

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/299430361>

# Il cadavere in acqua: problemi tanatocronologici e di causa mortis

**Thesis** · December 2007

DOI: 10.13140/RG.2.1.1363.8808

---

CITATIONS

0

READS

3,115

## 1 author:



[Michele Sammiceli](#)

Italian Institute of Social Security (INPS).

**19** PUBLICATIONS **1** CITATION

SEE PROFILE



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI SIENA**

**FACOLTA' DI MEDICINA E CHIRURGIA**

Scuola di Specializzazione in Medicina Legale e delle Assicurazioni

Direttore: Prof. Tommaso de Palma

**IL CADAVERE IN ACQUA:  
PROBLEMI TANATOCRONOLOGICI e  
di CAUSA MORTIS**

Relatore:

Chiar.mo Prof. Mario Gabrielli

Tesi di Specializzazione del

Dott. Michele Sammicheli

Anno Accademico 2006 – 2007

.....*QUAE SINGULA NON PROBANT*

*CONIUNCTA PROBANT.....*

*Aforisma Latino*

## INDICE

INDICE .....	3
INTRODUZIONE .....	6
<b>PROPRIETA' CHIMICO-FISICHE DEL MEZZO LIQUIDO: L' ACQUA.</b> .....	<b>9</b>
<b>TANATOLOGIA E TANATOCRONOLOGIA DEL CADAVERE IN ACQUA.</b> .....	<b>17</b>
<i>RAFFREDDAMENTO CADAVERICO</i> .....	17
<i>RIGIDITA' CADAVERICA</i> .....	25
<i>IPOSTASI CADAVERICA</i> .....	26
<i>CUTE ANSERINA</i> .....	27
<i>MACERAZIONE CUTANEA</i> .....	28
<i>SAPONIFICAZIONE</i> .....	32
<i>PINK TEETH (COLORAZIONE ROSA DEI DENTI)</i> .....	33
<i>ALTRI FENOMENI POSTMORTALI RISCONTRABILI NEL CADAVERE IN ACQUA</i> .....	34
<i>IL PROBLEMA DEL TEMPO DI PERMANENZA IN ACQUA DEL CADAVERE</i> .....	36
<i>STIMA DELL'INTERVALLO POSTMORTALE NEL CADAVERE IN ACQUA: ESEMPI PRATICI</i> .....	39

<i>L'ENTOMOLOGIA FORENSE NELLA STIMA DELL'EPOCA DELLA MORTE E DI SOMMERSIONE DEL CADAVERE IN ACQUA.....</i>	<i>46</i>
<b>IL SOPRALLUOGO IN CORSO DI RITROVAMENTO DI CADAVERI IN ACQUA.....</b>	<b>50</b>
<i>POSIZIONE DEL CADAVERE IN ACQUA.....</i>	<i>53</i>
<b>PROBLEMI INERENTI LA CAUSA MORTIS DEL CADAVERE ESTRATTO DALLE ACQUE. ....</b>	<b>57</b>
<i>L'ANNEGAMENTO .....</i>	<i>58</i>
<i>LO SPASMO LARINGEO ed il cosiddetto ANNEGAMENTO SECCO.....</i>	<i>59</i>
<i>FISIOPATOLOGIA DELL'ANNEGAMENTO: RUOLO DEL LIQUIDO ANNEGANTE .....</i>	<i>61</i>
<i>FASI DELL'ANNEGAMENTO .....</i>	<i>64</i>
<i>DIAGNOSI DI ANNEGAMENTO .....</i>	<i>66</i>
<i>REPERTI AUTOPTICI NEL CADAVERE ANNEGATO.....</i>	<i>66</i>
<i>REPERTI ESTERNI.....</i>	<i>66</i>
<i>REPERTI INTERNI .....</i>	<i>71</i>
Reperti Respiratori.....	71
Reperti Extra-Respiratori.....	76
<i>REPERTI ISTOLOGICI.....</i>	<i>80</i>
<i>INDAGINI DI LABORATORIO PER ACCERTARE L'ANNEGAMENTO. ....</i>	<i>86</i>
Prove di emodiluizione e prove bio-umorali .....	87
Ricerca di materiale estraneo nei polmoni ed in altre sedi organiche.....	91

<b>IL CADAVERE IN ACQUA NON ANNEGATO: STABILIRE LA CAUSA DEL DECESSO .....</b>	<b>94</b>
<i>IDROCUZIONE O MORTE IN ACQUA .....</i>	<i>96</i>
<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>103</b>
<i>LINEE GUIDA DI PATOLOGIA FORENSE PER LA TRATTAZIONE DEI CASI INERENTI I CADAVERI ESTRATTI DALLE ACQUE. 103</i>	
<i>CAUSA DI MORTE.....</i>	<i>104</i>
Annegamento.....	105
Morte in acqua per altra causa (cardiaca, cerebrale) .....	112
Morte da idrocuzione.....	113
<i>MODALITA' DEL DECESSO: DIAGNOSI DI EVENTO .....</i>	<i>115</i>
EVENTO ACCIDENTALE.....	115
EVENTO SUICIDIARIO .....	116
EVENTO OMICIDIARIO .....	116
SOMMERSIONE DI CADAVERE.....	117
<b>IL CADAVERE ESTRATTO DALLE ACQUE: CASISISTICA DEL SETTORATO SENESE NEL DECENNIO 1992 – 2002 .....</b>	<b>118</b>
<i>EPIDEMIOLOGIA DEL FENOMENO ANNEGAMENTO .....</i>	<i>118</i>
<i>STATISTICA DEL SETTORATO SENESE (1992 - 2002).....</i>	<i>119</i>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>126</b>

## INTRODUZIONE

Il reperimento di un cadavere in acqua od in altro mezzo liquido pone, per il medico legale, maggiori problemi rispetto a quelli posti dal cadavere ritrovato “all’aria”. La complessità dell’indagine patologico forense sul cadavere estratto dalle acque è dovuta sia alla maggiore difficoltà nella definizione della diagnosi di epoca della morte (*tanatocronologia*), sia al riconoscimento delle cause che possono aver determinato il decesso del soggetto (*definizione della causa mortis*).

Al medico necroscopo forense vengono usualmente posti, dal Magistrato di turno, quesiti inerenti l’*epoca*, la *causa* ed i *mezzi* che hanno portato a morte un soggetto: rispondere a queste domande è spesso difficile per ciò che riguarda i cadaveri ritrovati in ambiente aereo, ma lo diviene, come detto, ancor più, per i cadaveri che si rinvencono in un ambiente liquido. Questo perché le proprietà chimico-fisiche dell’acqua e dei liquidi in generale influenzano le modificazioni postmortali del cadavere in maniera dissimile da ciò che accade nei cadaveri esposti, nell’immediato periodo postmortale, all’aria. E’ così che, dal punto di vista tanatocronologico, il liquido in cui il corpo si trova avrà una specifica influenza sulla dispersione termica cadaverica

e sulla presentazione degli altri fenomeni postmortali, sia abiotici (rigidità, ipostasi, acidificazione), che trasformativi (comparsa della putrefazione, di macerazione cutanea o di saponificazione).

Dal punto di vista tanatodiagnostico, poi, il cadavere in acqua pone una serie di problemi ulteriori rispetto a quello rinvenuto in ambiente aereo. Come schematizza Bernard Knight<sup>1</sup>, infatti, un corpo ritrovato in acqua può:

- a) essere deceduto per causa naturale e quindi essere caduto nell'acqua;
- b) può essere deceduto per morte naturale mentre si trovava in acqua;
- c) può essere morto per causa violenta e quindi essere stato gettato in acqua o ivi caduto;
- d) può essere morto per causa traumatica mentre si trovava in acqua;
- e) può essere morto mentre si trovava in acqua, ma non per annegamento (cd *morte in acqua* o *idrocuizione*);
- f) può essere annegato perché volontariamente si era trovato nel mezzo liquido o perché vi era caduto accidentalmente.

La frequenza con la quale il medico legale può imbattersi nello studio di cadaveri rinvenuti in acqua mi ha dato lo spunto per la stesura di questa tesi specialistica che cerca di fornire nozioni,

per quanto possibile pratiche, nello svolgimento del sopralluogo giudiziario e dell'esame autoptico dei corpi rinvenuti in ambiente liquido.

## **PROPRIETA' CHIMICO-FISICHE DEL MEZZO LIQUIDO: L' ACQUA.**

Per comprendere come il mezzo liquido possa influenzare le modificazioni tanatologiche postmortali, sia cronologicamente che quantitativamente, è necessario effettuare alcune premesse sulle caratteristiche fisico-chimiche di un liquido. Dato che la stragrande maggioranza dei ritrovamenti di cadaveri avvengono in acqua, sia dolce che salata, concentreremo la nostra attenzione su questo liquido, anche se la letteratura medico-legale riporta casi di soggetti annegati o ritrovati cadavere in mezzo liquido diverso dall'acqua, quale cera liquida<sup>2</sup> o bitume<sup>3</sup>.

L'acqua pura ( $H_2O$ ) è, a temperatura ambiente, un liquido incolore avente punto di congelamento a  $0^{\circ}C$  (sotto al quale l'acqua si trasforma in ghiaccio) e punto di ebollizione a  $100^{\circ}C$  (sopra al quale l'acqua diviene vapore acqueo). L'acqua pura ha la massima densità a  $4^{\circ}C$  ( $1000 \text{ Kg/m}^3$ ), valore centinaia di volte superiore a quello dell'aria alla temperatura di  $0^{\circ}C$  (densità pari a  $1,30 \text{ Kg/m}^3$ ). L'acqua, inoltre, presenta una viscosità decine di volte superiore a quella dell'aria (la viscosità dell'acqua è di  $0,00179$  Poiseuille a  $0^{\circ}C$  e di  $0,00100$  a  $20^{\circ}C$ , mentre quella dell'aria è di  $0,000017$  Poiseuille a  $0^{\circ}C$  e di  $0,000018$  a  $18^{\circ}C$ )<sup>4</sup>. L'acqua pura è un buon conduttore termico. La *conducibilità termica* definisce la quantità di calore trasferita da un corpo in

direzione perpendicolare alla superficie di un'area unitaria, a causa del gradiente termico, nell'unità di tempo. La conducibilità termica dell'acqua pura a 20°C è pari a 0,6 W / m K, mentre quella dell'aria a 0°C è di soli 0,024 W / m K. L'acqua possiede, quindi, in media, una conducibilità termica circa 25 - 30 volte maggiore rispetto a quella dell'aria<sup>5</sup>.

Come è facilmente comprensibile, la conducibilità termica dell'acqua varia molto in funzione del gradiente termico che vige tra il corpo immerso ed il liquido circostante. Tanto maggiore è questo gradiente (quindi, tanto più fredda è l'acqua rispetto al corpo), tanto più rapida sarà la termodispersione dello stesso. La *temperatura* del mezzo liquido diverrà, così, rilevante ai fini della comprensione della più o meno rapida dissipazione termica che un corpo presenta una volta immerso in un liquido. Sulla temperatura del mezzo liquido hanno influenza numerosi fattori: innanzi tutto, la *stagione* dell'anno, quindi la *profondità* delle acque e l'eventuale *movimento* delle stesse.

E' oltremodo difficile poter semplificare i valori termici delle acque, sia interne (lacustri, fluviali, di piscine o vasche di raccolta idrica) che marine, vista la loro estrema eterogeneità. Nel periodo invernale (novembre - marzo) un ipotetico lago profondo oltre 20 metri ha una temperatura, a tutte le sue profondità, abbastanza costante, che si aggira attorno ai 4°C, che corrisponde, come detto, alla temperatura di maggiore densità

dell'acqua. Nel periodo primaverile – estivo (aprile - settembre), quando l'irraggiamento solare e la temperatura ambientale tendono ad aumentare, le acque lacustri o dei grandi fiumi, presentano uno strato di acqua superficiale (*epilimnio*) le cui temperature possono raggiungere i 28 – 29°C ed uno strato in profondità (*ipolimnio*), le cui acque si mantengono a temperature tra i 4 ed i 7°C. Nelle acque profonde del mare o dei laghi, oltre i 20 metri, la temperatura si mantiene pressochè stazionaria, indipendentemente dalla stagione e dalla localizzazione geografica dello specchio d'acqua: si parla di *strato di salto*, per definire quella profondità alla quale, indipendentemente dalla stagione, la temperatura dell'acqua si mantiene attorno ai 4°C, con un'escursione termica annua che non supera 1°C. Nel caso delle acque marine poco profonde, poste vicino alla riva, così come nel caso di pozze, fonti, piccole vasche di raccolta o piscine di scarsa profondità, l'escursione termica diurna, al contrario può raggiungere e superare i 5°C<sup>6</sup>.

Anche il movimento delle acque ha un ruolo rilevante sul raffreddamento di un corpo che vi è immerso: la conducibilità termica dell'acqua aumenta notevolmente allorché sono presenti correnti, visto che i movimenti convettivi di cessione di calore dal corpo al mezzo liquido sono notevolmente aumentati.

Interesse pratico dal punto di vista medico legale, può inoltre avere, la tendenza dei corpi a galleggiare o affondare in ambiente

liquido. Per il *principio di Archimede*, un corpo immerso in un fluido riceve una spinta, dal basso verso l'alto, pari al peso del volume di fluido spostato. E' così che, affinché un corpo galleggi nel mezzo liquido, deve spostare una quantità d'acqua pari al suo peso: un soggetto del peso di 72 Kg dovrà quindi spostare 72 Kg d'acqua, considerando che 1 litro d'acqua pura pesa circa 1 Kg.

Le caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua, e tra queste anche la tendenza al galleggiamento dei corpi immersi variano, però, a seconda che si tratti di *acqua dolce* o di *acqua salata*.

L'acqua dolce contiene scarse quantità di sali ed impurità: come tale, le sue proprietà chimico-fisiche non si discostano di molto da quelle teoriche dell'acqua pura sopra descritte. Ecco perché, dal punto di vista chimico e fisico, l'acqua dolce può essere assimilata a quella pura, cioè distillata.

Diverso è il discorso per l'acqua di mare, che è, in realtà, una soluzione di sali (soprattutto NaCl disperso in acqua). L'acqua marina possiede, in media, una salinità, cioè una quantità di sale in grammi per chilogrammo di acqua, che oscilla dal 34 al 36%. L'elevata concentrazione di sale contenuto nell'acqua marina abbassa il punto di congelamento dell'acqua di circa 2°C (congelamento dell'acqua marina a -1,9°C) e porta a 0°C la temperatura alla quale l'acqua raggiunge la sua massima densità. Alla temperatura di 15°C, la densità dell'acqua marina è di 1025 Kg/m<sup>3</sup>, superiore a quella dell'acqua dolce alla stessa

temperatura. Ciò spiega perché il galleggiamento di un corpo sia favorito nell'acqua marina rispetto a quella dolce: poiché l'acqua di mare è leggermente più pesante di quella dolce, un corpo deve spostarne di meno per ottenere il galleggiamento. Se consideriamo che un litro di acqua salata pesa circa 1,03 Kg, un soggetto di 72 Kg dovrà spostare non più 72 Kg di acqua ma solo 69 Kg per ottenere il galleggiamento. Tanto maggiore è la salinità, tanto minore sarà il volume (e quindi il peso) dell'acqua da spostare e tanto più facile sarà il galleggiamento di un corpo.

