interni, determinati da un brusco aumento della pressione ematica per ipertensione, schiacciamento, sforzi fisici, decompressione atmosferica elevata.

L'estensione delle ecchimosi dipende da molti fattori indipendenti dalla violenza del colpo subito:

- Tipo, numero e dimensione dei vasi
- Presenza di resistenza ossea sottostante (schiacciamento dei tessuti fra osso e corpo contundente)
- Lassità del tessuto in cui si diffonde il sanguinamento (scroto, palpebre molto facilmente ecchimotiche, palmo delle mani quasi mai ecchimosi).

Alcune sedi sono perciò inadatte a riconoscere la violenza e la natura del colpo inferto. Anche la sede delle ecchimosi è importante (collo, genitali, orifici respiratori) ma a volte la macchia si manifesta altrove per via di fenomeni di migrazione attraverso spazie e aponefrosi, per gravità, della raccolta ematica.

La **forma** dell'ecchimosi è importante, perché l'analisi del profilo dell'oggetto e del numero, sede e disposizione permette a volte di ricostruire l'episodio. Collo, braccia e polsi ad esempio possono essere sedi di ecchimosi da colluttazione.

Il **colore** iniziale, rosso-bluastrò, va incontro a delle modificazioni che permettono di stabilire l'età delle lesioni, per le trasformazioni dell'Hb.

- Rosso-viola:** iniziale, Hb ossigenata
- Rosso-bluastrò:** pochi minuti, Hb deossigenata e ossigenata mista
- Violaceo, blu:** alcune ore, Hb del tutto deossigenata
- Verdastro:** 5°-6° giorno, trasformazione in bilirubina
- Giallastro:** 8°-9° giorno, fagocitosi da PMN
- Scomparsa:** 12-15 giorni

Successivamente, le lesioni ecchimotiche possono essere dimostrate con colorazioni istologiche in loco o nelle ghiandole linfatiche regionali che mettono in evidenza il ferro o l'ematoïdina.

Le ecchimosi congiuntivale rimangono sempre rosse fino alla scomparsa, per effetto della ossigenazione dell'Hb attraverso la sottile cornea, mentre quelle ungueali, per il motivo opposto, diventano subito nere e permangono a lungo (non si riassorbono, ma scivolano via con l'unghia).

Nel cadavere si possono produrre modeste ecchimosi solo nelle zone declivi e ipostatiche. La diagnosi differenziale fra ecchimosi e macchie ipostatiche è istologica, mancando nelle seconde l'infarcimento emorragico dei tessuti.

Ferite lacero-contuse

Se la violenza contusiva è tale da superare la resistenza dei tessuti, si producono delle soluzioni di continuità di essi più o meno profonde. Le lesioni (che a differenza di quelle da taglio hanno margini irregolari e frastagliati) si creano quando c'è al di sotto una resistenza ossea, oppure viceversa quando l'azione lacerante è esercitata dall'interno (fratture ossee esposte o ferite trapassanti). Possono essere prodotte da **strappo** per brusca trazione della cute, e possono estendersi oltre il punto di lesione per un meccanismo di **scoppio**.

I margini sono contusi, lacerati e irregolari nelle ferite tipiche, con scollamento della cute dal connettivo per la maggior lacerabilità di quest'ultimo. Le ferite da trazione hanno margini più regolari, simili a quelle da taglio, mentre quelle dall'interno presentano in genere la fuoriuscita di tessuto sottocutaneo dai margini della ferita.

Per distinguerle da quelle da taglio, si osservano le ferite alla lente e si trovano comunque degli elementi di irregolarità dei margini, e anche spesso dei ponti fibrosi fra i bordi della ferita che sono dimostrativi del meccanismo contusivo.

Quelle da trazione e da scoppio non conservano l'impronta dell'oggetto, mentre quelle da corpo contundente spesso sì. Sono ben riconoscibili i morsi.

Le **conseguenze** di queste ferite sono sempre abbastanza serie, in quanto guariscono spesso per seconda intenzione per la soprainfezione batterica, e lasciano cicatrici vistose e a volte deformanti. I morsi possono provocare amputazione di piccole parti di naso e orecchie, o gravi infezioni (topi).

Lesioni di organi profondi

Oltre agli stravasi ematici (pericolosi in cervello, meningi e cuore), si possono trovare delle lacerazioni degli organi interni prodotte a carico di strutture non protette dalle ossa (milza, fegato, reni, cuore, grossi vasi, polmoni, stomaco, intestino e vescica in ordine decrescente di frequenza).

La vicinanza a strutture ossee rigide, lo stato di riempimento dei visceri cavi e l'impatto con strutture dure (mura, pavimenti) facilitano le lacerazioni o lo scoppio. Oltre alle lacerazioni si possono anche creare dislocazioni, ptosi, ernie, lesioni muscolari e tendinee.

Frequentemente, gli organi interni subiscono lesioni di tipo da **contraccolpo**, per squotimento dei visceri chiusi in strutture ossee.

Le ossa vanno incontro, per eventi contusivi, ai vari tipi di fratture complete e incomplete, che possono dare indicazioni sulla forza e sulla direzione del colpo o dell'azione (fratture in torsione, flessione, trazione eccetera).

Le fratture possono essere anche a **stampo** dell'oggetto utilizzato, tipiche del cranio, che se impatta contro uno spigolo può mostrare un cedimento progressivo "a scalini". Caratteristico è l'aspetto "a mappamondo" del cranio, per impatto esteso contro una superficie dura in modo molto violento: si formano delle fratture in senso longitudinale, parallele, intersecate con altre fratture parallele in modo trasversale.

Le strutture osteo-articolari possono essere interessate da traumatismi ripetuti di tipo **vibratorio**, tipiche dei lavoratori stradali che usano il martello pneumatico, a carico soprattutto dei tendini e delle articolazioni dell'arto superiore. Queste lesioni possono interessare anche i vasi e i tronchi nervosi, inducendo parestesie, neuriti, fenomeni vasomotori tipo Raynaud, trombosi, gangrena.

Patologia da suoni e ultrasuoni

Sono considerate lesioni contusive per l'effetto che l'onda sonora ha sulla superficie di applicazione.

→ **Il suono come esposizione cronica** agisce in modo tollerabile fino a 60-80 phon (il phon è la più piccola intensità di suono udibile. Corrisponde alla sensazione che da un suono espresso in decibel a 1000 Hz, e tiene quindi conto delle differenze di udibilità delle varie frequenze). È considerato lievemente lesivo fra 80 e 90, e nocivo oltre i 95. Il dolore si manifesta attorno ai 120-130 phon (aviogetto in decollo a meno di 200 metri). Ne conseguono lesioni dell'apparato auditivo (lesioni dell'organo del Corti e atrofia dei nervi acustici) e della sfera neurovegetativa (irritabilità, insonnia, cefalea, anoressia, astenia).

→ **Il suono come esposizione acuta** agisce in condizioni di eccezionale violenza e intensità (scoppio di bomba) danneggiando il timpano.

→ **Gli ultrasuoni** a seconda dell'intensità possono provocare tre tipi di danno:

- Modificazione reversibile del gel cellulare con stimolazione delle attività delle cellule nervose soprattutto, iperemia e abbassamento del pH.
- Compromissione dell'attività cellulare e vasocostrizione
- Paralisi, emolisi e compromissione dei tessuti in senso necrotico

GRANDI TRAUMATISMI

In corso di particolari eventi traumatici si verificano le lesioni contudenti descritte in condizioni di estrema gravità e in quantità notevole.