A causa dell'alta concentrazione di sale, che ostacola la termodispersione, la conducibilità termica dell'acqua marina è leggermente inferiore a quella dell'acqua dolce (0,50 Cal / h m °C contro le 0,55 Cal / h m °C dell'acqua dolce): la differenza viene, in via pratica, quantizzata in un 8% - 10% di minore conducibilità termica dell'acqua di mare rispetto a quella dolce.

Un discorso a parte merita, dal punto di vista delle proprietà chimico-fisiche, *l'acqua utilizzata nelle piscine*, che viene sottoposta a processi di disinfezione allo scopo di abbattere la carica microbica. I disinfettanti a base di cloro (*Cl*) sono fra i più utilizzati: il cloro è solitamente aggiunto come acido ipocloroso (*HOCl*) o ipoclorito (*OCl*). Quando nell'acqua della piscina è presente troppo cloro, esso può causare l'irritazione della cute, delle mucose delle vie respiratorie e degli occhi, per azione delle cloro-ammine (che si formano per sostituzione di uno o più atomi

di idrogeno dell'ammoniaca con uno o più atomi di cloro). Sono stabiliti dei livelli massimi e di soglia per la concentrazione di cloro nell'acqua delle piscine: la concentrazione minima è stabilita a 0.5 mg/litro, il livello massimo a 1.5 mg/l. Usando una soluzione acquosa di acido cianidrico, che agisce come stabilizzatore del pH dell'acqua, i valori minimi e massimi sono fissati rispettivamente a 2.0 e 5.0 mg/l. Per piscine esterne e piscine interne più piccole di 20 m<sup>2</sup>, è stabilita una quantità massima di cloro di 5.0 mg/l. La concentrazione di cloro nell'acqua delle piscine, infatti, è notevolmente influenzata dal pH del liquido; ad un pH di 7.0, la quantità di cloro libero presente è del 70%, e tale concentrazione diminuisce al 20% ad un pH 8.0. Anche la temperatura dell'acqua della piscina influenza l'azione dei disinfettanti clorati e l'eventuale produzione di sostanze tossiche: quando viene usato ipoclorito di sodio, si può formare cloro gassoso a causa delle reazioni con l'acido aggiunto per abbassare il pH dell'acqua. Il cloro gassoso deve essere rimosso perché nocivo per la salute umana, ma le sue concentrazioni non sono, quasi mai, tali da provocare l'exitus di un soggetto. Anche le cloro-ammine sono corrosive e moderatamente tossiche.

Quindi, riassumendo quanto sopra esposto e riportandolo a semplici nozioni di concreta utilità patologico - forense, possiamo affermare che, rispetto all'aria:

1. *l'acqua dolce*, ivi comprendendo anche l'acqua clorata delle piscine (che dal punto di vista chimico-fisico può essere assimilata praticamente all'acqua distillata) è un miglior conduttore termico rispetto all'aria (circa 25-30 volte superiore), cosa che favorisce il più rapido raffreddamento di un corpo. Ha una maggiore densità e viscosità, fattori che spiegano la tendenza dell'acqua al mantenimento della propria omeostasi e, quindi, al galleggiamento dei corpi. In quanto possiede un basso contenuto di soluti, ha una maggiore tendenza alla penetrazione all'interno dei tessuti, cosa che spiega la maggiore azione macerativa dell'acqua dolce rispetto alla salata;
2. *l'acqua salata* è un conduttore termico migliore dell'aria ma leggermente peggiore dell'acqua dolce (si può quantizzare, in maniera pratica, un 10% in meno di conducibilità termica dell'acqua salata rispetto a quella dolce). Ha una densità ed una viscosità superiori a quelle dell'acqua dolce, parametri che spiegano come il galleggiamento di un corpo sia favorito nell'acqua di mare rispetto alle acque interne. La maggiore osmolarità dell'acqua salata rispetto alla maggior parte dei liquidi tissutali e la tendenza, quindi, a far disidratare i tessuti,

spiega la più lenta azione macerativa che l'acqua salata ha sui tessuti che in essa sono immersi.

## TANATOLOGIA E TANATOCRONOLOGIA DEL CADAVERE IN ACQUA.

Il soggiorno del cadavere in acqua (che gli Autori anglosassoni definiscono ‘*water period*’<sup>7</sup>), indipendentemente che il decesso sia avvenuto a causa dell’acqua (*annegamento* o *morte in acqua*) o sia avvenuto prima, e poi il corpo sia caduto o stato gettato in acqua (*sommersione di cadavere*), influenza le modificazioni tanatologiche postmortali dello stesso. E’ necessario, per chiarezza espositiva, analizzare l’influenza che il mezzo acqueo ha sulle modalità di comparsa dei singoli fenomeni tanatologici. Occorre, però precisare che, rispetto al mezzo aereo, l’influenza del mezzo liquido sull’evoluzione temporale e quantitativa dei processi postmortali è difficilmente standardizzabile<sup>8</sup>.

### RAFFREDDAMENTO CADAVERICO

Come è noto il cadavere presenta, all’aria, una modalità di raffreddamento che non segue la legge di Newton. Questa legge fisica postula che il tasso di raffreddamento di un corpo di piccole dimensioni dipende dalla differenza tra la temperatura del corpo e quella del mezzo in cui permane (*gradiente termico*): ne consegue che il suo raffreddamento segue una curva di tipo

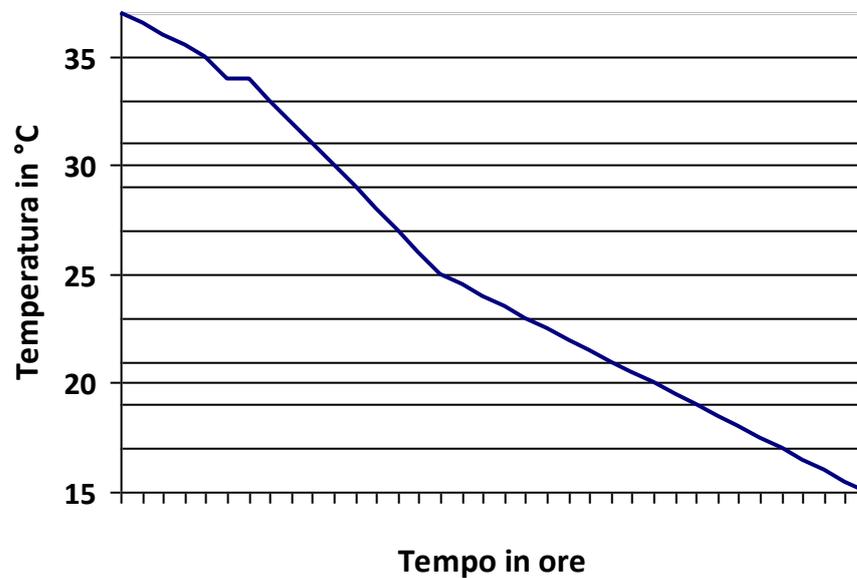
esponenziale, dato che la temperatura viene dissipata sulla base del gradiente termico che vige tra il corpo e l'ambiente esterno<sup>9</sup>.

Il primo a capire che il cadavere non si raffreddava seguendo questa legge fisica fu, nel 1869, Harry Rainy (1792 - 1896), professore di Giurisprudenza medica e Patologia forense all'università di Glasgow. Rainy affermò che “*i corpi deceduti di recente non rispettano questa legge*”. Successive osservazioni pratiche sul cadavere, infatti, mostrarono che il decremento termico postmortale era meglio rappresentato, graficamente, da una curva detta ‘*sigmoide*’ che metteva in relazione la temperatura corporea col tempo trascorso dal decesso<sup>10</sup>.

Contributo conclusivo a definire la dispersione termica postmortale fu quello di T. K. Marshall, professore all'università di Glasgow. Questi, assieme al suo collaboratore F. Hoare, nel 1962 pubblicò un lavoro, dal titolo “*Estimating the time of death. The rectal cooling after death and its mathematical representation*”, che dimostrò definitivamente come il raffreddamento corporeo non seguisse, nelle prime 12 ore dopo la morte, la legge di Newton a causa del residuo metabolismo postmortale, che nelle ore immediatamente successive al decesso, è responsabile del tipico *plateau* che la curva di dispersione termica del cadavere presenta<sup>11</sup>. Dopo 12 ore, la curva si poteva, però, approssimare ad un'espressione esponenziale (e quindi ad un grafico di tipo lineare), in cui il tasso di calore corporeo perso

diveniva direttamente proporzionale al gradiente termico positivo vigente tra il corpo stesso e l'ambiente circostante<sup>12,13</sup>.

### Decremento termico postmortale all'aria



Il lavoro di Marshall e Hoare si concludeva con la stesura di una complessa formula matematica che poteva essere utilizzata per calcolare il raffreddamento corporeo del cadavere:

$$Q = T_r - T_a / T_0 - T_a = A \times \exp(B \times t) + (1 - A) \times \exp([A \times B / A - 1] \times t)$$

dove  $Q$  è la temperatura ambiente media,  $T_r$  la temperatura rettale ad un determinato tempo  $T$ ,  $T_0$  la temperatura rettale al tempo zero,  $A$  e  $B$  valori costanti e  $t$  l'intervallo postmortale (*PMI – Post Mortem Interval*).

Studi sull'influenza dell'ambiente acquo in merito alla dispersione termica postmortale sono stati, successivamente condotti da Henssge, Brinkmann et al. negli anni Ottanta<sup>14</sup>. Questi hanno dimostrato come diciannove cadaveri nudi, sospesi in acqua ferma ad una temperatura compresa tra i 10 ed i 20°C, presentassero un raffreddamento postmortale più rapido rispetto ai cadaveri nudi, con peso corporeo simile, esposti all'aria. In particolare il loro studio, confermando la validità del raffreddamento che seguiva, anche in acqua, il noto andamento sigmoide, mise alla luce un fattore importante: i corpi nudi analizzati si raffreddavano con le stesse modalità ed i medesimi tempi dei cadaveri di peso corporeo pari alla loro metà esposti, in aria ferma, ad una temperatura analoga. *In sostanza, i corpi nudi in acqua si raffreddavano ad una velocità pari al doppio di ciò che sarebbe avvenuto se fossero stati esposti all'aria.* Il loro studio permise così di ottenere il fattore di correzione medio di 0,5 (con variazione compresa tra gli 0,36 e gli 0,63 in base alle caratteristiche termiche e di movimento delle acque) da applicarsi alla formula matematica di Marshall e Hoare del 1962 ed a quella modificata da Brown e Marshall nel 1974<sup>15</sup>. Per corpi pesanti,

cioè con superficie corporea in proporzione più piccola rispetto alla massa, la velocità di raffreddamento è più bassa, con un fattore di correzione che si approssima all'unità<sup>16</sup>. Analogo andamento di raffreddamento viene assunto dal cadavere pesantemente vestito, per il quale il vestiario, nonostante sia bagnato, rallenta l'evoluzione temporale dell'algor mortis in maniera analoga a ciò che accade nel cadavere ugualmente vestito esposto all'aria<sup>17</sup>.

Esistono, per praticità in sede di sopralluogo giudiziario e ricognizione necroscopica del cadavere, vari metodi empirici (*rules of thumb* degli Autori anglofoni) per calcolare più velocemente, anche se in maniera più imprecisa, il PMI.

<i>1 metodo</i>	$PMI \cong 1^{\circ}C/h$
<i>2 metodo</i>	$PMI = 37 - t. \text{rettale} + 3$ (Equazione di Glaister modificata in °C)
<i>3 metodo</i>	$PMI = 37,6 - t. \text{rettale} / 0,8$
<i>4 metodo</i>	$PMI = 37 - t. \text{rettale}$ il valore ottenuto è da moltiplicarsi per *: 1 (se T amb. 0°C) 1,25 (se T amb. 5 °C) 1,5 (se T amb. 10°C) 1,75 (se T amb. 15°C) 2 (se T amb. 20°C)  * la formula è applicabile solo per i cadaveri esposti all'aria.

Sperimentalmente, e sulla scorta degli studi di Marshall e Hoare prima e di Henssge e Brinkmann poi, si può affermare che *il raffreddamento del cadavere in acqua, pur rispettando l'andamento sigmoide predetto, procede ad una velocità doppia rispetto a quella del cadavere esposto all'aria, se trattasi di acque ferme, e ad una velocità tre volte superiore a quella che si ha per il cadavere esposto all'aria, se trattasi di acque correnti*<sup>18</sup>.

Studi recenti<sup>19</sup> hanno messo in evidenza una più precisa stima dell'epoca della morte dei cadaveri in acqua attraverso la determinazione della temperatura dell'orecchio e di quella dell'encefalo. Lo studio, pubblicato nel Marzo del 2007 e frutto della collaborazione tra il Servizio di Medicina Legale dell'ospedale di Montpellier in Francia e medici legali italiani ed effettuato su teste di maiale, ha evidenziato come una sede migliore di valutazione della temperatura cadaverica sia quella della membrana timpanica, poiché fornisce, in maniera indiretta, la stima della temperatura ipotalamica che, a differenza delle temperature rettale ed epatica, risente meno delle variazioni legate alla superficie corporea ed all'eventuale presenza di vestiario. Lo studio ha confermato il più rapido raffreddamento del corpo in acqua rispetto all'aria nelle prime ore dopo la morte, rapidità che viene progressivamente riducendosi man mano che

ci si allontana dell'epoca del decesso (in pratica, la differenza nel tasso di raffreddamento in acqua e in aria è più rilevante tanto più basse sono le temperature del mezzo liquido e tanto meno tempo è trascorso dal decesso): graficamente, la curva del raffreddamento cadaverico perde, in parte, il tipico plateau centrale.

Volendo, quindi, semplificare quanto fin qui riportato in merito alla tanatocronologia del cadavere in acqua possiamo dire che, essendo l'acqua un conduttore termico migliore dell'aria, il tasso di raffreddamento del cadavere in acqua è maggiore di quello del cadavere esposto all'aria e, quindi, *il raggiungimento dell'equilibrio termico tra il cadavere e l'acqua si ottiene, usualmente, prima rispetto a quanto accade nell'ambiente aereo.* Indicativamente, sulla scorta dell'esperienza inerente i casi di cadaveri ritrovati in ambiente liquido fornita dal nostro Settore, il valore del PMI, sulla base del solo dato termico cadaverico, può essere ottenuto dalla relazione:

$$PMI_{H_2O} = PMI_a \text{ (se acque stagnanti } >20^{\circ}C \text{ o cadavere di peso considerevole o molto vestito)}$$

$$PMI_{H_2O} = PMI_a / 2 \text{ (se acque stagnanti tra } 15 \text{ e } 20^{\circ}C)$$

$$PMI_{H_2O} = PMI_a / 2.5 \text{ (se acque stagnanti fredde)}$$

$$PMI_{H_2O} = PMI_a / 3 \text{ (se acque correnti o molto fredde)}$$

dove  $PMI_a$  è l'intervallo postmortem del cadavere in ambiente aereo calcolato con uno dei metodi empirici sopra ricordati e  $PMI_{H_2O}$  l'intervallo postmortale del cadavere in acqua.

Il dato ottenuto può essere standardizzato, in maniera pratica, considerando i principali fattori che influenzano il raffreddamento del cadavere in acqua e cioè:

1. la *temperatura dell'acqua*. Più l'acqua è fredda e più rapido è il raffreddamento del cadavere. Tale dato può empiricamente essere considerato riducendo di alcune ore il PMI ottenuto o dividendo per 2,5 o 3 il dato ottenuto;
2. le *caratteristiche fisico-chimiche del mezzo liquido*. Il corpo si raffredda più lentamente in acque con scarichi reflui rispetto all'acqua dolce pulita o a quella di mare. Per l'acqua con scarichi reflui si può dividere il PMI ottenuto per il cadavere in ambiente aereo per un fattore di 1,5 o 2;
3. *il movimento delle acque*. Il raffreddamento cadaverico è maggiore nelle acque correnti rispetto a quelle stagnanti, per gli ovvi motivi legati alla maggiore dissipazione termica<sup>20</sup>. In questo caso, si divide il PMI ottenuto per il cadavere in ambiente aereo per un fattore 3.

Successivamente verranno riportati alcuni esempi pratici a dimostrazione della validità, seppur indicativa, del metodo empirico sopra riportato. Tale metodo altro non è che la

semplificazione e la trasposizione, sul piano pratico, dei risultati degli studi condotti da Henssge, Knight e coll. in merito all'influenza del mezzo acqueo sulla dissipazione termica postmortale<sup>21</sup>.

<b>Fattore di correzione del PMI</b>	<b>Caratteristiche del corpo e degli abiti</b>	<b>Caratteristiche del mezzo acqueo</b>
0.50	Corpo nudo	Acqua ferma
0.70	Corpo nudo	Acqua in movimento
0.70 – 0.75	1-2 strati di vestiario leggero	Acqua in movimento
0.90	2 strati di vestiario pesante	Acqua in leggero movimento
1.10	2 strati di vestiario pesante	Acqua ferma
1.20	>2 strati di vestiario pesante	Acqua ferma

#### RIGIDITA' CADAVERICA

Il *rigor mortis* nel cadavere in acqua compare, con maggiore o minore rapidità rispetto a quanto succede per il cadavere in ambiente aereo, a seconda della temperatura del mezzo liquido in cui il corpo è immerso. Per il cadavere in acqua viene mantenuta la validità delle leggi stabilite, nel lontano 1812, dal medico francese Pierre Hubert Nysten: la rigidità inizia dalla mandibola e si diffonde verso gli arti inferiori; è tanto più intensa quanto

maggiore è la massa muscolare; ha durata tanto maggiore quanto più tardiva è la sua comparsa.

In linea di massima e per praticità, possiamo affermare che le acque fredde e correnti tendono a rallentare l'evoluzione del fenomeno della rigidità corporea in maniera più accentuata rispetto ad acque a temperatura più elevata e stagnanti<sup>22</sup>. Occorre però considerare come la comparsa della rigidità nel cadavere in acqua è notevolmente influenzata dalla possibile intensa attività fisica che il soggetto può aver svolto prima dell'exitus, nel tentativo di evitare l'annegamento. *Il solo dato tanatologico della rigidità è quindi scarsamente utilizzabile ai fini della diagnosi di epoca della morte del cadavere estratto dalle acque.*

#### IPOSTASI CADAVERICA

Nell'annegato, come nel caso di soggetto morto per cause asfittiche, le ipostasi (dal greco ὑπόστασις) risentono della rapidità con la quale è avvenuto il decesso e, quindi, della conseguente iperfluidità del sangue. Di regola, la lividura cadaverica compare più precocemente e con intensità maggiore di quanto accade nel cadavere esposto all'aria. Ciò non è vero, invece, nel cadavere deceduto per altre cause e che poi, nell'immediato postmortem, è stato posto in ambiente liquido (sommersione di cadavere).

Il livor mortis del cadavere in acqua assume peculiari caratteristiche sia per quanto concerne la disposizione sia per quanto attiene al colore. Per quanto riguarda la *distribuzione* del fenomeno ipostatico è pleonastico ricordare che questa dipende dalla posizione che il corpo assume nel mezzo liquido.

Nella stragrande maggioranza dei casi, il cadavere dell'annegato o del corpo posto in acqua subito dopo la morte, assume un atteggiamento tipico: è prono, con il volto in basso e gli arti penzoloni (si veda in seguito). Ciò spiega come il fenomeno ipostatico confluisca al viso, alle spalle, alle regioni anteriori del torace e dell'addome, nonché si distribuisca a mo' di 'guanto' alla porzione distale degli arti superiori ed a mo' di 'calzone' a quelli inferiori.

La *colorazione* della ipostasi dell'annegato, come quella del cadavere che ha soggiornato a lungo in acqua, risente dell'umidità cutanea che facilita l'ossigenazione dell'emoglobina: le ipostasi hanno così un colore rosso chiaro<sup>23</sup>, talora rosato.

#### CUTE ANSERINA

Nel cadavere annegato o che abbia soggiornato nell'immediato postmortem in acqua, si può manifestare una persistenza del fenomeno dell'orripilazione dei peli, responsabile della cosiddetta cute anserina (*goose flesh* o *anserina cutis* o *chair de*

*poule*). La morte, infatti, arrestando i ricambi energetici delle cellule della cute “sigilla”, dopo circa 8-10 ore dall’obitus, il fenomeno orripilativo che, talora, è osservabile sulla cute del cadavere che abbia soggiornato, almeno alcune ore, in ambiente acqueo<sup>24</sup>. Il fenomeno della “cute anserina”, non di frequente riscontro nei cadaveri annegati, si registra pressochè esclusivamente nei decessi avvenuti in acque molto fredde, che inducono rapida orripilazione dei muscoli pilo-erettori<sup>25</sup>; il fenomeno non è reperibile, invece, allorquando la morte è avvenuta in acque temperate o calde.

#### MACERAZIONE CUTANEA

Il fenomeno trasformativo postmortale tipico del soggetto che soggiorna in acqua è la *macerazione*. Qualora la macerazione si protragga a lungo questa gradatamente evolve verso la saponificazione, con produzione di adipocera.

Sulla presenza e sull’evoluzione della macerazione un ruolo importante giocano gli abiti indossati dal cadavere. Le scarpe, o l’eventuale presenza di guanti sulle mani, ritardano il comparire del fenomeno macerativo: questi mezzi, una volta rimosso il cadavere dall’acqua, però ne possono favorire il protrarsi (poiché mantengono un film umido a contatto con la cute anche quando il cadavere viene esposto all’aria). La macerazione, spesso combinata alla putrefazione, si appalesa, quindi, più

precocemente nelle zone scoperte del corpo, quali la testa e le mani o nelle sedi di intenso fenomeno ipostatico<sup>26</sup>. Nelle zone coperte da indumenti, la macerazione si evidenzia più tardi ma, una volta che il corpo viene rimosso dal mezzo liquido, l'evoluzione del fenomeno macerativo viene protratto, per il fatto che, come detto, gli indumenti stessi mantengono umido l'ambiente circostante la cute<sup>27</sup>.

Volendo ripercorrere, a grandi linee, l'evoluzione cronologica del fenomeno macerativo, possiamo dire che, dopo alcune ore di permanenza in acqua, la cute del palmo delle mani e della pianta dei piedi diviene di colorito biancastro, di consistenza molle e di aspetto raggrinzito: si parla di '*cute da lavandaia*' (*washer-woman's skin*). Successivamente, la cute viene interessata da raggrinzimenti e lo strato corneo, imbibito di acqua, tende ad aumentare di volume: il fenomeno si estende, in breve tempo, dalle dita delle mani e dei piedi al resto dell'arto. Nel giro di alcuni giorni la cute macerata tende a distaccarsi a mo' di "guanto" o "calzino", anche se occorre sottolineare come, nell'evoluzione del fenomeno macerativo e nel distacco epidermico, un ruolo di rilievo è dato dalla rapidità con la quale lo stesso si accompagna ai fenomeni putrefattivi. Infatti, in cadaveri rimasti a lungo sommersi a profondità rilevanti (attorno ai 30 metri), tali da rallentare notevolmente la putrefazione,

anche il fenomeno macerativo subisce una decelerazione evolutiva<sup>28</sup>.



*Agosto 2006, cadavere nel fiume: iniziale macerazione cutanea  
al palmo delle mani*

Usualmente la macerazione interessa prima le mani rispetto ai piedi, proprio per il fatto che i piedi hanno una diversa struttura dermo-epidermica (maggiore spessore dello strato corneo rispetto a quello malpighiano) e sono, sovente, protetti dalle scarpe. Anche il liquido annegante incide sull'evoluzione di questo fenomeno trasformativo: è più rapido nell'acqua dolce rispetto all'acqua salata<sup>29</sup>. L'età ed il sesso del soggetto sembrano, invece, non avere una particolare influenza sull'evoluzione del fenomeno<sup>30</sup>. La temperatura del liquido annegante gioca un ruolo

di rilievo nell'evoluzione temporale della macerazione solo se particolarmente elevata o bassa, tanto che si può presentare distacco epidermico dopo poche ore di permanenza in acqua calda a 40°C e macerazione del tutto iniziale nei cadaveri immersi in liquidi con temperature di 5 – 10°C.

Volendo utilizzare, in via pratica, il fenomeno macerativo ai fini tanatocronologici così possiamo riassumerne l'evoluzione temporale<sup>31,32,33</sup>:

Estate:

<i>Tra le 6 e le 12 ore</i>	<i>Sbiancamento e raggrinzimento delle mani</i>
<i>Entro 3-8 giorni</i>	<i>Distacco cutaneo parziale al palmo delle mani ed alla pianta dei piedi</i>
<i>Tra il 7° giorno e le 3 – 4 settimane</i>	<i>Distacco completo a guanto o a calza della cute della mani e dei piedi</i>

Inverno:

<i>Tra le 24 e le 48 ore</i>	<i>Sbiancamento e raggrinzimento delle mani</i>
<i>Entro 5-15 giorni</i>	<i>Distacco cutaneo parziale al palmo delle mani ed alla pianta dei piedi</i>
<i>Tra il 15 giorno e 2 – 3 mesi</i>	<i>Distacco completo a guanto o a calza della cute delle mani e dei piedi</i>

Lo studio del fenomeno macerativo è stato completato anche con indagini istologiche ed istochimiche condotte sperimentalmente da Motta e Tavani nei primi anni Ottanta<sup>34,35</sup>: costoro, dopo aver

ottenuto campioni istologici tramite prelievo cutaneo in regione plantare, li hanno sottoposti a macerazione sperimentale in acqua dolce, in tempi compresi fra le 10 e le 100 ore: i preparati sono stati colorati con le tecniche dell'ematossilina – eosina, di Van Gieson, di Weigert per le fibre elastiche, di Gomori, e di Garvin per gli acidi nucleici. Tramite la valutazione della DPN – diaforesi, sono stati ottenuti questi risultati:

- dopo 30 ore di immersione è stato notato iniziale slaminamento dello strato corneo cutaneo;
- dopo 40 ore si sono mostrate alterazioni citoplasmatiche e nucleari dello strato spinoso, con presenza di aloni otticamente vuoti in sede perinucleare;
- scomparsa completa dello strato corneo cutaneo in un periodo massimo di 90 ore, oltre il quale rimane microscopicamente visibile il solo strato granuloso.

## SAPONIFICAZIONE

I cadaveri che permangono, a lungo, in ambiente liquido, possono andare incontro a fenomeni di saponificazione, ancorché la saponificazione sia stata identificata anche nelle zone intensamente ipostatiche (volto e mani) dei cadaveri immersi in acqua per breve tempo<sup>36</sup>. La saponificazione è un fenomeno trasformativo postmortale difficilmente quantizzabile e definibile dal punto di vista cronologico, proprio perché notevolmente

influenzato dall'assenza dei fattori aerobi che facilitano la putrefazione. La sua utilizzabilità, ai fini della tanatocronologia, è quindi nulla.

#### PINK TEETH (COLORAZIONE ROSA DEI DENTI)

La colorazione rosa degli elementi dentari è considerato, da alcuni Autori<sup>37,38,39</sup>, un fenomeno post-mortale descritto per i cadaveri che rimangono in acqua per un periodo minimo di 1-2 settimane, indipendentemente dalla causa di morte. Trattasi, infatti, di un fenomeno unicamente legato alla lunga permanenza del cadavere in acqua e non associato alla causa di morte dello stesso. E' dovuto alla diffusione dell'emoglobina all'interno dei microtubuli dentinali, che viene favorita dall'ambiente liquido che facilita la riossigenazione ematica. Studi recenti<sup>40</sup> hanno sottolineato come la colorazione rosata sia più evidente negli individui giovani rispetto a quelli anziani e nei denti con radice singola rispetto a quelli con canale radicolare multiplo.

L'utilizzabilità pratica del fenomeno del *pink teeth* ai fini della diagnosi di annegamento è, però, oltremodo limitata: innanzitutto, il fenomeno è di incostante presentazione; inoltre, la colorazione dentaria può essere alterata anche da condizioni vitali, quali malattie come il tifo o trattamenti odontoiatrici<sup>41</sup>.

## ALTRI FENOMENI POSTMORTALI RISCONTRABILI NEL CADAVERE IN ACQUA

Nel cadavere che abbia soggiornato per un determinato periodo in acqua sono state descritte anche altre modificazioni del processo di evoluzione dei fenomeni tanatologici. Queste modificazioni, in realtà, sono di scarsa utilità sia dal punto di vista tanatocronologico sia da quello di definizione delle cause e dei mezzi che hanno portato al decesso del soggetto. Alcuni Autori<sup>42</sup> descrivono una *protratta lucentezza e trasparenza della cornea, della congiuntiva e della sclera* del cadavere: il fenomeno è dovuto alla ridotta disidratazione post-mortale di queste strutture, che rallenta la formazione di fenomeni quali la tela di Winslow o la macchia sclerotica di Sommer-Larcher.

Anche la *putrefazione* mostra una variazione distributiva nel cadavere in acqua rispetto a quello in ambiente aereo: le zone tipicamente interessate da un fenomeno ipostatico molto intenso (di solito il volto, le mani, i piedi) vanno incontro ad un processo putrefattivo più rapido, una volta che il cadavere è stato tolto dal mezzo liquido. La permanenza in acqua di un corpo modifica anche l'andamento temporale del fenomeno putrefattivo: la putrefazione viene rallentata dalla permanenza in acqua del cadavere<sup>b</sup> (l'acqua di mare la rallenta più dell'acqua dolce; le

---

<sup>b</sup> Vale ricordare, al riguardo, il classico aforisma di Casper, per cui *le trasformazioni cadaveriche sopraggiunte in una settimana all'aria aperta corrispondono alle*

acque correnti più di quelle stagnanti), ma assume una progressione notevolmente accelerata una volta che il corpo sia stato rimosso dal mezzo liquido. Ciò è spiegabile con la maggiore tendenza ai fenomeni putrefattivi dei tessuti macerati e fortemente imbibiti di acqua.