Incidenti stradali

Veicolo contro persona. Sul soggetto agiscono cinque momenti lesivi diversi

- **Urto:** in quest'occasione si hanno lesioni caratteristiche dovute al contatto con le parti anteriori del mezzo, che possono conservare la loro impronta sul ferito e a volte permettere l'identificazione del veicolo. Queste lesioni, se il soggetto è eretto, sono agli arti inferiori (o su tutto il corpo se camion o treno), con lesioni secondarie al rachide per brusco spostamento del tronco.
- **Proiezione al suolo:** lesione da urto e sfregamento in genere ad arti superiori, tronco e testa. Talvolta ci può essere il caricamento del corpo su cofano o parabrezza.
- **Propulsione sul terreno:** capita spesso che dopo aver lanciato il corpo avanti, il veicolo vi ritorni sopra provocando lesioni da sfregamento contro il suolo o contro il veicolo stesso.
- **Arruotamento:** passaggio delle ruote sul corpo dell'investito, provocando le tipiche lesioni contusive che lasciano l'impronta dei pneumatici sul corpo o sul vestito del soggetto. Vaste sezioni e amputazioni in corso di investimento da treno o tram, a causa delle ruote metalliche e delle rotaie sottostanti.
- **Trascinamento dell'investito:** afferrato da parti sporgenti del veicolo sottoposto all'azione di sfregamento contro il terreno.

Veicolo contro veicolo: lesioni più gravi a carico degli occupanti i posti anteriori per urto contro le strutture rigide dell'auto (capo contro parabrezza, sterno contro volante), in corso di scontro frontale. Cintura e Air Bag. In caso di tamponamento, colpo di frusta (poggiatesta).

Precipitazioni dall'alto

Lesioni proporzionali all'altezza di caduta e alla resistenza delle strutture d'impatto (strade, pavimenti). Un liquido ha, fino ad un certo limite, un effetto protettivo molto efficace (tuffi).

L'aspetto esterno in genere non è grave, con pochissime escoriazioni e contusioni, soprattutto per l'urto contro superfici piane; le lesioni interne sono però spesso mortali, e le fratture possono essere **comminute** e multiple (aspetto del cadavere "a sacco di noci").

Ripreso dal libro: "i quadri più spettacolari sono offerti dai disastri aerei, la cui straordinaria violenza dell'impatto del corpo al suolo produce fenomeni di disintegrazione e di esplosione con proiezione anche a notevole distanza dei frammenti organici". Evviva!

Sono di solito il frutto di incidenti o di suicidi, difficilmente di omicidi.

Esplosioni

Gli effetti sono provocati dall'onda pressoria e dalla successiva onda di depressione, e dall'azione diretta di eventuali oggetti scagliati dall'esplosione. Si associano anche effetti termici e tossici dei gas di esplosione. Le lesioni sono molto variabili sia all'interno che all'esterno, e variano da ampi sfaceli, lacerazioni, contusioni, amputazioni, fino a modeste alterazioni anatomiche ma che corrispondono a lesioni importanti degli organi interni per compressione. Importanti gli effetti accessori dell'esplosione (tossici, termici, radioattivi) e neurologici (isterismo da spavento, sordità).

Schiacciamento

Lacerazioni e contusione multiple. In caso di schiacciamento del torace è frequente la **maschera ecchimotica**, un aspetto contusivo esteso al volto, dovuto all'aumento di pressione che si verifica nelle vene giugulari per la compressione toracica.

Se lo schiacciamento non è immediatamente mortale possono verificarsi complicazioni di tipo **respiratorio e circolatorio** (sindromi asfittiche da compressione del torace o ostruzione delle vie aeree), e di tipo **renale** (immissione in circolo di sostanze necrotiche dalla zona schiacciata, mioglobina).

FERITE DA TAGLIO E DA PUNTA

I corpi che provocano queste ferite hanno una precisa azione penetrante, e questa è la loro peculiarità. Sono definite anche “armi bianche” per contrapporle alle armi “da fuoco”.

Taglio

Ferite condotte da armi dotate di una **lama**, ossia una porzione estesa in lunghezza che ha un modesto spessore e un lato sottilissimo, capace di tagliare i tessuti anche con una pressione moderata. Alcuni oggetti taglienti (cocci, vetri) sono definiti armi da taglio atipiche, in quanto non sono stati costruiti per la specifica azione di tagliare, ma hanno un effetto del genere.

La caratteristica predominante delle lesioni da taglio sono i **margini nettissimi**, senza aspetti laceri e contusivi, senza scollature e lunghi. Si può avere difficoltà in caso di lame poco affilate o ferite inferte su pieghe cutanee, ma è sufficiente osservare se l’arma ha tagliato anche strutture sottocutanee fibrose (tendini, legamenti) in qual caso è senza dubbio da taglio.

L’ampiezza dei margini può essere molto grande, tanto da far supporre una perdita di tessuto, quando le ferite intersecano perpendicolarmente o quasi le strutture fibro elastiche della cute e le sue linee di trazione (come le ferite trasversali del collo).

La **profondità** della ferita è massima la centro del taglio e si riduce gradualmente verso le due estremità, che sono dette **codette**. La codetta più lunga, di norma è quella d’uscita, dato che la lama entra in modo quasi perpendicolare alla cute ed esce in modo quasi parallelo (provate a fare il gesto di tirare una coltellata: il braccio descrive un semicerchio, ed arriva a contatto con il bersaglio in modo perpendicolare). Se però la superficie cutanea è curva, può accadere che la superficie di ingresso sia parallela alla lama, e allora le codette presentano il fenomeno dell’**inversione**, ossia la più lunga è quella d’ingresso.

Più facile è determinare la direzione del colpo nelle ferite **a lembo**, ossia in cui la lama entra da una direzione con una forte inclinazione (di taglio) e lascia una impronta obliqua rispetto alla cute.

Difficile invece determinare lo strumento usato dalla forma della ferita, dato che questa forma dipende da molte caratteristiche della cute e della direzione del colpo.

Le ferite da taglio, sia a scopo di suicidio che di omicidio, sono molto frequenti al collo (da suicidio ai polsi), e in questo caso la morte si può avere per:

- Anemia acuta emorragica da resezione carotidea o giugulare
- Embolia gassosa da sezione delle giugulari
- Sommersione interna per emorragia delle giugulari o carotidi nelle vie aeree
- Lesione dei nervi vagali

Tipiche del suicida sono ferite multiple, alcune poco profonde accanto a quelle mortali: questo perché il suicida prima prova a infliggere lesioni lievi, poi si risolve a provare lesioni mortali.

Le lesioni da omicidio sono multiple, disordinate e anche in sedi non vitali, in quanto sono legate anche alla difesa della vittima. Lesioni da difesa sono presenti alle mani e agli avambracci. Colpi vibrati da sinistra in un soggetto destrimano sono sicuramente da omicidio.

Punta

Oggetti di forma molto allungata, in genere a sezione ovale o sferica, di dimensione modesta e dotati di un estremo acuminato.

Nel caso di strumenti piccoli, le fibre cutanee vengono divaricate, e poi si retraggono alla retrazione dell’oggetto feritore, lasciando un piccolo occhiello o una linea. Questa linea ha una direzione **indipendente** dalla direzione in cui è stato vibrato il colpo, ma segue quelle linee di fendibilità cutanea

che hanno una direzione precisa in ogni punto della cute. Se queste linee di fendibilità non sono rispettate, allora ci si trova probabilmente davanti ad una ferita da taglio. Questo vale anche per gli organi interni, come lo stomaco, la cui perforazione lascia nelle tre tonache muscolari tre fenditure orientate in senso diverso (longitudinale, trasversale, obliquo).

La direzione del colpo viene accertata in sezione nei tessuti: nel caso di aghi e spilli, questa sezione mostra una linea arrossata (se non si ledono vasi e l'ago è sterile, il ferimento è innocuo, essendo in pratica una iniezione).

Con strumenti di maggior diametro, o atipici (punteruoli, ombrelli, schegge di legno o di vetro) si hanno delle ferite da punta a cui si sommano aspetti contusivi. L'ingresso allora è un foro irregolare, più o meno circolare, infossato con bordi laceri e orletto ecchimotico. Il massimo grado di lacerazione corrisponde agli eventi (di solito infortunistici) di **impalamento**.