In acque a temperatura più elevata, come quelle tropicali, la putrefazione si sviluppa in genere, a cadavere sommerso, non prima delle ventiquattro ore; nelle acque fredde, con temperature costantemente inferiori ai 5 °C, la putrefazione non compare mai prima di alcune settimane<sup>43</sup>.



*Estate 2007: domenica, ore 10.40*



*Estate 2007: domenica, ore 18.30*

Il fenomeno putrefattivo è responsabile, inoltre, dell'accumulo di liquidi nelle vie respiratorie, che vengono liberati dalla bocca. Il liquido putrefattivo può miscelarsi con l'aria, dando luogo alla

---

*trasformazioni che compaiono dopo due settimane sott'acqua e dopo otto settimane sotto terra (da Umani Ronchi G., Bolino G., Grandi A., Marinelli E. *Patologia Forense*, Giuffrè, Milano, 1994).*

formazione di una schiuma che spesso viene confusa col fungo schiumoso (detta, perciò, *pseudo fungo schiumoso*) ma che niente ha a che vedere con lo stesso.

Una personale osservazione mi porta ad affermare che, nel cadavere che è rimasto per alcune ore nell'acqua delle piscine, il fenomeno putrefattivo sia ulteriormente rallentato, in virtù dell'azione antimicrobica svolta dal cloro e dai suoi derivati; tale deduzione, in vero, trova riscontro anche in una recente pubblicazione americana<sup>44</sup> che analizza l'evoluzione del processo tafonomico in carcasse di maiale poste in ambiente liquido, sia con cloro che senza.

#### IL PROBLEMA DEL TEMPO DI PERMANENZA IN ACQUA DEL CADAVERE

Uno dei problemi medico-legali di maggior rilievo nel caso dei cadaveri rinvenuti in ambiente liquido è quello di stabilire da quanto tempo il cadavere si trovi in acqua (PMSI – *post mortem submersion interval* o *water period* degli Autori anglofoni).

Il sistema più semplice è, nel caso di annegamento o sommersione di un cadavere in acqua dolce in un periodo che debba stimarsi tra i 2 ed i 10 giorni, quello di applicare la formula proposta da Bray<sup>45</sup> e basata sulla concentrazione del potassio e del cloro nell'umor vitreo. Si tenga presente che, questa formula, è indicativa della sola data di sommersione che

non coincide con quella del decesso del soggetto nel caso di individui deceduti e poi sommersi in ambiente liquido.

$$\text{Data sommersione (in gg.)} = [100 \text{ mEq/l} + 2 (K^+) - (Cl)] / 10 \text{ mEq/l}$$

Piuttosto elaborata appare, invece, la tabella sviluppata da Reh<sup>46</sup> che, oltre alla temperatura media dell'acqua ed al mese del ritrovamento del corpo, al fine di stimare l'epoca di permanenza del cadavere in acqua, tiene conto della presenza e dello stadio di numerosi parametri autoptici (enfisema cutaneo, rete venosa putrefattiva, distacco epidermico, modificazioni cromatiche dei tessuti cadaverici, stadio della macerazione, eventuale versamento pleurico putrefattivo, possibile colliquazione cerebrale).

Di una certa utilità appare essere il rilievo di alcuni fenomeni postmortalì quali la colorazione rossastra dei denti (*pink teeth*), che, comunque, è raramente riscontrabile e difficilmente utilizzabile ai fini tanatocronologici.

Studi recenti<sup>47,48</sup> hanno sottolineato anche l'utilità della botanica nella definizione del tempo di sommersione del cadavere. In particolare, si è stati in grado di definire il tempo di sommersione del cadavere o di tessuti animali in base allo stadio della crescita delle alghe verdi (*Chlorophyceae*) sugli stessi: si è dimostrato

che la colonizzazione vegetale sul cadavere segue un andamento fasico (la specie botanica su cui si è concentrata l'attenzione degli studiosi è stata quella delle *Bacillariophyceae*, cioè le Diatomee), in maniera non dissimile da ciò che accade nel caso della colonizzazione cadaverica da parte degli insetti (cfr. successivamente).

Knight<sup>49</sup> delinea semplici linee-guida per intuire, in fase di sopralluogo giudiziario od esame necroscopico, il possibile tempo di sommersione di un cadavere, sulla scorta dei fenomeni tanatologici dello stesso:

Assenza di raggrinzimento della cute dei polpastrelli	Poche ore
Raggrinzimento diffuso della cute dei polpastrelli, del palmo della mano e della pianta dei piedi	Da 12 ore a tre giorni
Iniziali stadi trasformativi con decomposizione del volto, del collo, dell'addome e delle cosce	Da 4 a 10 giorni
Rigonfiamento della cute del volto e dell'addome con fanerizzazione diffusa	Da 2 a 4 settimane
Disepitelizzazione diffusa con distruzione parziale dei tessuti molli ed esposizione dei tessuti ossei	Da 1 a 2 mesi

Naturalmente i tempi riportati sono puramente indicativi, essendo notevolmente influenzati dall'azione della micro- e macrofauna acquatica e terrestre e dalle caratteristiche termiche del mezzo liquido da cui il cadavere è stato estratto.

## STIMA DELL'INTERVALLO POSTMORTALE NEL CADAVERE IN ACQUA: ESEMPI PRATICI

Si prendano in considerazione alcuni esempi pratici di stima dell'intervallo postmortale nel caso di cadaveri rinvenuti in ambiente liquido e giunti all'analisi del nostro Dipartimento. La definizione del PMI è basata principalmente sulla classica triade tanatocronologica (raffreddamento, rigidità ed ipostasi) e sulla considerazione del tipo e dello stadio degli eventuali fenomeni trasformativi post-mortali (in particolare la macerazione).

### Caso 1

Marzo 1992. Soggetto di sesso femminile, di anni 64, estratto cadavere alle ore 7.45 del mattino dalle acque di un vasto specchio d'acqua montano (circa 1000 metri d'altitudine). Il cadavere non presentava, ad una sommaria ispezione esterna, fungo schiumoso. L'autopsia, svolta presso il locale obitorio alle ore 14 dello stesso giorno del ritrovamento, metteva in evidenza: temperatura rettale di 20 °C; temperatura ambiente di 13,2°C. Il cadavere mostrava ipostasi di colorito rossastro alle regioni declivi del tronco e degli arti, parzialmente scompaente alla digitopressione. La

rigidità era in fase di instaurazione all'articolazione temporomandibolare. Assenza di processi trasformativi.

In base alla considerazione del dato tanatocronologico fornito dalla parziale migrabilità delle ipostasi e dal rigor mortis in via di instaurazione, la morte poteva essere fatta risalire a 8 – 15 ore prima dell'inizio delle operazioni settorie. Considerando il dato termico rettale, il cadavere presentava una riduzione di circa 17°C della temperatura corporea. Se il decesso fosse avvenuto in ambiente aereo lo si doveva collocare a  $(37 - 20 + 3) = 20$  ore prima dell'esame autoptico. *Il mezzo liquido aveva, in realtà, favorito una più rapida dispersione termica, che empiricamente poteva essere stimata in un tempo pari alla metà (2,5 volte quello in ambiente aereo, visto che trattavasi di acque fredde di sorgiva montana) di quello necessario a produrre la medesima termodispersione in aria e cioè 8 - 10 ore.* Successive dichiarazioni testimoniali, infatti, confermarono che la signora era uscita di casa nel primo mattino del giorno del ritrovamento.

### Caso 2

Novembre 1993. Soggetto di sesso femminile, di anni 51, sofferente di depressione, visto per l'ultima volta intorno alle ore 21.00. Venne ritrovato cadavere sulla spiaggia vicina alla casa alle ore 6.40 della mattina successiva. Al momento del sopralluogo, intorno alle ore 8.00, il cadavere presentava una temperatura rettale di 18°C. La temperatura ambiente era di 18°C; le acque in cui aveva soggiornato il corpo avevano temperatura media di 17,8°C. La rigidità cadaverica era presente e valida. L'ipostasi rappresentata da scarse macchie di colorito rossastro presenti al padiglione auricolare destro, alla metà destra del volto nonché alle regioni dorsali, tutte parzialmente scompaenti alla digitopressione. I processi trasformativi erano

rappresentati da iniziale macerazione della cute delle mani e dei piedi (il cadavere non aveva scarpe ma solo calze in nylon).

In base alla considerazione del dato tanatocronologico fornito dalla parziale migrabilità delle ipostasi (PMI tra le 8 e le 15 ore) e dal rigor mortis presente e valido in tutti i distretti muscolari esaminati, la morte poteva essere fatta risalire tra le 8 e le 15 ore prima. In base al solo dato termico (possibile equiparazione tra la temperatura rettale e quella ambientale), se il decesso fosse avvenuto all'aria, l'exitus doveva farsi risalire a  $(37 - 18 + 3) = 22$  ore prima dell'inizio delle operazioni peritali. *Il mezzo liquido (acque in movimento a temperatura di circa 18°C) aveva favorito una più rapida dispersione termica, che empiricamente poteva essere stimata in un tempo pari alla metà di quello necessario a produrre la medesima termo dispersione in aria, e cioè 11 ore.* Il dato termico postmortale diviene, così, concorde con gli altri dati tanatologici.

### Caso 3

Settembre 1995. Soggetto di sesso femminile, di anni 79, ritrovato cadavere nelle acque di un pozzo. Il cadavere era vestito e non presentava fungo schiumoso. Il figlio, accortosi del corpo, lo aveva estratto dal pozzo ed adagiato sul letto della casa. In fase di sopralluogo, effettuato due - tre ore dopo la rimozione del cadavere, questo presentava una temperatura rettale di 29°C. La temperatura ambiente era di 20°C. La rigidità cadaverica era in via di instaurazione. L'ipostasi era scarsa e rappresentata da macchie di colorito rossastro presenti al volto, al collo ed alla faccia anteriore del torace, tutte scompaenti alla digitopressione. Assenza di processi trasformativi.

In base alla considerazione del dato tanatocronologico fornito dalla completa migrabilità delle ipostasi (PMI inferiore alle 8 ore) e dal rigor mortis in via di instaurazione, l'obitus poteva essere fatto risalire tra le 3 e le

5 ore. Considerando il dato termico rettale, il cadavere presentava una riduzione di circa 8°C della temperatura. Se il decesso fosse avvenuto in ambiente aereo l'exitus doveva farsi risalire a  $(37 - 29 + 3) = 11$  ore prima del sopralluogo. *Il mezzo liquido aveva favorito una più rapida dispersione termica, che empiricamente poteva essere stimata in un tempo pari alla metà di quello necessario a produrre la medesima termo dispersione in aria e cioè 5 - 6 ore.* Il dato termico rettale diviene concorde con gli altri dati tanatocronologici.

#### Caso 4

Giugno 2000. Soggetto di sesso maschile, di anni 79, ritrovato cadavere nelle acque di una grande vasca da giardino attorno alle ore 14.30. Era stato visto dai familiari poche decine di minuti prima del rinvenimento. Il cadavere era vestito con maglietta a maniche corte e slip e presentava, alla mobilitazione, fuoriuscita di liquido dalla bocca e dal naso. Al momento dell'esame esterno, effettuato alle ore 19.30 dello stesso giorno, il corpo aveva temperatura rettale di 34,5°C e la temperatura ambiente era di 24°C. La rigidità cadaverica era assente in ogni distretto muscolare esaminato. L'ipostasi, parzialmente scomparsa alla digitopressione, era rappresentata da macchie di colorito rosso vinoso presenti alla nuca, al volto, al collo, nonché alle regioni declivi del tronco e dagli arti. Assenza di processi trasformativi.

*La permanenza del cadavere nel mezzo liquido è stata, verosimilmente molto breve, non tale, comunque, da modificare la dispersione termica ( $37 - 34,5 + 3 = 5,5$ ). La morte poteva collocarsi tra le 4 e le 6 ore, non avendo giocato un ruolo di rilievo la permanenza in acqua ai fini del raffreddamento corporeo.*

### Caso 5

Agosto 2000. Soggetto di sesso femminile, di anni 66, sofferente da tempo di depressione, uscito da casa attorno alle ore 12.00. Il suo corpo privo di vita fu rinvenuto, alle ore 14.00, nelle acque di una fonte posta nelle vicinanze. Il cadavere era vestito con vestaglia in materiale sintetico. Non venne effettuato sopralluogo ed il cadavere venne rimosso per essere trasportato al locale obitorio. Al momento dell'esame esterno, effettuato alle ore 16.30 dello stesso giorno, la temperatura rettale cadaverica era di 29,5°C, quella ambientale di circa 34°C. Il rigor mortis era assente. L'ipostasi, scomparsa, era rappresentata da macchie di colorito rossastro distribuite al volto ed alla faccia anteriore del collo. Assenza di processi trasformativi.

Considerando il solo dato termico rettale, il cadavere presentava una riduzione di circa 7,5°C della temperatura rettale. Se il decesso fosse avvenuto in ambiente aereo, l'exitus doveva farsi risalire a  $(37 - 29,5 + 3) = 10 - 11$  ore prima del sopralluogo. L'assenza della rigidità era incompatibile con tale rilievo (morte tra le 3 e le 4 ore prima del ritrovamento). *Considerando che trattavasi di acque stagnanti di sorgente, e quindi a bassa temperatura (10 – 12°C) la morte poteva farsi risalire a:  $(37 - 29,5 + 3 \times 0,5) = 5 - 6$  ore prima dell'inizio delle operazioni peritali.* Il dato termico diviene così compatibile con gli altri dati tanatologici.

### Caso 6

Giugno 2006. Soggetto di sesso maschile, di anni 30, ritrovato cadavere nelle acque di una piccola piscina posta nel giardino di un'abitazione privata ed esposta al sole per molte ore del giorno (vista l'assenza di piante nelle vicinanze e considerata la stagione, lo specchio acqueo riceveva l'irraggiamento solare dalla mattina alle ore 8.00 alla sera alle ore 20.00). Il

cadavere era nudo e presentava fungo schiumoso. In fase di sopralluogo, effettuato alle ore 10.00 della mattina, il cadavere mostrava una temperatura rettale di 28,5°C. La temperatura dello strato superficiale dell'acqua della piscina era di 25°C. La rigidità cadaverica era presente e valida in ogni distretto muscolare esaminato. L'ipostasi, parzialmente scomparsa alla digitopressione, era rappresentata da macchie di colorito rosso vinoso presenti al volto, alla faccia anteriore del collo, al torace, alla porzione distale degli avambracci, alle mani, alle regioni inguinali ed alla porzione distale degli arti inferiori. Assenza di processi trasformativi.