Capire il tipo di strumento è molto difficile: il foro d'ingresso è sempre più piccolo del diametro dello strumento, e la profondità del foro non è indicativa, in quanto per ferite su zone cedevoli (addome) il colpo scende in profondità oltre la lunghezza della punta. Per la diagnosi differenziale fra omicidio e suicidio valgono le solite cose: disordinatezza e violenza delle lesioni, lesioni da difesa, ferite inferte sopra i vestiti (il suicida denuda quasi sempre la zona che vuole colpire), tracce di colluttazione. Tipico infanticidio viene fatto tramite la puntura delle fontanelle craniche con spilloni.

Punta e taglio

Coltelli, pugnali, forbici, trincetti possono avere un'azione combinata in cui la punta si somma al taglio. Anche in queste ferite prevale la profondità, e l'azione di penetrazione è facilitata da un lato tagliente della lama che recide i tessuti mentre approfonda.

Il foro d'ingresso è tipico, di forma **triangolare**, molto allungato, con un dorso che può essere rettilineo o a V a seconda delle caratteristiche della lama. Se la cute è stata recisa in direzione trasversale alle linee di frattura, la ferita assume una forma ad asola.

La ferita assume la dimensione della lama solo se il colpo è stato inferto perpendicolarmente, ma spesso è maggiore per l'inclinazione del colpo d'entrata o della retrazione. Se l'inclinazione è molto pronunciata si possono avere accenni di codette.

Le lesioni da punta e taglio hanno un danno maggiore di quelli da punta o da taglio soltanto, a causa della possibilità di recidere e lesionare organi a grande profondità: l'arma da taglio infatti incide solo in superficie, e l'arma da punta tende più che altro a "spostare" vasi e nervi nel suo decorso verso il basso. Taglio e punta sono gli strumenti omicidiari più utilizzati e frequenti.

Fendente

Ferite causate da oggetti con margine tagliente che però sfruttano una azione di urto laterale e non di scorrimento per penetrare. Questi oggetti hanno un'azione contusiva indispensabile alla penetrazione, e sono in genere pesanti: asce, scuri, mannaie, roncole, daghe.

Provocano ferite simili a quelle da taglio, ma con margini irregolari escoriati e contusi, che differiscono dalle lesioni lacero-contuse per l'assenza di ponti fibrosi fra i margini e di scollature fra cute e sottocute. Le ferite sono profonde più di quelle da taglio, con la presenza di resezione di strutture resistenti, e facilmente provocano fratture e amputazioni. Non ci sono codette (a meno che ci sia una penetrazione parziale di uno strumento curvo come la scimitarra).

Sono spesso usati per omicidio o responsabili di incidenti fra boscioli e contadini. Spesso gli strumenti da fendente sono usati per il depezzamento criminale del cadavere, al fine di occultare il delitto o comunque di ostacolare il riconoscimento. Questo è difficile perché le parti lese dalle ferite mortali possono essere spesso coperte dai colpi del depezzamento. Diventa difficile stabilire l'epoca della morte perché i fenomeni putrefattivi sono ritardati dalla perdita di gran parte del sangue.

LESIONI DA ARMA DA FUOCO

In virtù di una rapida esplosione di una miscela di polveri combustibili compresse, le armi da fuoco imprimono a corpi solidi in esse contenute (proiettili) una elevatissima velocità, componente essenziale dell'energia cinetica. Sono in assoluto le armi più usate per omicidio o suicidio.

Le caratteristiche del proiettile sono importanti in alcuni casi ai fini del riconoscimento dell'arma: le moderne armi hanno canne **rigate** che servono per imprimere al proiettile un moto rotatorio che ne permette una maggiore stabilità di traiettoria. Questa rigatura consente spesso di determinare il tipo o a volte l'arma che ha sparato.

Il **calibro** del proiettile è vario a scenda delle armi, e la forma è per lo più allungata (ogivale) tranne che nelle cariche multiple a pallettoni, e possono essere presenti differenze di forma per provocare più danni o azioni speciali (ad esempio alcuni proiettili hanno una cavità dietro la testa, e all'impatto con il bersaglio la parte anteriore collassa espandendosi e provocando un danno maggiore. Sono detti **proiettili a espansione**. Il materiale è in genere piombo, per maggior peso specifico, e il peso varia da 2,52 grammi ai 10,15.

L'effetto si determina sia per la lesione diretta, anche a grande profondità, delle strutture raggiunte, che per lo squasso dell'onda d'urto del proiettile sui tessuti (killing power) e dalla permanenza del proiettile nell'organismo che impedisce i normali processi riparativi (stopping power).

Le manifestazioni della ferita d'arma da fuoco sono rappresentate dai fenomeni a carico del **foro d'entrata, dal tramite, dal foro d'uscita**.

Foro d'entrata

Il foro d'entrata si produce quando il proiettile ha una energia sufficiente a penetrare la cute (non si produce, ad esempio, con i pallettoni sferici di rimbalzo). Questo può presentare fenomeni di **esplosione** che si producono raramente con proiettili ad altissima velocità, sparati a bruciapelo, e si possono avere anche in profondità, su organi che sono contenuti in involucri rigidi e poco elastici (encefalo) e non possono dissipare l'energia dell'onda d'urto. All'opposto, proiettili con pochissima energia residua creano fenomeni di **contusione**.

La maggioranza dei proiettili sparati provoca una lacerazione della cute con cui entra in contatto, e resta un foro di ingresso rotondo, in genere **più piccolo del proiettile**, per l'elasticità dei tessuti, e che ha una forma **ovale** se la penetrazione è avvenuta obliquamente (vedi accertamento della direzione del tiro). Attorno c'è un **orletto escoriativo echimotico** dovuto alla trazione e allo sfregamento del proiettile sulla cute, che si ripiega come un guanto al suo passaggio. L'orletto è più esteso dal lato di provenienza del proiettile se il colpo è obliquo (il contatto con la cute è maggiore).

Tramite

E' il percorso compiuto dal proiettile attraverso il corpo della vittima. Può essere **a fondo cieco** se il proiettile si ferma nell'organismo, **trapassante** se c'è un foro d'uscita, **o a semicanale** se il colpo è molto tangenziale e la ferita rimane un canale a cielo aperto (si possono comunque avere danni gravi alle strutture sottostanti per l'energia cinetica trasmessa).

Il tramite ha diverse caratteristiche importanti:

- **Diametro e impatto con l'osso:** dipende dal tipo di proiettile, dall'elasticità delle strutture attraversate (cavità virtuale nel tessuto adiposo), oppure una esatta riproduzione a stampo delle dimensioni e della forma del proiettile, come avviene nelle ossa piatte attraversate perpendicolarmente. Nel tavolato interno dell'osso bisogna osservare una scheggiatura ad imbuto aperto dall'esterno all'interno (cioè più largo all'interno dell'osso), mentre sul lato esterno si osserva un foro che riproduce a stampo la dimensione del proiettile. Nell'osso lungo invece si formano fratture comminute, che possono essere utilmente interpretate analizzando i margini di frattura. L'osservazione della differenza fra tavolato interno ed esterno permette di

capire qual è la direzione di arrivo del proiettile: spesso infatti accade che se il foro d'uscita è a contatto con una superficie rigida (mura) si formano delle escoriazioni ed ecchimosi che impediscono di identificare il foro d'entrata. Allora, se in uno dei due fori non ci sono lesioni a distanza ravvicinata, l'analisi del tramite attraverso le ossa piatte permette di capire la direzione del colpo.

- **Traiettoria:** può essere rettilinea se il proiettile aveva sufficiente energia, curva se seguiva un moto parabolico, angolata se il proiettile è rimbalzato su strutture resistenti all'interno del corpo. In ogni caso offre un ulteriore elemento per l'accertamento della direzione del colpo.
- **Aspetti destruenti:** provocati da materiale trascinato dal proiettile (abiti), dal capovolgimento del proiettile o dalla deformazione delle armi a espansione.

Nei tramiti a fondo cieco il proiettile può essere cercato con RX.

Foro di uscita

Ha un diametro più grande per proiettili che si frammentano, si allargano, trascinano con sé indumenti o altro, e colpi multipli, ma può anche essere più piccolo se il colpo è sparato a bruciapelo. I margini sono irregolari, estreflessi, e a meno che non ci siano contusioni secondarie alla presenza di strutture rigide a contrasto non presenta l'orletto escoriativo. Possono uscirvi brandelli di osso o tessuto.