In base alla considerazione del dato tanatocronologico fornito dalla parziale migrabilità delle ipostasi (PMI compreso tra 8 e le 15 - 18 ore) e dal rigor mortis presente e valido, la morte poteva essere fatta risalire tra le 8 e le 15 ore. Considerando il dato termico rettale, il cadavere presentava una riduzione di circa 8,5°C della temperatura. Se il decesso fosse avvenuto in ambiente aereo l'exitus doveva farsi risalire a  $(37 - 28,5 + 3) = 11-12$  ore prima del sopralluogo. *In questo caso, il dato termico rettale concordava con gli altri dati tanatocronologici, e cioè il raffreddamento corporeo aveva seguito un andamento sovrapponibile a quello che si registra per il cadavere esposto all'aria; ciò in virtù del'intenso soleggiamento che lo specchio d'acqua riceveva e, quindi, dell'elevato valore termico dello strato superficiale dell'acqua, pari a 25°C.*

### Caso 7

Giugno 2006. Soggetto di sesso maschile, di anni 29, ritrovato cadavere nelle acque di un torrente. Il cadavere era vestito con abiti leggeri, in cotone, e presentava ferite di arma da punta e taglio sulla faccia posteriore dell'emitorace sinistro, alla testa, nonché alla faccia posteriore e laterale destra del collo. In fase di sopralluogo, effettuato alle ore 17.30, il cadavere

aveva una temperatura rettale di 19°C, equiparata a quella dell'acqua. La rigidità cadaverica era presente e valida in ogni distretto muscolare esaminato. L'ipostasi erano scarse, difficilmente riconoscibili e non migrabili alla digitopressione. I fenomeni trasformativi erano rappresentati da marcata macerazione al palmo di entrambe le mani, ma non ai piedi che calzavano le scarpe.

In base alla considerazione del dato tanatocronologico fornito dalla non migrabilità delle ipostasi e dal rigor mortis presente e valido, l'obitus poteva essere collocato oltre le 15 – 18 ore. La presenza dell'evidente fenomeno macerativo alle mani faceva collocare la morte tra i 2 ed i 3 giorni prima del sopralluogo. *Il dato termico rettale nel caso in oggetto era ininfluenza: l'intervallo postmortem era prolungato e già era stata raggiunta l'equiparazione tra la temperatura corporea e quella del mezzo liquido. Si rammenti che la maggiore conducibilità termica dell'acqua rispetto a quella dell'aria consente, spesso, una più rapida equiparazione tra la temperatura corporea e quella del liquido di sommersione (< 24 ore); l'equiparazione termica in acqua è tanto più rapida quanto maggiore è il differenziale termico tra la temperatura del liquido e quella del corpo. In caso di acque stagnanti come quelle di piccoli laghetti o piscine (temperatura media del liquido tra i 7°C ed i 18°C) l'equiparazione termica avviene in 8 – 15 ore.*

#### Caso 8

Agosto 2007. Soggetto di sesso femminile, di anni 83, ritrovato cadavere nelle acque di una piscina privata, esposta ai raggi del sole soltanto nelle ore centrali della giornata. Il cadavere era vestito con abiti leggeri, in cotone e non mostrava fungo schiumoso. In fase di sopralluogo, effettuato alle ore 11.15 della mattina, il cadavere presentava una temperatura rettale di 27°C.

La temperatura dell'aria era di 27°C, la temperatura dello strato superficiale dell'acqua della piscina era di 24°C (al momento della stima termica il mezzo liquido aveva ricevuto, per alcune ore, un intenso irraggiamento solare). Il cadavere mostrava ipostasi di colorito rossastro alle regioni anteriori del torace e dell'addome ed al volto, tutte scompaenti alla digitopressione. La rigidità era in via di instaurazione all'articolazione temporomandibolare. Assenza di processi trasformativi.

In base alla considerazione del dato tanatocronologico fornito dalla completa migrabilità delle ipostasi e dal rigor mortis in via di instaurazione, la morte poteva essere fatta risalire a 3 - 4 ore prima del sopralluogo. Considerando il dato termico rettale, il cadavere presentava una riduzione di 10°C della temperatura: se il decesso fosse avvenuto in ambiente aereo lo si doveva far risalire a  $(37 - 27 + 3) = 13$  ore prima del sopralluogo. *Il mezzo liquido aveva favorito una più rapida dispersione termica (l'irraggiamento solare dell'acqua si aveva soltanto per poche ore), che empiricamente poteva essere stimata in un tempo pari alla metà di quello necessario a produrre la medesima termo dispersione in aria, cioè 6 ore circa.* Il dato termico diviene così concorde con gli altri dati tanatocronologici di pratico utilizzo nella necropsia forense.

## L'ENTOMOLOGIA FORENSE NELLA STIMA DELL'EPOCA DELLA MORTE E DI SOMMERSIONE DEL CADAVERE IN ACQUA.

Nella comprensione dell'intervallo postmortale di corpi sommersi in acqua e del loro tempo di galleggiamento o

permanenza in acqua, sta assumendo una certa rilevanza la valutazione *entomologico forense*<sup>50</sup>.

Si deve considerare, comunque, che nel caso dei corpi immersi in un liquido, gli insetti aerei si localizzano sul corpo solo allorché questo si trovi a galla e non quando è immerso ed interessano, pressochè esclusivamente, le regioni corporee che si trovano sopra il livello del liquido, colonizzando preferenzialmente gli orifizi corporei e le eventuali ferite cutanee. Considerando quindi le aree corporee interessate dalla colonizzazione delle varie specie di insetti e parassiti animali (i cosiddetti “*travailleurs de la mort*”) e lo stadio larvale presente è possibile, indicativamente, dedurre il tempo di galleggiamento del cadavere ed intuire da quanto tempo il corpo si trovi in quella posizione.

Alcuni Autori<sup>51</sup> hanno prospettato la possibilità di utilizzare, ai fini della determinazione dell'intervallo di sommersione del cadavere, gli insetti acquatici, in particolare quelli della famiglia dei chironomidi (*Diptera, Chironomidae*) e delle Frigane (*Trichoptera*) che, come tali, sono in grado di colonizzare anche il corpo completamente sommerso.

Nel caso di un corpo immerso in un liquido, quindi, si potranno riconoscere cadaveri colonizzati esclusivamente da fauna che vive in ambiente liquido e casi in cui i corpi, perché in galleggiamento, presentino fauna mista aerea e lacustre/marina.

I primi studi sulla colonizzazione dei cadaveri in acqua da parte degli insetti vennero effettuati già negli anni Settanta<sup>52</sup>, utilizzando carcasse di maiale gettate in acqua; vennero riconosciuti sei stadi di colonizzazione da parte di macro- e microfauna di varie specie sulle carcasse suine<sup>53</sup>.

1. Una carcassa gettata in acqua può rimanere a galla o affondare. Nel caso di affondamento, la carcassa tende a tornare in superficie entro 1-2 giorni in estate, 2-3 settimane in inverno. In questo stadio sulla carcassa si repertano solo insetti che vivono in acqua;
2. Al momento in cui la carcassa affiora alla superficie dell'acqua, viene colonizzata rapidamente dalle mosche carnarie, che vi depositano le uova. Le specie che principalmente si repertano sono la *Lucilia caeruleiviridis* e la *Cochliomyia macellaria*. In questo stadio, la carcassa viene colonizzata dalle mosche ad una rapidità maggiore di ciò che accade nelle carcasse esclusivamente esposte all'aria, visto che l'imbibizione idrica dei tessuti facilita la putrefazione e, come tale, l'ovideposizione delle mosche. In questo stadio sulla carcassa si possono rinvenire anche insetti del genere dei Ditteri Tefritidi;
3. Le uova delle mosche iniziano a schiudersi dopo circa 24-36 ore dalla loro deposizione. La deposizione delle uova da parte delle mosche cessa intorno al terzo giorno

successivo alla riemersione della carcassa. Inizia, allora, la colonizzazione della stessa da parte di scarafaggi del genere *Necrodes Surinamensis* e *Staphylinus Maxillosus*, che si nutrono delle larve delle mosche;

4. Il processo di distruzione della carcassa, una volta riemersa, procede ad una velocità maggiore rispetto a quanto avviene per la carcassa di maiale esposta solo all'aria. Questo stadio termina dopo 4 – 10 giorni, allorché varie specie di insetti ditteri e coleotteri (gen. *Sferoceridi*, *Isteridi*, *Stafilinidi*, *Foridi*) riducono la carcassa a pochi resti;
5. I resti della carcassa vengono colonizzati da batteri e funghi di diverse specie, nonché da zanzare (*Culex pipiens quinquefasciatus*, *Anopheles spp.*), che terminano il processo di distruzione della stessa in un periodo che varia dai 10 giorni in estate, ai 30 giorni in inverno.

L'utilizzazione dell'entomologia forense ai fini della comprensione dell'intervallo postmortem o del tempo di sommersione del cadavere sembra raggiungere ottimi standard qualitativi allorché venga associata ad altre tecniche, quali la ricerca delle diatomee nel sangue e negli organi del cadavere<sup>54</sup>, specialmente se in avanzato stato di decomposizione.

## **IL SOPRALLUOGO IN CORSO DI RITROVAMENTO DI CADAVERI IN ACQUA.**

Come già sottolineato, nel cadavere estratto dalle acque, le classiche problematiche proprie della patologia forense ed inerenti le cause ed i mezzi del decesso ed il tempo dallo stesso, vengono complicate dal mezzo liquido in cui permane il corpo. Il medico legale è spesso chiamato a rispondere, in questi casi, ai seguenti quesiti<sup>55</sup>:

1. La morte è occorsa prima o dopo l'entrata in acqua?
2. La causa della morte è l'annegamento. Se no, quale è la causa di morte?
3. Perché il soggetto era entrato in acqua o si trovava nelle vicinanze della stessa?
4. Perché la vittima è stata incapace di sopravvivere in acqua?
5. Il tempo dal decesso coincide con quello di sommersione del corpo?

Per rispondere correttamente a tutte queste domande, è necessario che il sopralluogo giudiziario nei casi che vedono

cadaveri estratti dalle acque, sia sempre oltremodo accurato e completo<sup>c</sup>.

È pleonastico sottolineare come il corpo non debba essere rimosso dal mezzo liquido prima dell'arrivo del medico legale (anche se, in realtà, la cosa capita sovente, anche in casi a cui ho personalmente partecipato!).

È d'obbligo, sempre, determinare la temperatura dello strato superficiale del mezzo liquido oltre a quella dell'ambiente; inoltre, è necessario determinare sempre l'altezza del liquido annegante, in caso di laghi, piscine di grandi dimensioni o fiumi. Particolare attenzione va posta alla corretta repertazione di un adeguato quantitativo di liquido annegante, tale da poter essere successivamente sottoposto ad indagini di laboratorio: il liquido deve sempre essere prelevato con flaconi sterili, onde evitare la contaminazione dello stesso.

Notevole cura va posta alla descrizione ed alla documentazione fotografica del luogo dell'accaduto: si deve valutare se il luogo di immersione sia esposto al pieno sole o all'ombra, cercando di capire l'escursione termica a cui il mezzo liquido può andare incontro. Come precedentemente sottolineato, l'irraggiamento

---

<sup>c</sup> Per approfondimenti si veda: Becker R.F. *Underwater crime scene*, in Payne-James J., Byard R.W., Corey T.S., Henderson C. *Encyclopedia of forensic and legal medicine*, Elsevier, Oxford, 2005, vol. II, pp. 20-27.

solare del mezzo liquido, e quindi la sua temperatura, influenzano notevolmente la termodispersione dei corpi. Per ciò che riguarda il cadavere, particolare rilevanza avrà la descrizione e la documentazione fotografica inerente la sua posizione (si veda dopo), in modo particolare nel caso dei fiumi o dei grandi laghi, al fine di capire l'eventuale luogo d'immersione del corpo e la dinamica degli eventi precedenti il decesso.

Qualora il cadavere presenti avanzati fenomeni di macerazione, si dovrà stare attenti ad individuare l'eventuale distacco del guanto epidermico e preservarlo, proteggendo le mani con sacchetti di carta o di plastica opportunamente traforati, al fine di ridurre al minimo il rischio che si sviluppino muffe.

I reperti passibili di asportazione in corso di rimozione e trasporto del cadavere vanno immediatamente annotati: tra questi, in particolare, il fungo schiumoso, che è facilmente asportabile durante le manovre di estrazione del cadavere dal mezzo liquido.

È necessario ricordare come, una volta valutata la temperatura corporea cadaverica, fotografati e descritti gli indumenti del soggetto, verificata sommariamente l'eventuale presenza di lesività esterna, il corpo vada il più celermente possibile inviato in ambiente refrigerato, vista la rapidità con la quale i fenomeni putrefattivi procedono nel corpo sommerso<sup>56</sup>.

Nel caso di decesso in vasca da bagno (*bathtub death*), è necessario valutare che non vi siano apparecchi o cavi elettrici nelle vicinanze, nonché verificare l'eventuale apertura di rubinetti o l'efficienza degli scarichi.

#### POSIZIONE DEL CADAVERE IN ACQUA.

I cadaveri assumono nell'acqua (in particolare nei grandi specchi lacustri o nei corsi d'acqua fluviali) una posizione peculiare, che varia nel tempo e che risente delle modalità con le quali è avvenuto il decesso e se il decesso è avvenuto per annegamento o per altre cause fuori dall'acqua. Gli autori Anglosassoni attribuiscono una notevole importanza allo studio della posizione del cadavere in acqua, al fine di comprendere le modalità con le quali è avvenuto il decesso<sup>57</sup>.

In pratica, vari fattori influenzano il galleggiamento di un cadavere:

1. i *polmoni*: lo stato di repletezza di aria del parenchima polmonare condiziona il galleggiamento del corpo sull'acqua. Una persona che muore fuori dall'acqua (per causa traumatica o naturale) o che decede in ambiente liquido, ma in assenza di inondazione delle vie aeree (cd. annegamento secco) ha tendenza a galleggiare per il fatto che i polmoni mantengono il loro contenuto aereo. Al contrario, il soggetto che annega e che presenta

inondazione di liquido a livello delle vie respiratorie (cd. annegamento umido), avrà la tendenza ad andare sul fondo. *È quindi plausibile sospettare, in un cadavere che galleggi sulla superficie dell'acqua, in assenza di fenomeni putrefattivi, un decesso per causa diversa dall'annegamento umido oppure un annegamento con spasmo laringeo (annegamento secco)*<sup>58</sup>;

2. *la posizione del corpo rispetto alla superficie dell'acqua*: se un cadavere cade o viene gettato in acqua prono, l'aria contenuta nei polmoni non può fuoriuscire e, come tale, l'*air entrapment* polmonare faciliterà il galleggiamento corporeo. Al contrario, se un cadavere cade supino sull'acqua, il mezzo liquido può penetrare nelle vie aeree facilitandone l'affondamento;
3. *la massa grassa del cadavere*: cadaveri con notevole massa adiposa avranno la tendenza a galleggiare, visto che il grasso ha minore densità dell'acqua;
4. *il vestiario del cadavere*: le fibre sintetiche degli abiti sono, sovente, impermeabili e, come tali, tendono a non immagazzinare acqua, facilitando il galleggiamento del corpo. Le fibre naturali, al contrario, quali il cotone e la lana, intrappolano l'acqua facilitando l'affondamento del corpo; fa eccezione la seta, che tende a non imbibirsi d'acqua;

5. la *putrefazione* induce il galleggiamento dei corpi nella sua fase iniziale enfisematosa-gassosa (gli Autori anglosassoni definiscono questi corpi come *floaters*).

A grandi linee possiamo affermare che un corpo che cade nell'acqua assume, inizialmente, la tipica posizione detta "da lottatore": il corpo è prono, con la testa in basso e con gli arti superiori ed inferiori semiflessi che penzolano dalla superficie dell'acqua verso le profondità. In base ai parametri sopra descritti, il corpo può, quindi, avere la tendenza ad affondare; i tempi con i quali l'affondamento avviene sono difficilmente standardizzabili: l'affondamento può essere subitaneo nelle morti per annegamento, in soggetti scarsamente vestiti; può richiedere alcune ore in soggetti obesi scarsamente vestiti, oppure può non svilupparsi negli individui immersi in acqua già cadaveri o deceduti per altra causa in ambiente liquido.

Il cadavere che affonda, tende a rimanere sul fondo fino al momento in cui i fenomeni putrefattivi, nella loro fase gassosa, divengono tali da far riemergere il corpo. Al riguardo, Autori anglosassoni<sup>59</sup> hanno studiato i tempi di riaffioramento dei cadaveri sommersi nelle acque del Tamigi, identificando questi tempi, differenziati sulla base del mese in cui è avvenuta la sommersione:

<i>da Giugno ad Agosto</i>	<i>Circa 2 giorni</i>
<i>Aprile, Maggio, Settembre ed Ottobre</i>	<i>Dai 3 ai 5 giorni</i>
<i>Novembre e Dicembre</i>	<i>Dai 10 ai 15 giorni</i>
<i>Gennaio e Febbraio</i>	<i>È possibile che non avvenga la riemersione fino al riscaldamento del mezzo liquido</i>

Si rammenti, infatti, che per temperature costantemente inferiori ai 7°C rallenta, talora anche di molte settimane, l'evoluzione dei processi putrefattivi.

Gli spostamenti che il cadavere può subire in ambiente liquido (*fluitazione del cadavere*) sono molteplici e dovuti essenzialmente alle correnti presenti nel mezzo liquido: ciò rende, soprattutto nel caso di cadaveri ritrovati in fiumi dal grande alveo, difficile capire il luogo in cui il soggetto è caduto in acqua<sup>60,61</sup>.

Sarà, quindi, compito di un attento sopralluogo, comprendere il luogo dove il corpo si è immerso o è stato gettato nell'acqua. A tal riguardo, avranno una certa importanza la presenza di impronte di scarpe o segni di trascinarsi sulla riva.

## **PROBLEMI INERENTI LA CAUSA MORTIS DEL CADAVERE ESTRATTO DALLE ACQUE.**

I problemi che si pongono al medico legale a seguito del reperimento di un cadavere in acqua, oltre che legati alla maggior difficoltà nel riconoscimento e nella quantizzazione dei fenomeni postmortalì e, quindi, nella datazione dell'epoca della morte, sono legati anche all'identificazione delle cause e dei mezzi che ne hanno determinato il decesso.

Come già indicato, un cadavere in acqua può essere di: *a)* un soggetto deceduto per causa naturale e quindi caduto nell'acqua; *b)* di un individuo deceduto per morte naturale mentre si trovava in acqua; *c)* di una persona morta per causa violenta e quindi gettata in acqua; *d)* di un individuo deceduto per causa traumatica mentre si trovava in acqua; *e)* può essere morto mentre si trovava in acqua, ma non per annegamento (cd *morte in acqua*); *f)* infine, può essere annegato perché volontariamente si era trovato nel mezzo liquido o perché vi era caduto accidentalmente.

Non esistono elementi macroscopici od istologici patognomonici della morte per annegamento e la diagnosi di annegamento diviene, soprattutto allorché si tratti di annegamento con spasmo laringeo, una diagnosi di esclusione<sup>62</sup>.

## L'ANNEGAMENTO

Viene definito *annegamento* la morte avvenuta immediatamente od entro 24 ore dall'immersione (dei soli orifizi respiratori) e/o dalla sommersione (dell'intero corpo) in un liquido, risultante dall'asfissia successiva a ostruzione delle vie aeree determinata da laringospasmo e/o aspirazione di liquido nei polmoni<sup>63</sup>. In passato veniva usato il termine di *semi-annegamento* in riferimento all'episodio di immersione/sommersione in un liquido con sopravvivenza della vittima per oltre 24 ore dall'evento. Alcuni Autori parlano di *annegamento umido* o *wet drowning* in riferimento a quella forma di annegamento che si accompagna al repertamento del liquido annegante nelle vie aeree distali e negli spazi alveolari e/o nelle prime vie digerenti. Si parla, invece, impropriamente di *annegamento secco* altresì detto *annegamento senza aspirazione* o *dry drowning*, allorché, pur non trovandosi liquido nelle vie aeree, l'annegamento deve sospettarsi per la presenza di reperti asfittici atipici.

Per chiarezza espositiva e praticità d'uso, seguiremo la classica distinzione tra *annegamento tipico* (quello caratterizzato dalla presenza dei reperti macroscopici e/o microscopici dell'annegamento) ed *annegamento atipico* (la forma di annegamento che non presenta, né in fase di esame esterno del cadavere, né in quella dell'autopsia, il riconoscimento dei

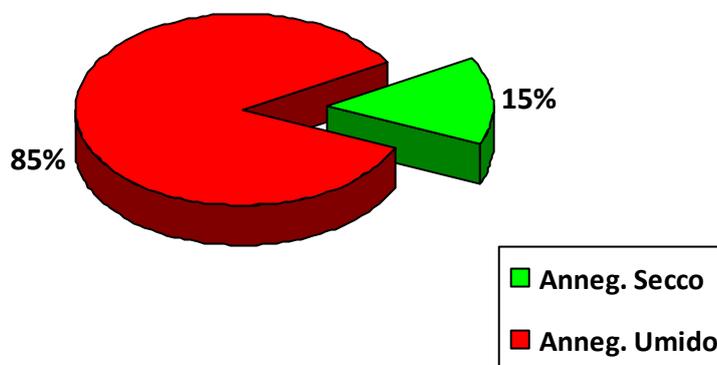
caratteri macroscopici ed istologici riconducibili al cosiddetto *wet lung* o “*polmone dell’annegato*”).

## LO SPASMO LARINGEO ed il cosiddetto ANNEGAMENTO SECCO

Annegamento atipico viene considerato quello che si ha in un soggetto che, immerso in un liquido, presenta una chiusura involontaria e prolungata della glottide (*intense laryngeal spasm* degli Autori anglofoni) tale da impedire l’assunzione di aria nelle vie respiratorie per un periodo sufficiente a portarlo a morte.

Questo spasmo ha genesi vagale e si produce, soprattutto, a seguito del contatto repentino del corpo con liquidi freddi, tale da innescare una risposta vagale in grado di produrre un laringospasmo riflesso.

In uno studio inglese dei primi anni Novanta<sup>64,65</sup>, si è messo in evidenza come circa il 10-15% delle vittime di annegamento non presenti, all’esame autoptico, aspirazione di liquidi nelle vie respiratorie e nel primo tratto delle vie digerenti. Tale percentuale si riduce notevolmente allorché, la presenza del liquido annegante, venga ricercata nelle vie respiratorie e nel primo tratto digerente tramite l’utilizzo di tecniche di *imaging*, quali la RM o la TAC *multislice* (si veda in seguito).



Il dato inerente l'incidenza autoptica dell'annegamento secco è solo in parte confermato anche da altri Autori<sup>66</sup>, i quali sottolineano come il riscontro, in corso di autopsia, del “*dry lung*” non superi l'8-10% dei soggetti deceduti in acqua.

Il ruolo giocato dal laringospasmo nella genesi dell'annegamento secco rimane, comunque, tutt'ora controverso visto che alcuni Autori<sup>67</sup> escludono l'esistenza di una condizione di annegamento in assenza di un pur minima aspirazione di liquido.

Al tavolo settorio è pressochè impossibile documentare la chiusura involontaria delle vie aeree da spasmo laringeo, dato il rilassamento post-mortale dei tessuti. I reperti polmonari, quindi, saranno caratterizzati dalla presenza di organi meno congesti e pesanti di quelli che si hanno nell'annegamento propriamente detto<sup>68</sup>.

## FISIOPATOLOGIA DELL'ANNEGAMENTO: RUOLO DEL LIQUIDO ANNEGANTE

I primi studi sulle modalità di sviluppo dell'annegamento furono condotti già da Galeno che, nella sua opera "*Anatomicae administrationes*", parlava di esperimenti sulle scimmie ecaudate.

L'inclusione dell'annegamento nel vasto capitolo delle morti asfittiche spetta a Paolo Zacchia, progenitore della moderna medicina legale, che nelle "*Quaestionum medico-legalium*" in merito alla causa della morte degli annegati affermava che "*...quod qui submersus vivus est, ventrem totum aqua plenum ac temente habet; secundum est, quod illi mucosa quaedam excramenta e naribus, spumosa vero ex ore prodeunt, illa ob ventriculorum cerebri obstructionem ab aqua...*"; Zacchia aveva capito che la causa terminale della morte per annegamento era l'anossia cerebrale.

Nei primi anni del Novecento, la comprensione della fisiopatologia delle morti asfittiche per annegamento venne in parte delucidata grazie agli studi di Hofmann<sup>69</sup>, che riuscì a dimostrare la profonda penetrazione del liquido annegante nelle vie respiratorie di animali da esperimento annegati in una miscela contenente ferrocianuro di potassio (che, una volta sacrificato l'animale, veniva fatta reagire con il percloruro di ferro, ottenendo il Blu di Prussia).

Grazie a questi studi pionieristici ed a quelli degli anni successivi, siamo oggi in grado di comprendere come, nel meccanismo asfittico da annegamento, un ruolo di rilievo sia svolto dal liquido in cui l'annegamento si sviluppa.

Dal punto di vista fisiopatologico si possono distinguere, per le azioni che il liquido presenta sulle funzioni respiratorie, due tipi di liquido annegante:

- ✓ *acqua dolce od ipotonica*: che presenta una pressione osmotica di 0,5 volte rispetto a quella plasmatica;
- ✓ *acqua salata od ipertonica*: che ha una pressione osmotica di circa 4 volte superiore a quella del plasma<sup>70</sup>.

L'acqua dolce, per la sua bassa osmolarità, può rapidamente attraversare la barriera alveolo-capillare dei polmoni ed essere assorbita nel circolo polmonare. Studi effettuati sui cani hanno dimostrato che l'aspirazione di circa 22ml/Kg di acqua è in grado di produrre, in pochi minuti, una severa riduzione della  $P_aO_2$  ( $PO_2 < 80 - 90$  mmHg) ed un notevole aumento dello shunt intrapolmonare<sup>71</sup>. Si produce così emodiluizione (dopo tre minuti di immersione del corpo in acqua sono stati raggiunti valori di emodiluizione del 72%), ipervolemia e marcata iponatriemia. La riduzione della pressione osmotica plasmatica induce richiamo di liquidi in sede intra-eritrocitaria e conseguente emolisi. L'emolisi è causa di iperkaliemia che si può accompagnare a fibrillazione cardiaca<sup>72</sup> ed insufficienza renale acuta con emoglobinuria.

L'acqua dolce, ancora, danneggia gli pneumociti di II tipo e denatura il surfactante prodotto, facilitando l'insorgenza di atelectasie polmonari. La riduzione del surfactante e la degenerazione delle cellule alveolari porta allo sviluppo di edema polmonare. L'acqua dolce ha un'azione di annegamento più veloce, in quanto induce rapida iponatriemia con arresto della funzione cardiaca<sup>73</sup>. Studi recenti hanno confermato anche un importante ruolo connesso alla liberazione di istamina nella genesi della morte per annegamento in acqua dolce: la ricerca<sup>74</sup>, condotta su cavie da esperimento annegate in acqua dolce ha dimostrato che, dopo preventiva somministrazione di antistaminico, era presente spiccata iperaeria polmonare con scarsa presenza di emorragie settali. L'istamina, infatti, sarebbe implicata nel marcato broncospasmo che contribuirebbe a determinare la dispnea in corso di annegamento<sup>75</sup>.

L'acqua salata, al contrario, richiama liquidi dal lume vasale polmonare allo spazio alveolare (l'inondazione alveolare può arrivare al 42% del liquido presente nel sistema circolatorio): ciò porta ad emoconcentrazione con innalzamento del cloro e del sodio ematici. Si ha una rapida inondazione dello spazio alveolare con edema polmonare diffuso.

Come sarà enunciato in seguito, ciò influenzerà notevolmente le caratteristiche istologiche del parenchima polmonare nei soggetti annegati in acqua dolce o salata. Sia nell'annegamento in liquido

ipertonico (cioè acqua salata) che in quello ipotonico (cioè acqua dolce) gli alveoli polmonari risulteranno notevolmente danneggiati e caratterizzati da cospicuo edema, che assumerà particolare intensità nel caso dell'annegamento in acqua salata<sup>76</sup>.

## FASI DELL'ANNEGAMENTO

Scolasticamente, l'annegamento viene distinto in fasi, che contraddistinguono il suo meccanismo asfittico e lo differenziano dalle altre forme di asfissia<sup>77</sup>:

1. *fase della sorpresa* (altresì detta *preasfittica* o *inspiratoria*): è caratterizzata dalla rapida inspirazione di aria nei polmoni che l'annegante compie nel tentativo di fuggire al meccanismo dell'annegamento. E' provocata da stimoli cutanei, sia termici che meccanici che agiscono a livello dell'epidermide a seguito del contatto della cute con il mezzo liquido;
2. *fase di resistenza*: è la fase che si ha nel momento in cui avviene la sommersione del corpo: essa consiste in un'apnea iniziale, che dura circa un minuto, dovuta ad un riflesso della mucosa delle prime vie aeree che viene a contatto col mezzo liquido e che induce laringospasmo. Si impedisce così l'iniziale sommersione liquida dell'albero bronchiale respiratorio;

3. *fase dispnoica* (anche indicata come *fase della dispnea espiratoria o convulsiva*): è la fase in cui il soggetto non è più in grado di mantenere l'apnea ed inizia, così, a compiere, sott'acqua atti respiratori involontari, attraverso i quali introduce grandi quantità di acqua nei polmoni e nel primo tratto dell'apparato digerente. Questa fase dura circa un minuto;
4. *fase apnoica*: è la fase, anch'essa della durata media di circa un minuto, durante la quale avviene la perdita di coscienza del soggetto e l'arresto definitivo della funzione respiratoria (*morte apparente*);
5. *fase terminale o del boccheggiamento*: il soggetto compie atti respiratori involontari e senza alcuna azione ventilatoria polmonare: in questa fase si ha l'arresto del battito cardiaco.