Accertamento del tipo di arma

Il colpo d'arma da fuoco è distinguibile:

- Per i segni nel foro d'ingresso quando il colpo è sparato da vicino
- Per i segni multipli d'ingresso e di uscita dei colpi a pallini
- Per il rinvenimento del proiettile
- Per l'orletto ecchimotico-escoriativo d'ingresso
- Per l'orletto di diversione (tracce di piombo lasciate dal proiettile all'ingresso), che si evidenzia meglio mettendo a lungo il frammento cutaneo in acqua.
- Presenza e tipo delle lesioni interne lungo il tramite (stampo su ossa piatte)
- Tracce di polveri di sparo, nitrati di difenilamina su vestiti o cute.

Accertamento della distanza di sparo

Questi accertamenti sono quasi sempre possibili solo su armi a **canna corta**, dove l'esplosione del bossolo avviene vicino alla bocca d'uscita dell'arma, e quindi fiammata e gas di sparo sono espulsi dietro al proiettile. Considerevolmente minore l'effetto del genere nelle armi a canna lunga, dove i gas e la fiamma hanno il massimo effetto all'interno della canna stessa, e dalla bocca non esce che il proiettile.

Particolari caratteristiche possono presentare i colpi sparati con la **bocca dell'arma a contatto con la cute**. In questo modo nel foro d'ingresso e nel primo tratto del tramite si trovano anche i **gas** della deflagrazione, le **bruciature** della fiammata e le **fecce** del proiettile (incamiciatura in rame e tracce di piombo). Se il colpo è sparato su strutture sottocutanee lasse, o se a breve distanza dalla cute c'è una piastra ossea (cranio), allora i gas si estendono nel connettivo attorno al foro d'ingresso, rigonfiandolo, e dando al foro un aspetto a cratere, con la parte centrale circondata da un orlo sollevato e il bordo stellato e slabbrato (**ferita a stella**).

Questa zona sollevata della cute può conservare l'impronta della bocca dell'arma, dando luogo ad indicazioni sul tipo di arma.

A distanza ravvicinata, ma non a contatto (colpo a bruciapelo), si rilevano bruciacchiature dei peli e un alone permanganaceo giallastro, dovuto alla combustione della cute (azione della fiamma, **scompare a 15 cm**).

A distanza maggiore si repertano ustioni ed aloni del **tatuaggio lavabile** dei gas di scarico, che hanno questa caratteristica: aumentando la distanza aumentano di diametro, per poi diminuire all'aumentare ulteriore della distanza di sparo, e infine scomparire per colpi sparati oltre una certa distanza (15-20 cm).

Alla scomparsa di questo per lavaggio, e per colpi sparati da distanze ancora superiore, si repertano solo **tatuaggi indelebili** delle particelle di combustione inflitte nella cute, e scopaiono **oltre i 30 cm**.
Questi tatuaggi hanno una forma asimmetrica se il colpo è inclinato, con una espansione dal lato opposto a quello della bocca dell'arma da fuoco.

Particolarmente importante per l'accertamento della distanza e direzione del colpo sono i colpi sparati da armi multiple (a pallini): la rosa di fori di entrata (**rosata**) è infatti tanto più ampia quanto maggiore è la distanza del colpo, che se sparato molto da vicino forma una lesione multipla da corpo unico (i pallini "fanno palla") con margini sfrangiati. Nelle rosate larhe, i pallini più esterni perdono rapidamente inerzia, e quindi penetrano a profondità minore. Questa tendenza alla separazione è mantenuta anche durante il tragitto all'interno del corpo, e quindi il tramite e il foro di uscita saranno ad imbuto, e permettono anche qui accertamenti sulla direzione del colpo e sulla distanza: ricostruendo il cono ideale composto da foro d'uscita, tramite e foro d'entrata, in questo caso si può identificare molto bene la posizione del tiratore e dell'arma.

La rosa dei colpi multipli è circolare se il colpo è stato sparato perpendicolarmente, altrimenti è obliqua, con allungamento nella direzione opposta a quella del colpo.
Sapere che la gittata dei pallini è considerevolmente minore di quella del proiettile unico e si può valutare in circa 80 volte il loro diametro. Alla massima gittata, la capacità lesiva è praticamente nulla.

Numero di colpi

In casi particolari uno stesso foro può essere l'ingresso di due proiettili: in quel caso ci saranno due tramiti. Invece può accadere che un proiettile provochi due fori, entrando ed usando da un arto e poi entrando ad esempio nell'addome. Oppure il colpo si frammenta durante la traiettoria. Nei colpi multipli la sovrapposizione di più rosate provoca non pochi problemi.

Tipo di arma

- Impronta lasciata nel caso di colpi sparati a contatto
- Caratteristiche di bossolo e proiettile
- Diametro del foro prodotto su ossa piatte
- Rigature sul proiettile e percussione sul bozzolo. In ogni arma si producono minime variazioni che possono essere usate ai fini comparativi per identificare esattamente l'arma che ha sparato quel proiettile.

Per l'identificazione del feritore possono essere ricercate tracce di polvere da sparo sui vestiti o sulla mano che impugnava l'arma.

LE ASFISSIE

In medicina legale asfissia è una rapida e improvvisa insufficienza respiratoria provocata da un **impedimento meccanico all'atto della respirazione**, esercitato a qualunque livello sulle vie aeree o sui muscoli respiratori. Non sono asfissie gli avvelentamenti da tossici, o qualunque altra condizione che impedisca gli scambi ematoarei.

Devono quindi avere la caratteristica di **violenza** (intesa in senso cronologico) e di **meccanica** (intesa come in grado di lasciare una traccia del mezzo che ha prodotto asfissia).

Una classificazione dunque può essere:

- Per occlusione degli orifizi respiratori → **soffocamento**
- Per occlusione delle vie respiratorie
 - o Dall'esterno → **impiccagione, strozzamento, strangolamento**
 - o Dall'interno → **annegamento, sommersione interna, intasamento**
- Per ostacolo alla espansione polmonare
 - o Dall'esterno → **costrizione toracica, seppellimento, schiacciamento**
 - o Dall'interno → **emotorace, pneumotorace**

All'asfissia fa seguito una sindrome acuta ipossica caratterizzata da cinque fasi evolutive:

- **Stadio dispnoico:** all'inizio la dispnea è prevalentemente inspiratoria, perché il soggetto si sforza di vincere l'ostacolo alla respirazione. Compare tachicardia e ipotensione, e si ha perdita di coscienza. L'aumento della CO₂ provoca stimolazione del centro bulbare e quindi una dispnea espiratoria che segue lo svenimento: l'attivazione adrenergica provoca ipertensione, che si crea anche per l'utilizzo intenso dei muscoli espiratori e questo provoca la rottura di piccoli capillari ad esempio quelli sottocongiuntivali. Queste **petecchie sottocongiuntivali** sono **l'unico segno generico di asfissia**.
- **Stadio convulsivo:** contrazioni afinalistiche dei muscoli di tipo clonico, per stimolazione dei centri motori. La pressione arteriosa si eleva ancora di più per l'effetto delle convulsioni e per la costrizione splancica provocata dalla mancanza di O₂ a livello nervoso. Si formano **petecchie emorragiche** da ipertensione e da contusione.
- **Stadio di morte apparente:** compromissione dei centri bulbari, con rallentamento di tutti i movimenti corporei sino al loro arresto. Polso inapprezzabile, sensibilità assente. Il respiro è quasi inesistente con pause lunghissime
- **Boccheggiamento terminale:** parziale ripresa dell'attività bulbare che determina occasionali e afinalizzati movimenti respiratori, in genere localizzati alle narici e alla bocca.
- **Morte:** il respiro cessa del tutto, mentre l'attività cardiaca perdura per qualche minuto. Dopo il cuore, opportunamente stimolato, può mostrare la ripresa di attività (rianimazione).

Tutto il ciclo dura dai 3 ai 6 minuti, ma intervengono numerose circostanze esterne e interne:

- Bassa temperatura (aumenta la necessità di O₂ per fini omeotermici)
- Tipo di asfissia (parziale o totale ostacolo alla respirazione)
- Movimento muscolare, robustezza fisica, stati metabolici
- Neonati: asfissia più lunga per miglior ossigenazione dell'Hb (persistenza di quella fetale), respirazione cutanea (rapporto V/S minore dell'adulto).
- Vecchi e debilitati: asfissia più lunga per minor bisogno di ossigeno.

Oltre che per asfissia, queste condizioni possono essere letali per complicanze infettive polmonari (annegamento) o per i traumi emorragici della fase ipertensiva, o per le sequele ipossiche sul cervello o sul cuore.

La morte per asfissia si accompagna ad alcuni segni generici. **Attenzione: il proff dice che l'unico segno generico è quello delle ecchimosi asfittiche congiuntivali.**

- Rapidità di comparsa delle macchie ipostatiche nel cadavere per la presenza di fenomeni fibrinolitici (in ogni caso di morte rapida)
- Precocità dei fenomeni putrefattivi, dovuta alla bassa tensione di ossigeno che favorisce gli anaerobi
- **Presenza di ecchimosi puntiformi cutanee e congiuntivali, per sfiancamento dei capillari dovuti alla ipertensione delle fasi II e III.** Queste ecchimosi si trovano anche nella pleura, pericardio, laringe, glottide e trachea, ossia in tutti gli organi del torace: la loro patogenesi è dovuta ai movimenti di brusca aspirazione che si fanno nella fase dispnoica, e infatti non si hanno in annegati. Sono però presenti anche nelle emopatie e vasculopatie.

Soffocazione

Diverse modalità sono possibili.

→ Ostruzione della pervietà delle vie aeree esterne (naso e bocca): ricerca di ecchimosi ed escoriazioni in zona, ma a volte data la morbilità di oggetti usati per questo scopo possono non esservi tracce. Si ricerca allora i segni di compressione con il microscopio (spandimenti emorragici sottocutanei). Sono di solito modalità di omicidio in soggetti indifesi o storditi, oppure accidentali in neonati o in persone in stato di incoscienza che cadono con il volto su materiali soffici

Impiccamento

Corpo appeso ad un laccio che si stringe a cappio attorno al collo, e dall'altro lato sta attaccato ad un ramo o un sostegno. Il peso del corpo stesso stringe il laccio comprimendo la glottide o il laringe.

Si definisce completo quando il corpo è sospeso da terra, e incompleto quando una parte di esso appoggia su di un altro sostegno. Si definisce tipico quando il cappio è annodato dietro il collo, atipico quando è annodato di lato.

La dinamica dell'impiccamento non è lo schiacciamento della cartilagine glottidea: il laccio infatti viene appeso a quel livello e lì vi lascia un solco (importante nella diagnosi, vedi oltre), **ma quando il cappio viene teso, scorre fino ad incontrare la mandibola**. Qui comprime la lingua e la regione ioidea: la lingua spostandosi verso l'alto chiude completamente le vie aeree. Allo scioglimento del corpo, la cute del collo torna in sede tipica e quindi si ha la formazione del solco in corrispondenza della glottide.

La pressione del laccio, se superiore a 3 kg (sempre) chiude le carotidi e provoca una anossia cerebrale, provocando quindi una incoscienza precoce. Se poi la trazione del cappio è rapida (caduta dall'alto), si verificano anche fratture o lesioni del rachide cervicale.

Le caratteristiche del **solco dell'impiccato** sono:

- **Obliquità rispetto al collo:** dovuta al fatto che il laccio tende ad assumere una direzione verticale essendo tirato dal basso e trattenuto in alto. In caso di impiccamento atipico l'inclinazione sarà minore e diretta verso l'esterno.
- **Discontinuità:** di solito il cerchio non è continuo, ma si interrompe in corrispondenza del punto in cui il laccio è annodato, di solito dietro. Quando però il laccio è stato girato a più riprese, oppure annodato saldamente e strettamente, può essere continuo.
- **Differente profondità:** C'è una zona più profonda del solco in corrispondenza del punto opposto al nodo, dove grava tutto il peso, e questa impronta si affievolisce sempre di più man mano che si arriva al nodo e alla discontinuità.

Il solco è escoriato, ecchimotico, e possono esservi delle vescicole sierose per lo scorrimento del laccio. Quando ci sono più solchi, fra di essi la cute è ecchimotica per l'azione di pizzicamento. Con l'evaporazione cutanea, diviene duro se il laccio era sottile e resistente, e meno marcato se il laccio era morbido.

Si devono inoltre valutare dei criteri di **vitalità delle lesioni del solco** da impiccagione, per differenziare quei quadri di appendimento di cadavere.

Questi sono:

- La ricerca di escoriazioni e cretoline emorragiche (sanguinamento)
- Ricerca di stravasamento emorragico sottocutaneo
- Slaminamento dell'intima della carotide (segno di **anossia carotidea**)
- Interessamento emorragico del seno carotideo, importante soprattutto nell'impiccagione con laccio morbido, dove altre tracce sono meno valide
- Ricerca di **petecchie emorragiche sottocongiuntivali ed endocardiche**, da asfissia
- Le lesioni vitali del laccio vanno cercate fino alla regione sottomandibolare, dove il laccio scorre.

Altri criteri di diagnosi di impiccagione, come la protrusione della lingua, la frattura dell'osso ioide, le lesioni delle vertebre eccetera non sono segni dirimenti.

Per valutare la permanenza del cadavere dopo la morte in posizione impiccata, sono importanti le ipostasi agli arti inferiori (cadavere con macchie ipostatiche nel dorso significa che c'è stato appeso).

Strangolamento

La pressione sulle vie aeree è esercitata sempre da un laccio o altro sul collo, ma la trazione è esercitata da persone o strumenti inanimati. La compressione si esercita in genere nel punto **dove si osserva l'impronta**, e si soffoca per compressione della trachea e della laringe (pressione richiesta di circa 20kg).

Il solco dello strangolamento ha delle caratteristiche opposte a quello dell'impiccamento:

- Trasversalità (non è obliquo)
- Continuità (il laccio è avvolto attorno al collo e tirato ai due capi, ma si può anche fare diversamente, come i Tugh)
- Uniforme profondità (distribuzione della pressione in ogni punto in modo uguale)

I segni locali indicano un danno esteso e maggiore alla trachea e al laringe (fratture ossee importanti, ecchimosi estese dei tessuti del collo), e le petecchie congiuntivali ed epicardiche sono spesso presenti. Si tratta qui invece spesso di episodi di omicidio (poi il cadavere viene appeso per simulare un suicidio) o accidentali (cravatte o scarpe che si impigliano in ingranaggi).

Strozzamento

Compressione della laringe e della trachea con la forza esercitata dalle mani. Con le mani si può anche spingere la base della lingua verso l'alto, effettuando lo stesso meccanismo dell'impiccagione. Ci sono sul collo estese ecchimosi lasciate dalla mano, e spesso unghiate che attestano la posizione dell'assalitore. Si trovano estesi stravasi emorragici e fratture a carico delle cartilagini e delle ossa.

In questo caso è possibile che un'azione costringitiva sul seno carotideo provochi una morte subitanea per un meccanismo inibitorio riflesso, particolarmente drammatico quando segue litigi di poco conto o scherzi.

Annegamento

Occlusione delle vie respiratorie al seguito di penetrazione al loro interno di sostanze liquide nelle quali si trovino immersi gli orifizi respiratori.