Altri Autori attribuiscono a queste fasi differenti nomi, pur tuttavia rimanendo inalterata l'evoluzione temporale del fenomeno asfittico. La durata della sindrome asfittica dell'annegamento è variabile in base al soggetto ed al mezzo liquido annegante. Nell' *annegamento in acqua dolce* la durata della sindrome asfittica è di circa 3 – 5 minuti: la massiva emodiluizione e l'iperpotassiemia sono responsabili di grave fibrillazione ventricolare che porta a morte in breve tempo.

Questo spiega la minore durata della sopravvivenza nei casi di annegamento in acqua dolce. Nell'*annegamento in acqua salata* si ha una maggiore sopravvivenza: non sopravviene, infatti, la fibrillazione ventricolare, si instaura un rapido indebolimento dell'attività cardiaca con asistolia irreversibile e morte in 6-7 minuti.

## DIAGNOSI DI ANNEGAMENTO

Come più volte ricordato, non esistono elementi patognomonicici che consentano di definire, con certezza, la morte per annegamento, che sovente viene riconosciuta per esclusione o sulla base di semplici elementi macroscopici o microscopici che, comunque, risultano del tutto aspecifici.

*In linea di massima, possiamo dire che esistono reperti macroscopici e microscopici suggestivi, ma non patognomonicici di morte per annegamento.*

## REPERTI AUTOPTICI NEL CADAVERE ANNEGATO

I reperti di interesse patologico forense che possono guidare verso il riconoscimento della morte per annegamento, si distinguono classicamente in reperti esterni ed interni.

## REPERTI ESTERNI

All'esame esterno possono rilevarsi segni generici indicativi della permanenza in acqua del cadavere. La *cute anserina* non è di particolare frequenza come rilievo e si evidenzia unicamente nei cadaveri privi di ogni fenomeno putrefattivo e per immersione in acque molto fredde. Anche la *lucentezza e la trasparenza corneali* sono difficilmente valutabili nel cadavere che permane in acqua, potendo essere frequentemente inficiati dalla posizione del cadavere, prona o supina.

Il *reperimento di materiali estranei* sul cadavere è di riscontro non infrequente: si tratta, per lo più, di alghe, piante acquatiche, sabbia o melma.



*Marzo 2007, annegato in acqua dolce:  
particolare delle mani, imbrattate di fango*

Tali materiali si depositano sulla cute, sugli abiti, tra i capelli e nel vestibolo buccale. Il loro ritrovamento sotto le unghie può essere indicativo del tentativo del soggetto di evitare l'annegamento e ciò può far escludere, in linea generale, l'evento suicidiario.

Un reperto esterno a cui viene dato grande rilievo nel caso di sospetti decessi per annegamento è il cosiddetto *fungo schiumoso* o *mucoso*. Trattasi di bava soffice, di colorito biancastro-rosato (emafeico), che si può repertare sulla rima buccale o in corrispondenza delle narici del cadavere rimosso dall'acqua. La schiuma è dovuta al conglomerarsi di piccole bolle d'aria, immerse in un substrato mucoso, secreto dalle ghiandole bronchiali, la cui elevata tensione superficiale gli conferisce tipico aspetto a fungo. In corso di annegamento, il fungo schiumoso si forma durante gli atti dispnoici per il miscelarsi dell'aria delle vie respiratorie con il liquido annegante.

Una volta formatasi, la schiuma viene sospinta all'esterno degli orifizi respiratori a seguito della pressione che viene esercitata sul diaframma dalle anse intestinali rigonfie dai gas: ciò spiega perché il fungo schiumoso si presenti un certo periodo di tempo dopo il decesso e divenga visibile una volta che il corpo sia stato rimosso dal mezzo liquido. La comparsa del fungo schiumoso può essere favorita dalle eventuali manovre rianimatorie o di mobilizzazione attuate sul cadavere<sup>78</sup>.

Si rammenti che il fungo schiumoso è tutt'altro che un reperto tipico ed esclusivo dell'annegamento, anche se ad esso si attribuisce grande importanza durante l'esame esterno di un soggetto che si sospetti deceduto per annegamento. Fungo schiumoso si può formare anche nei soggetti morti per arresto cardiaco acuto, negli elettrocuti, nei soggetti deceduti per avvelenamento.



*Agosto 2006: fungo schiumoso in soggetto  
annegato in piscina*

Al contrario, il fungo schiumoso può mancare nei cadaveri ripescati in acqua in avanzato stato di putrefazione. L'assenza del fungo schiumoso, quindi, non consente di escludere la diagnosi di annegamento, sia in relazione alla possibilità dell'annegamento atipico (o *dry-lung drowning*) sia in rapporto al fatto che si tratta di un segno incostante, che sovente viene

meccanicamente asportato dal movimento delle acque, durante le manovre per il recupero del corpo od i tentativi rianimatori. La presenza del fungo schiumoso, invece, in quanto fenomeno vitale, è indice che il soggetto era in vita al momento della sua penetrazione nell'ambiente acqueo<sup>79</sup>.

Nella casistica del nostro Settore, riferita agli annegati del decennio 1992 – 2002 sottoposti ad esame autoptico, la presenza di fungo schiumoso è stata riscontrata in 15 casi su 39, pari al 38,46% del totale. Il dato ottenuto è leggermente più alto rispetto a quello riportato da altri Autori<sup>80</sup>, che mettono in evidenza la presenza del fungo schiumoso in solo il 17,3% dei decessi per annegamento.

Altro reperto esterno aspecifico, talora riscontrabile nel cadavere annegato privo di fenomeni putrefattivi è la *cianosi*. Uno studio condotto negli anni Sessanta da Gerin<sup>81</sup> e collab. evidenziò come su 57 cadaveri in acqua (di cui 19 annegati in acqua salata e 38 in acqua dolce) in ben 27 soggetti dei 31 che non presentavano fenomeni putrefattivi si potevano riscontrare segni di cianosi. La lunga permanenza in acqua, infatti, rende spesso difficile distinguere la cianosi dall'ipostasi: già ad inizio Novecento, infatti, gli Autori francesi<sup>82</sup> erano soliti distinguere tra *noyés bleus* (*noyés asphyxiés*), considerati annegati e *noyés blancs* o *noyés inhibés*, considerati invece morti per cause diverse (idrocuazione, morte cardiaca). Trattasi, comunque, di una

classificazione del tutto arbitraria e non rispondente a reali differenze in merito alla causa del decesso.

Infine, da non trascurare come, sui cadaveri in acqua, possano riscontrarsi *ferite e contusioni varie*, dovute all'urto del corpo contro il fondale o su rocce eventualmente presenti nello specchio d'acqua o lungo l'alveo del fiume. Di rilievo anche i segni di discontinuazione che sul cadavere in acqua possono essere lasciati dalla macrofauna fluviale, lacustre o marina.

## REPERTI INTERNI

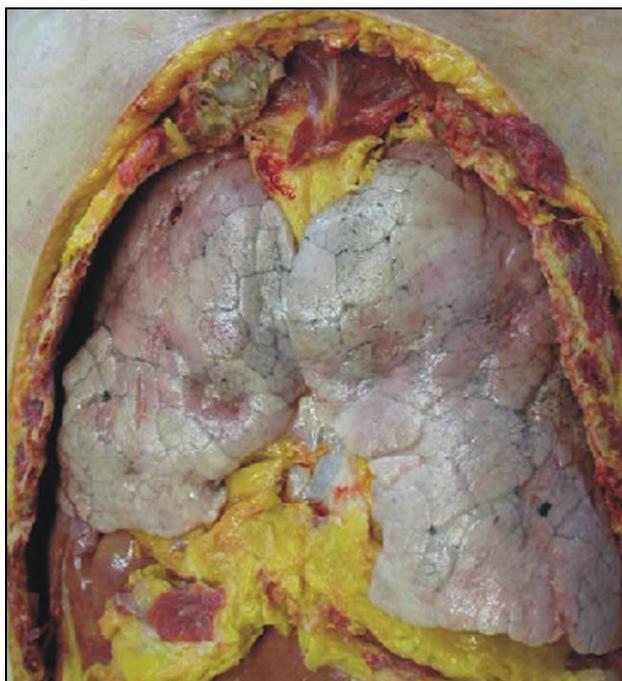
Al tavolo autoptico i segni di maggiore rilievo da ricercarsi per confermare o meno la diagnosi di annegamento sono quelli a carico dell'apparato respiratorio.

### Reperti Respiratori

Nelle vie respiratorie può repertarsi *schiuma frammista a particelle e corpi estranei* contenuti nel liquido annegante. Tale rilievo è utile allorché non si mostri, in fase di ricognizione necroscopica, il fungo schiumoso.

Il reperto settorio più peculiare nei casi di annegamento si rinviene a livello polmonare. Già noto agli Autori<sup>83</sup> del passato era la possibilità che, all'apertura della gabbia toracica, i margini anteriori dei polmoni venissero a ricoprire interamente l'aia cardiaca e, talora, si sovrapponevano tra loro (*overlapping*

polmonare). Scrive, infatti, il Valentini: “*pulmones in omnes dimensiones extenti thoracis fornicationem adimpleverant*”. Macroscopicamente i polmoni si mostrano pesanti<sup>84</sup> (in media del 25-30% in più<sup>85,d</sup>), di aspetto scuro<sup>86</sup>, spesso rigonfi tanto da essere pressati contro le coste e presentare impronte costali: talora se ne apprezza marcatamente il disegno lobulare (fenomeno detto dell’*iperaeria*). I margini anteriori dei polmoni sono medializzati, tanto che l’aia cardiaca appare in gran parte occultata dal parenchima polmonare.



(da Dirnhofer, Jackowski et al. *op. cit.*, 2006)

---

<sup>d</sup> In media i polmoni in corso di annegamento tipico pesano attorno ai 600 – 700 g, contro i 370 – 540 g tipici del vasto novero delle sindromi da annegamento atipico (da B. Knight: *op. cit.*, 1991).

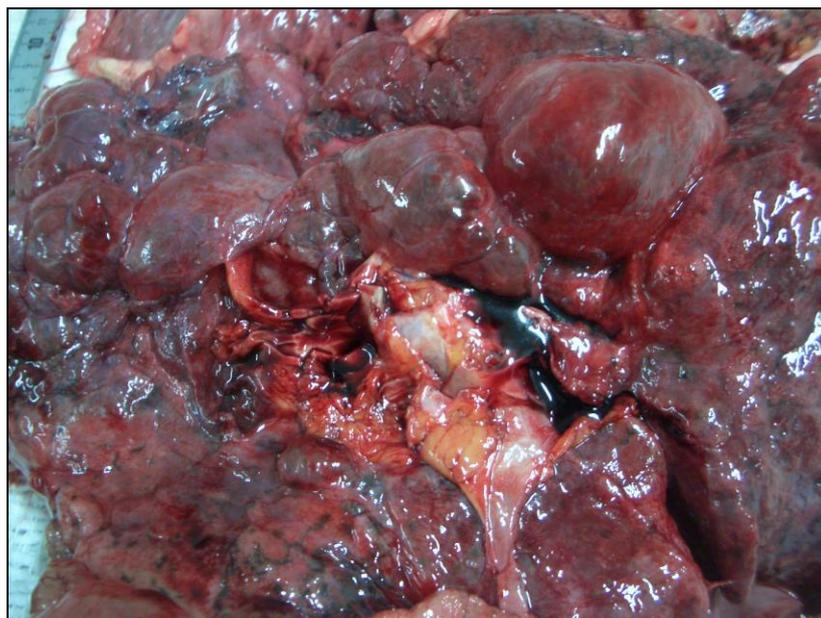
Sulla superficie polmonare, oltre alle *macchie di Tardieu*, invero non frequenti, possono essere riscontrate le *macchie di Paltauf*<sup>87</sup>: trattasi di ecchimosi sottopleuriche, visibili soprattutto in corrispondenza degli spazi interlobulari e lungo la faccia anteriore dei lobi inferiori, di dimensioni maggiori a quelle delle classiche macchie di Tardieu, ben definite, dovute alla lacerazione dei setti interalveolari periferici ad opera del liquido di annegamento.



*Luglio 2007: aspetto macroscopico dei polmoni  
di un annegato in acqua dolce*

Al tatto, alcune aree polmonari possono apparire cotonose, talora crepitanti, per il massivo intrappolamento di aria. La

manipolazione e la spremitura dei polmoni facilita la fuoriuscita di liquido e schiuma dalle vie aeree. La sezione mostra, sovente, un accentuato enfisema acuto che si localizza in alcune aree, mentre altre zone del polmone sono inondate di acqua (che alcuni Autori definiscono come *edema acquoso*<sup>88</sup> o, più propriamente, *enfisema acquoso* o *emphysema aquosum*). Il quadro anatomopatologico che ne consegue viene definito di *iperidroaeria* o di *iperaeria con iperidria* (Casper, 1862) o, impropriamente, *enfisema idroaereo*.



*Luglio 2007: aspetto macroscopico dei polmoni di annegato in acqua dolce. Presenza di macrobolle di enfisema.*

Tale quadro si sviluppa durante la fase dispnoica dell'annegamento, allorché grandi quantità di acqua sommergono

le vie respiratorie; l'aria presente in alcuni spazi alveolari viene dislocata e la pressione sui setti interalveolari diviene tale da produrre enfisema acuto. Al tavolo settorio, la componente iperidrica può talora mancare, allorché il liquido che ha inondato l'albero respiratorio venga in gran parte riassorbito. Macroscopicamente, allora, i polmoni appaiono espansi, soffici, asciutti al tatto e francamente crepitanti al taglio.

Tra gli altri reperti sono da ricordare la *presenza di schiuma rosea nelle vie respiratorie* e l'eventuale *reperimento di corpi estranei nel lume tracheobronchiale* (granelli di sabbia, residui fangosi, frammenti di alghe).



*Luglio 2007: Schiuma all'interno della trachea di cadavere annegato in acqua dolce.*

In particolare, il reperimento di materiale estraneo nella porzione distale delle vie respiratorie assume un ruolo importante

nella diagnosi di morte per annegamento: tale assunto vale solo quando il materiale repertato sia quantitativamente rilevante.

La *congestione della mucosa laringo-tracheale* è un fenomeno non costante che si giustifica per l'effetto irritativo prodotto dal liquido inspirato. Tale effetto irritativo è maggiore nel caso dell'acqua salata e minore in caso di acqua dolce.

Un reperto al quale viene attribuita una certa importanza ai fini della diagnosi di annegamento è l'eventuale repertamento di *liquido (trasudato) nei cavi pleurici*. Si tratta di un reperto aspecifico, correlabile a varie cause di morte che possono presentarsi con l'edema polmonare, che talora diviene intenso con l'avanzare dei fenomeni putrefattivi. La validità diagnostica di questo rilievo diviene cospicua soprattutto per l'annegamento in acqua salata e nel caso di cadaveri in buone condizioni di conservazione<sup>89</sup>: la putrefazione, infatti, può portare al riempimento dei cavi pleurici con liquido di putrefazione, di colorito scuro e maleodorante.