A differenza dei normali processi asfittici, l'annegamento consta di modalità peculiari:

- Fase di **sorpresa**, in cui il soggetto si rende conto, con una inspirazione, di essere immerso in un liquido
(fase non sempre presente).
- Fase di **apnea volontaria o resistenza**, in cui il soggetto chiude la glottide volontariamente per evitare la penetrazione del liquido. Questa fase dura da un minimo di 30 secondi ad un massimo di oltre un minuto (anche due o tre) nel soggetto allenato, a secondo della disponibilità di aria nel polmone e delle richieste del soggetto.
- Fase **dispnoica**, prevalentemente espriatoria, con perdita di coscienza
- Convulsioni**
- Morte apparente**
- Boccheggiamento**
- Morte**

Con la fase dispnoica, entra il liquido nei polmoni e nell'albero respiratorio. Si può anche avere la **morte in acqua**, ossia la morte per meccanismi diversi (collasso colinergico, congestione circolatoria) provocata dalla ipotermia (il freddo limita la sopravvivenza in acqua a 4' a 0°, 20' a 4°, 1-2 ore a 10°, 2-4 ore a 20°). Eventuali aspirazioni di liquido anticipano la fase dispnoica e accelerano la morte.

Segni non peculiari dell'annegato sono:

- Frequente presenza di schiuma alla bocca**: si dice **fungo schiumoso** la schiuma prodotta dalle narici e dalla bocca che è composta da muco e liquido aspirato, mescolatisi nelle vie aeree durante la fase della dispnea asfittica. Il liquido può essere particolarmente schiumoso se contiene surfactante. Questo muco viene emesso qualche ora dopo la morte, quando la rigidità cadaverica e i fenomeni putrefattivi provocano compressione dei polmoni pieni d'acqua. Altri fenomeni come l'edema polmonare, l'avvelenamento o l'elettricità hanno il fungo schiumoso
- Fenomeni ipostatici** localizzati al dorso, alle natiche e alla testa e arti (l'addome sale in alto perché, gonfio di gas, galleggia)
- Precoce raffreddamento corporeo**

- **Fenomeni cutanei:** la **cute anserina** è la condizione di piloerezione dovuta al freddo sui m. erettori piliferi entro 8-10 ore (periodo di eccitabilità), che si mantiene anche più a lungo per il rigor mortis, e **macerazione cutanea**, che si osserva come uno sbiancamento, rigonfiamento e raggrinzimento della cute specie alle mani e ai piedi.

E' possibile, in base allo stato della macerazione, avere un'idea del tempo trascorso in acqua dal cadavere:

- **Ritardo della putrefazione:** nell'immersione parziale e se il cadavere è rimosso dopo l'ammollo, invece, diventa più rapida per l'imbibizione dei tessuti
- **Presenza di alghe, sabbia, melma sotto le unghie, nella bocca e sulla cute**

Aspetti interni che aiutano a dirimere la questione se l'annegamento è la causa di morte

- **Macchie ecchimotiche congiuntivali e subepicardiche**
- **Enfisema periferico del polmone:** l'aria residua viene spinta a forza nelle parti periferiche del polmone dall'ingresso del liquido annegante e dagli atti respiratori. Al taglio fuoriesce liquido schiumoso tipo edema acuto, che può anche mancare se il liquido inspirato è poco (spasmo bronchiale e successivo riassorbimento del liquido). La docimasia idrostatica, in questo caso, può essere negativa.
- **Corpi estranei nei polmoni:** plancton, alghe. L'esame istologico permette anche di capire se il cadavere è annegato nelle stesse acque o in acque diverse
- **Liquido nello stomaco o nell'intestino:** ha senso solo se il cadavere è stato poco nel liquido, e indica che il cadavere era vivo al tempo dell'immersione, altrimenti può essere penetrata passivamente
- **Emodiluizione:** si può verificare un importante riassorbimento di liquido nel polmone che può provocare successivamente, in soggetti salvatisi dall'annegamento, morte per emodiluizione massiva del piccolo circolo (idremia). Questa differenza fra circolo destro e sinistro permette di eseguire la **prova cartemometrica**, ossia prelevare una pipetta di sangue dal cuore destro e da quello sinistro e farle gocciolare su carta assorbente. Quello destro se è più fluido si espande di più sulla carta. Il **punto crioscopico** si valuta osservando il punto di congelamento del sangue del cuore destro rispetto a quello sinistro. In caso di annegamento su acqua dolce, il sangue destro congela prima, in caso di annegamento su acqua di mare, il sangue destro congela più tardi.

Sommersione interna

Si ha quando il liquido annegante proviene dall'interno dell'organismo stesso. Di solito è sangue proveniente dai vasi del collo o del torace (traumatico), oppure dal polmone (emorragie spontanee, tipo neoplasia che erode grossi vasi e bronchi, mettendoli in contatto). Si può trattare di materiale refluito dallo stomaco (lattanti, ubriachi, intossicati) o da cavità ascessuale. La diagnosi si basa sull'analisi del materiale annegante.

Intasamento

Occlusione delle vie aeree da corpi estranei solidi o semisolidi. Più frequenti di tutti i casi accidentali, a volte, anche se raro, è possibile che si tratti di materiale pulviscolare in grande quantità che si aspira e si impasta con il muco (sotto le Twin Towers ne sono morti diversi così.). A volte omicidio di soggetti indifesi cacciando a viva forza fazzoletti o stracci negli orifizi respiratori (diventa una specie di soffocamento).

Costrizione esterna del torace /seppellimento

Fenomeno in genere accidentale del lavoro o del traffico, con l'evento che oggetti pesanti vadano a gravare sul torace impedendo validi atti respiratori. La morte nella folla è un caso raro in cui la calca provoca impossibilità di respirare, ma sono ammessi anche fattori di natura emotiva e compressioni addominali. Anche in valanghe e terremoti, se le lesioni da schiacciamento non sono letali, c'è la

possibilità di morte per questo motivo. La diagnosi è agevole per le lesioni ecchimotiche e le condizioni del cadavere

Pneumo-emo torace

Impedimento di espansione polmonare da parte di sangue o aria accumulata nelle pleure. Non sempre l'interessamento deve essere bilaterale, soprattutto se l'altro polmone non è sano. Le cause traumatiche sono frequenti, ma sono anche spontanee (tbc, tumori, aneurismi, blebs, enfisema, ascessi polmonari).

LESIONI DA ALTE E BASSE TEMPERATURE

LESIONI DA CALORE

Colpo di calore

Alterazione dell'equilibrio termico dell'organismo, che interviene o con l'aumento della temperatura interna o con un eccessivo aumento di quella esterna tale da rendere inefficaci i meccanismi di dispersione termica (vasodilatazione e sudorazione). I fattori ambientali sono essenziali, essendo sufficiente una temperatura non eccezionalmente elevata (anche 35-40°C) ma con alto livello di umidità. Nel clima secco si deve arrivare fino a 50-60°.

Anche i fattori intrinseci sono importanti, fra cui:

- Vagotonia
- Iposurrenalismo
- Obesità
- Alcolismo
- Malattie CV

Il quadro **acuto** si manifesta con respiro difficoltoso, cute e mucose secche, e un notevole aumento della T che raggiunge i 43-44°C in poco tempo. Successivamente si ha irritazione del SNC con perdita di coscienza, tremori e convulsioni.

Il quadro **subacuto** ha una serie di prodromi, con astenia, sonnolenza, sete intensa, cefalea, nausea. Se non si interviene, in pochi giorni si hanno manifestazioni del SNC (anche deliri, tremori, irrequietezza, convulsioni), circolatorie, disnoiche, renali (da disidratazione). Caratteristici sono i **crampi da calore**, derivati dalla difficoltà di mantenere le adeguate concentrazioni ioniche nel muscolo per la disidratazione. L'esame del cadavere non è peculiare.

Colpo di sole

Azione diretta del sole sul capo e sul SNC in individui esposti a lungo alla luce senza adeguata esposizione della testa. Sono importanti le radiazioni infrarosse, meno quelle UV. I sintomi sono prevalentemente neurologici con cefalea, tremori, agitazione psicomotoria, a seguito convulsioni, coma e infine la morte. L'esame autoptico ha come peculiarità il ritrovamento di una **emorragia sottomenigea ad ombrello**, unica manifestazione che può portare al sospetto del sole.

Ustioni

Azione localizzata del calore coinvolgiato alla cute per mezzo di:

- Corpi solidi o fiamme libere → **bruciature (possono arrivare al IV grado)**
- Liquidi o gas → **scottature (si fermano al III grado)**

E' molto importante il mezzo, infatti il contatto con liquidi o gas vaporosi rende l'ustione molto frequente e anche a basse temperature (40-45°C) perché impedisce il raffreddamento cutaneo, mentre per lo stesso motivo il calore radiante è dannoso solo sopra a 100°C.

- I grado:** arrossamento cutaneo eritematoso per iperemia attiva, dolore.
- II grado:** aumento dell'edema e necrosi degli strati superficiali dell'epidermide, bolle sierose limpide, dolore e prurito, cicatrizzazione senza tracce residue.
- III grado:** distruzione dei tessuti superficiali per necrosi coagulativa. Si formano escare (croste di colore bruno) che cadono lasciando sotto ulcere e piaghe facilmente infettabili. I processi riparativi formano cicatrici deturpanti e cheloidi.
- IV grado:** carbonizzazione completa dei tessuti, che si riducono a H, C, N, e O e lasciano ceneri combuste nerastre e friabili. Le ossa possono andare incontro a calcificazione, i visceri interni ad esplosioni e lacerazioni per il riscaldamento ed espansione dell'aria e del liquido in essi contenuti.

La coagulazione delle proteine tissutali provoca la **rigidità da calore**, così intensa da poter provocare fratture, che si differenzia dalla rigidità cadaverica per l'impossibilità di essere vinta.

Malattia da ustione: sopra il 20% della superficie corporea interessata da lesioni di III grado, che si ha in tre fasi:

- Shock neurogeno primario vasovagale
- Shock secondario ipovolemico (emorragia e essudazione dalla cute ustionata)
- Compromissione renale da ipovolemia e iperfiltrazione di prodotti delle lesioni riassorbiti nella fase successiva all'edema.

Valutazione della natura vitale o non vitale delle lesioni

Importante perché spesso il cadavere viene bruciato per ottenere un occultamento di prove. Valutare:

- La presenza di ustioni di grado 1 e 2; l'eritema e l'arrossamento non si verificano nel cadavere.
- Le bolle a contenuto sieroso limpido-chiaro non si producono nel cadavere, e se sono a contenuto gassoso o nerastro sono putrefattive
- Osservare se il paziente ha respirato prodotti di combustione, con ricerca di fuliggini e fumi nell'albero bronchiale (non indicativo bocca e naso), e ricerca della carbossiHb

LESIONI DA BASSA TEMPERATURA

Assideramento

Esposizione al freddo dell'organismo che ne supera le capacità omeostatiche. Ne deriva il progressivo rallentamento del metabolismo, fino alla morte.

Il sistema compensa indefinitamente perdite di 3-4 calorie al minuto, di più si raffredda; si raggiunge quindi la paralisi funzionale delle attività metaboliche cellulari (reversibile), a T diverse per le varie regioni del corpo (31°C cellule corticali, 28° diencefalo, 25-26° bulbo). A 22-24° tutte le cellule si paralizzano, e questo punto anche se viene riscaldato l'organismo in genere ha già subito danni letali. La morte avviene attorno ai 20°C.

Anche qui la rapidità e la possibilità di assideramento dipendono da fattori esterni (umidità, vento) e interni (malnutrizione, magrezza, astenia, distonia vegetativa). L'alcool facilita il raffreddamento a dosi elevate per l'inibizione del SNC e la vasodilatazione: in piccole dosi però migliora i processi ossidativi e quindi serve molto come "antigelo", ma solo un goccetto!

Clinicamente si ha una prima fase di **scarica adrenergica** (fra 37 e 34 gradi), con pallore, brividi, midriasi, ipertensione e tachicardia. Fra 34 e 24 gradi abbiamo una attenuazione di questi riflessi connessa con la diminuzione fino all'arresto delle attività cerebrali anche pontine, e quindi bradiaritmie, cianosi cutanea, dispnea e ipopnea, marcata ipoglicemia. All'esterno si nota un invincibile tendenza al sonno con perdita della coscienza, accompagnata da uno stato di profondo benessere. Fra 24 e 18 gradi si arriva al coma e morte.

All'autopsia reperti generici come fluidità aumentata del sangue, edema polmonari e emorragie puntiformi disseminate, evidenti soprattutto nella mucosa gastrica dove si associano a piccole erosioni (macchie di Wichniewski), non costanti e non specifiche.

Perfrigerazione

Turbe circolatorie e tissutali per esposizione a variazione della T **ambientale**. Si tratta cioè di una condizione simile all'assideramento, con le stesse cause, ma che manifesta i suoi effetti soprattutto o esclusivamente su alcuni tessuti o apparati, come quello **respiratorio** (corizze, sinusiti, faringiti, bronchiti), **cardiovascolare** (crisi anginose, vasospastiche, vasculopatie periferiche), **locomotore** (reumatismi), **SNC** (nevralgie e paresi), e **digerente** (gastroenteriti).

Spesso a queste condizioni, soprattutto nell'apparato respiratorio, si osserva una aumentata suscettibilità alle infezioni. Le perfrigerazioni possono essere considerate come una via di mezzo fra il congelamento e l'assideramento.

Congelamento

Azione **locale** della bassa temperatura: questa può essere una T ambientale che agisce su parti scoperte (naso, mani, piedi umidi), o locale per il contatto lavorativo o accidentale con oggetti molto freddi (azoto liquido, serpentine frigorifere). Il congelamento ha tre gradi:

- I grado: reazione vasocostrittrice cutanea con pallore, anestesia cutanea, anchilosi, che porta all'iperemia passiva (eritema pernio)
- II grado: comparsa di flittene sierose od emorragiche per aumento dell'iperemia passiva
- III grado: necrosi tissutale, per comparsa di trombosi vascolare da ristagno ematico e da agglutinazione delle emazie. Il fenomeno è responsabile della necrosi con gangrena secca o umida a seconda dell'intervento di batteri. I fenomeni cicatriziali sono deturpanti e retraeni. Infezioni anaerobiche e complicazioni renali.

LESIONI DI NATURA ELETTRICA

La corrente elettrica che attraversa il corpo umano ha tre parametri importanti:

- **Voltaggio**: determina la tendenza della corrente ad attraversare la resistenza. Maggiore è il voltaggio, maggiore è la probabilità che si stabilisca un circuito chiuso anche attraverso zone del corpo ad alta resistenza. Per controverso, ci sono zone del corpo a bassa resistenza nelle quali anche correnti di pochi V sono pericolose.
- **Amperaggio**: determina la quantità di corrente che attraversa il corpo nell'unità di tempo, ed è **inversamente proporzionale alla resistenza**, che nell'organismo umano ha un valore fra a 20 Ohm (strutture umide delle mucose, sangue) e 40.000-80.000 Ohm (zone cornee delle mani e dei piedi, ossa). Maggiore è la resistenza, maggiore è il calore che si sviluppa per **effetto Joule**.

Questi due parametri sono correlati dalla relazione $I = V/R$

- **Tensione**: frequenza delle oscillazioni della corrente alternata, (quella continua non ha questo fenomeno). Attorno a 50 periodi, la corrente alternata ha la massima pericolosità, per via della possibilità di interferire con il pace-maker senoatriale, mentre da 400 in su la sua pericolosità è molto minore di quella continua, fino ad essere innoqua per valori di 10.000 Hz (correnti di Tesla).

Lesioni da corrente industriale

Bassa tensione: minore di 250V per le alternate, 500V per le continue.

Per le correnti continue è importante, in quanto alla pericolosità, il **voltaggio**: essendo inversamente proporzionale alla resistenza, questo parametro infatti determina la tendenza della corrente ad attraversare il corpo umano stesso. Trova resistenza nello strato superficiale della cute (corneo) dove c'è la cheratina che è un pessimo conduttore, mentre nel derma e nei liquidi interstiziali questa resistenza diminuisce molto.

Ne consegue che le lesioni superficiali saranno dovute **all'effetto Joule** e quindi si troveranno bruciature da calore, mentre nell'interno dell'organismo si troveranno lesioni dovute non al calore, ma all'effetto della corrente sull'equilibrio ionico (vedi oltre).

Inoltre lo stabilirsi del circuito elettrico attraverso il corpo umano dipende dalla resistenza offerta dai punti di ingresso e di uscita della corrente: un rivestimento in gomma o in lattice è un ottimo isolante per strumenti metallici, scarpe, e può impedire il passaggio di correnti anche di voltaggio elevato. Al contrario, l'umidità annulla la resistenza dei tessuti.

Effetti superficiali

Sulla cute si forma una lesione che è essenzialmente da calore, dovuta all'effetto Joule e alla resistenza cutanea. Le lesioni sono variabilissime in quanto dipendono dall'estensione della zona interessata (**ampiezza del conduttore e superficie cutanea interessata**), dalla durata e dall'intensità dell'azione elettrica, e dalla resistenza offerta dalla superficie (il marchio elettrico non si forma nelle mucose, ben conducenti, come in qualsiasi altra zona umida). In genere il tipico (e unico patognomonico) segno lasciato è il cosiddetto **marchio elettrico**, che si può trovare sia nella superficie d'ingresso che d'uscita della corrente. Il marchio elettrico è essenzialmente una crosta di tipo escarioso, che può essere distinta da altre lesioni del genere solo con l'esame istologico. Infatti come caratteristica istologica ci sono le bolle d'aria che scompaginano lo strato corneo, e i nuclei delle cellule dello strato malpighiano si allungano molto, si dispongono a palizzata come **ciuffi di peli**.

Effetti sugli organi interni

Gli effetti sulle attività cellulari dell'organismo variano a seconda di correnti continue o alternate. Sono molto importanti però le **linee di attraversamento** della corrente sul corpo, che possono essere individuate approssimativamente congiungendo i due punti di ingresso e di uscita attraverso il corpo.

Correnti alternate: effetti soggettivi e citologici variabili a seconda **dell'intensità**, che a parità di R è direttamente proporzionale al voltaggio.

- 0,9-1,2 mA: soglia di sensibilità, si avverte un senso di formicolio
- 5 mA-15 mA: contratture muscolari deboli
- 15-20 mA: contratture muscolari così intense che il soggetto può non riuscire a liberarsi dal cavo se lo sta stringendo. Calcolando una resistenza media di 40.000 Ohm, questo avviene per voltaggi di 600-800 V.
- 25-80 mA: paralisi dei muscoli respiratori per le scosse tetaniche, oppure soggetto scagliato a terra dalle contrazioni muscolari.
- 80 mA-3 A: ossia dai 3000 ai 120.000 volts, si osservano alterazioni mortali del ritmo cardiaco (fibrillazione ventricolare) anche se la corrente non investe il cuore in linea diretta.

Se si verificano dei contatti in modo particolare, con il cuore al centro delle linee di attraversamento (ad esempio la posizione degli elettrodi nelle piastre del defibrillatore), il cuore subisce lo stesso effetto con corrente anche molto meno intensa (bastano anche 10 mA, circa 300 V a 40.000 Ohm). Il SNC è invece interessato da 4 a 8 A con perdita della coscienza e paralisi dei centri bulbari: a causa del suo alto contenuto in acidi grassi apolari, il SNC è l'organo che conduce meno in assoluto.

L'effetto depolarizzante della corrente alternata si manifesta però **soltanto attorno ai 50 Hz** (che è la frequenza usata in casa e in industria), dato che per frequenze superiori o inferiori non si verifica una significativa interazione con il flusso di ioni nei sistemi di conduzione nervosi e muscolari.

→ Invece la corrente **continua** agisce più o meno nello stesso modo, con valori di intensità paragonabili, ma per un meccanismo di **dopolarizzazione stabile**, in quanto al passaggio della corrente tutti gli cationi si dispongono da un lato della membrana, gli anioni dall'altro, e si ha una depolarizzazione che provoca contratture muscolari (e non convulsioni, perché non c'è alterazioni), e blocco dell'attività nervosa e cardiaca.

Lesioni da correnti naturali (fulmini)

“La saetta gira gira torna addosso a chi la tira”

Il fulmine è un fenomeno elettrico dell'ordine di milioni di volts e di decine di migliaia di ampere; se questo colpisce l'organismo direttamente la conseguenza è la **carbonizzazione completa** dei tessuti. Esistono però delle scariche parziali, che si formano prima nel fulmine, molto meno intense, ed inoltre spesso il fulmine, colpendo la zona **vicino** al soggetto, lo scaglia a distanza di molti metri contro il terreno o oggetti solidi, e in questo caso il soggetto riporta gli effetti contusivi dell'esplosione e della proiezione.

In alcuni casi, non molto rari per la verità, il soggetto può morire anche senza vistose lesioni, specie se era bagnato e offriva poca resistenza all'azione della corrente.

Infine, casi atipici come bruciacchiature o strappamento di vesti sono dovuti all'azione delle scariche collaterali.

Arco voltaico

Si tratta di una lesione particolare, che si verifica quando l'organismo entra in contatto con un arco voltaico, ossia un flusso di corrente condotto attraverso l'aria fra due conduttori con alta ddp posti a breve distanza fra loro. Il fulmine è un arco voltaico fra le nubi e il suolo.

L'arco da importanti lesioni da calore e può lasciare il marchio elettrico. E' un evento abbastanza tipico dell'industria di produzione dell'energia elettrica, quando un soggetto passa fra due bobine e funge da intermedio, permettendo alla ddp esistente di creare un arco sfruttando la minor distanza del corpo interposto.

AVVELENAMENTO DA MONOSSIDO DI CARBONIO

Il monossido di carbonio è un gas inodore e incolore che si sviluppa in condizioni di combustione che avvengono con una tensione di ossigeno inadeguata. A causa della sua estrema tossicità e rapidità d'azione, e della frequenza con cui possono avvenire avvelenamenti da riscaldamento in ambienti chiusi, è importante.

Il suo particolare potere tossico deriva dall'affinità del CO per l'Hb, che è 250 volte maggiore di quella dell'O₂, e dalla sua estrema facilità di diffusione attraverso le membrane alveolari, che fa sì che a parità di concentrazione fra O₂ e CO questo raggiunga il sangue più facilmente.

Intossicazione acuta (morte bianca)

Il paziente si deve rinvenire in un ambiente chiuso dove siano presenti fiamme libere (stufe, braceri, camino) in condizioni da dare CO come prodotto di combustione. Segni premonitori sono la cefalea e lo stordimento, poi inizia uno stato di torpore e sonnolenza che si prosegue nel sonno profondo e quindi nella morte.

Un criterio importante è la presenza delle stesse condizioni e dei parametri ematici di intossicazione da CO (valutare la carbossiemoglobina) in più soggetti che occupavano lo stesso ambiente. Il soggetto intossicato viene di solito messo a respirare O₂, e questo è sufficiente a rimuovere il CO dal sangue. In alcune condizioni può essere fatta una terapia in camera iperbarica con O₂ ed Elio (iperbarica perché aumenta la PO₂ e ne migliora la solubilità, elio perché diffonde molto bene tramite la membrana alveolare e aiuta a spiazzare il CO dal suo sito sull'Hb).

I sintomi sono strettamente collegati alla % di CO nell'atmosfera inspirata:

- 10-20% lieve cefalea
- 20-30% grave cefalea, nausea, vomito
- 30-40% possibilità di collasso e tachicardia
- 60-70% coma, convulsioni
- 70-80% depressione cardiaca e respiratoria

Nel cadavere si possono ricercare alcuni segni specifici:

- Colore rosso ciliegia delle macchie ipostatiche
- Colore rosso vivo di sangue, muscoli e visceri
- Maggiore fluidità del sangue
- Iperemia delle meningi e dell'encefalo
- Diagnosi di certezza: ricerca della carbossiHb in quantità superiore al normale (0,1-0,4%). La metodica migliore, la spettrometria, si basa sul fatto che l'Hb normale ha due picchi di assorbimento, nella carbossi Hb il secondo picco è sdoppiato. Se aggiungo solfito di sodio, il secondo picco scompare nell'ossiHb, mentre nella carbossi Hb rimane.