#### *Reperti Extra-Respiratori*

Non mancano, tuttavia, anche reperti macroscopici extra-respiratori che possono indirizzare verso l'ipotesi del decesso per annegamento. Dal punto di vista generale è stato riportato, in caso di annegamento, un aumento generalizzato del peso dei principali organi: oltre ai polmoni, i reni appaiono notevolmente

aumentati di peso (in media del 4,4%)<sup>90</sup>. Solo la milza sembra poter subire un calo ponderale (quantizzabile attorno allo 0,2 - 0,3%), a seguito della deplezione ematica conseguente alla splenocontrazione associata all'intenso sforzo fisico messo in atto per evitare l'annegamento<sup>91,92</sup>.

Un elemento che può indicare che il corpo mentre si trovava in acqua era ancora in vita è il *repertamento di liquido annegante nello stomaco e, soprattutto, nel primo tratto dell'intestino*. Difatti, la barriera pilorica, che viene precocemente serrata dalla rigidità cadaverica, costituisce ostacolo al passaggio di acqua nella porzione distale a tale valvola. Il repertare, quindi, liquido annegante nella porzione intestinale distale al piloro è indice di possibile morte per annegamento<sup>93</sup>. Il rinvenimento di liquido nello stomaco diviene utile ai fini della diagnosi di morte per annegamento solo allorché sia di rilevante quantità e si abbia la certezza che il soggetto sia rimasto in acqua per breve tempo.

In merito allo stomaco, occorre sottolineare, invece, il rilievo assunto da un recente studio<sup>94</sup> in merito alla *presenza di lesioni alla mucosa gastrica in corso di annegamento*. Analizzando i reperti istologici gastrici in 52 cadaveri deceduti per annegamento (41 maschi e 11 femmine) Blanco Pampin e collab. hanno evidenziato la presenza di lesioni gastriche ben apprezzabili in 11 soggetti, pari al 52% dei casi analizzati. Le lesioni, del tipo ulcerativo, a foggia di capocchia di spillo, con

margini infiltrati, si localizzano soprattutto in corrispondenza del corpo e, in maniera meno frequente, dell'antro gastrico.

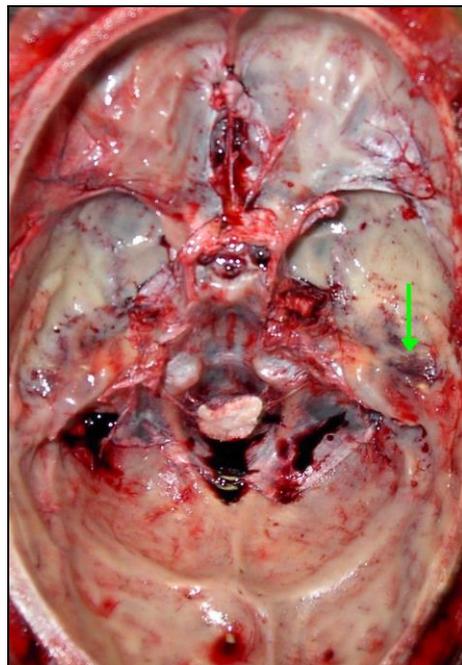


*Luglio 2007: Reperto di emorragie mucosali del corpo gastrico  
in annegato in acqua dolce.*

Tali lesioni, secondo lo studio, sarebbero riconducibili ai violenti conati di vomito che si possono avere in corso di annegamento. Anche se non di frequente repertamento, il riscontro di emorragia mucosale gastrica con presenza di numerose piccole aree ulcerative può essere utile ai fini della conferma dell'annegamento.

Una certa importanza sembra avere il *repertamento di liquido annegante nelle prime vie aeree e nell'orecchio medio*, nonché la *presenza di emorragie a livello dell'orecchio medio ed in corrispondenza delle cavità dell'osso temporale*: trattasi, quest'ultimo, di un reperto patologico noto sin dagli anni

Sessanta<sup>95</sup> ma assolutamente aspecifico, in quanto lo si rinviene anche in altre fattispecie di morte asfittica e non (sono state segnalate emorragie dell'orecchio medio anche in corso di overdose da oppioidi, narcotismi acuti ed infarto del miocardio<sup>96</sup>). Talora è riscontrabile infiltrazione emorragica in corrispondenza delle rocche petrose: lo ho personalmente osservato in numerosi cadaveri deceduti con meccanismo asfittico, allorché si abbia un notevole incremento della pressione toraco-addominale (decessi per schiacciamento del torace o dell'addome prodotti da morte nella folla o seppellimento).



*Agosto 2006: emorragie della rocca petrosa nel cadavere di un soggetto annegato in fiume.*

Il meccanismo fisiopatologico alla base della genesi delle emorragie dell'orecchio medio non è ben noto: è probabilmente riconducibile al barotrauma subito in corso di annegamento o all'azione irritativa dell'acqua sulle pareti della tuba di Eustachio<sup>97</sup>.

Infine, un accenno merita il riscontro di *emorragie muscolari*<sup>98</sup> a livello del collo, delle spalle, delle braccia e della parete toracica, la cui formazione è riconducibile sia allo sforzo muscolare talora attuato durante la fase di annegamento, sia all'urto del corpo contro vari ostacoli presenti nell'ambiente acquoso (rocce, tronchi di albero).

## REPERTI ISTOLOGICI

Senza dubbio i reperti istologici che assumono maggiore importanza ai fini della diagnosi di annegamento sono quelli riscontrati a carico dell'apparato respiratorio, in particolare a livello del parenchima polmonare.

Da molti anni si cerca di attribuire al reperto istologico un certo valore nel confermare la morte per annegamento.

Già negli anni Settanta, infatti, alcuni Autori<sup>99</sup> sottolineavano la confusione dominante in letteratura in merito ai segni dell'annegamento, mettendo in risalto, come spesso, la diagnosi di annegamento avvenisse «per esclusione», allorché altre ipotesi diagnostiche erano da scartarsi (morte cardiaca?, embolia?) o

quando si trovavano reperti aspecifici, dal fungo schiumoso alle diatomee.

In pratica, ai fini dell'ottenimento di buoni preparati polmonari è necessario effettuare almeno due prelievi per ogni lobo polmonare (uno in sede centrale ed uno in sede periferica), cercando di traumatizzare il meno possibile il parenchima polmonare. È necessario, inoltre, che venga eseguita con attenzione ed il più precocemente possibile la fissazione dei preparati, al fine di evitare artefatti che possano far erroneamente apparire aree di collabimento parenchimale (alcuni Autori<sup>100</sup> consigliano anche una fissazione “in situ” del parenchima polmonare prima dell'asportazione degli organi dalla cavità toracica, tramite iniezione bronchiale di formalina).

È apprezzabile, in corso di annegamento, il reperto di enfisema sia alveolare che interstiziale<sup>101</sup>: le zone iperareate si riscontrano soprattutto in sede sottopleurica e si caratterizzano per una netta dilatazione alveolare con assottigliamento delle pareti e frequente rottura dei setti interalveolari (caratteristiche di enfisema acuto). La presenza di microemorragie settali ed intralveolari è sovente indice di vitalità del fenomeno. All'interno dei setti alveolari si repertano, di frequente, siderociti (*istiociti siderofori*). In prossimità delle aree iperareate si rinvengono regioni dominate da edema e stravasamento emorragico: nei setti i capillari alveolari assumono un caratteristico andamento tortuoso.

Negli anni Sessanta Reh<sup>102</sup> aveva proposto, sulla base dei reperti sopra descritti, una prima classificazione istologica distinguendo quattro stadi inerenti le modificazioni del setto alveolare del polmone dell'annegato:

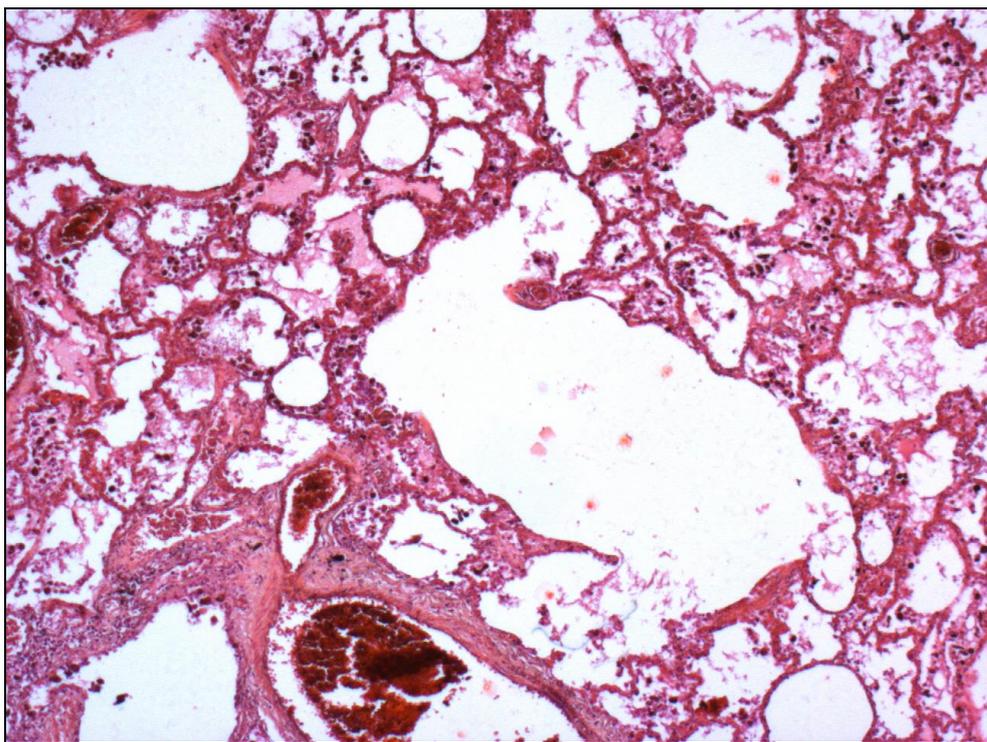
<i>Stadio 1</i>	<i>La parete alveolare, che normalmente ha uno spessore pari a 2-3 volte la larghezza del vaso, è ridotta al diametro del vaso.</i>
<i>Stadio 2</i>	<i>Le pareti alveolari divengono visibilmente assottigliate. Il lume dei capillari alveolari è ridotto ed, in sezione, appare di forma ovalare. Si osservano numerose rotture pericapillari ed intracapillari.</i>
<i>Stadio 3</i>	<i>La distensione dei setti alveolari è massima; i capillari settali appaiono filiformi e ad andamento tortuoso. Si osservano rotture intra-settali.</i>
<i>Stadio 4</i>	<i>La distensione della parete settale è massima e si accompagna a numerose rotture. La porzione basale dei setti appare notevolmente assottigliata.</i>

Una revisione critica di questa classificazione è stata attuata prima da Janssen<sup>103</sup> negli anni Ottanta, che riconobbe

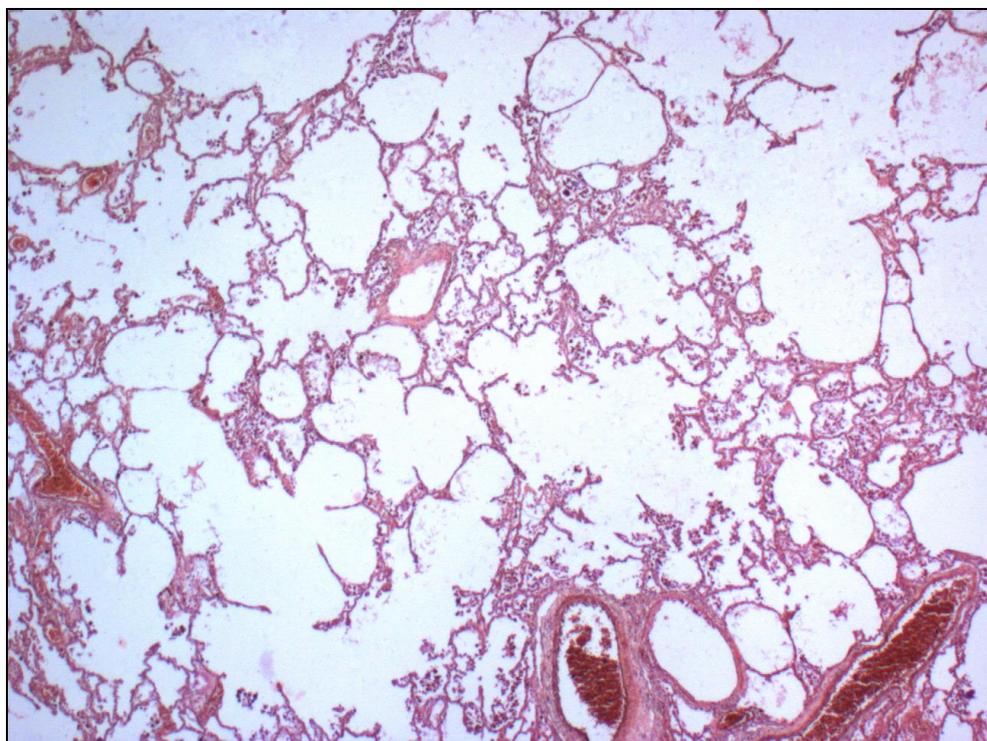
l'aspecificità del reperto istologico, il quale consentiva di parlare unicamente di “polmone da annegamento” (“*so-called drowned lung*”) ma non permetteva la certezza della diagnosi di annegamento; successivamente Fineschi, Dell’Erba e Di Paolo<sup>104</sup> negli anni Novanta, ampliarono le ricerche inerenti le modificazioni del setto alveolare in corso di annegamento. Questi Autori hanno prelevato campioni del parenchima polmonare di 90 soggetti deceduti per annegamento (45 in acqua dolce e 45 in acqua salata) e li hanno confrontati con altrettanti prelievi effettuati su polmoni di soggetti deceduti per cause traumatiche (incidenti stradali). In particolare sono state analizzate le modificazioni isto-morfometriche presenti a carico del setto interalveolare. Lo studio ha confermato l’esistenza e la *validità probatoria* delle modificazioni settali che si hanno negli annegati in acqua dolce rispetto a quelli in acqua salata: nel polmone dei soggetti annegati in acqua salata è stata osservata notevole stasi vascolare, essudazione mononucleata marcata, abbondante trasudazione edematosa accompagnata da enfisema multifocale. Nel polmone dei soggetti annegati in acqua dolce, al contrario, il quadro istologico polmonare è dominato da enfisema diffuso con numerose formazioni vescicolo-bollose, setti molto assottigliati e filiformi. L’esame morfometrico ha confermato, inoltre, il maggiore spessore del setto alveolare presente nei polmoni dei soggetti annegati in acqua salata rispetto a quello degli annegati

in acqua dolce, come già evidenziato anche in altre pubblicazioni<sup>105</sup>.

Nel 1984 Reiter<sup>106</sup> aveva prospettato il possibile ruolo diagnostico dell'effetto di wash-out che il liquido annegante può avere sulla concentrazione dei macrofagi alveolari nei polmoni degli annegati: infatti, lo studio da questi intrapreso aveva mostrato un decremento della concentrazione alveolare di questa popolazione cellulare, a seguito del "lavaggio" prodotto dall'aspirazione del liquido annegante.



*Luglio 2007: microfotografia (50x) del parenchima polmonare di annegato in acqua dolce. Aree di iperidria con concamerazioni enfisematose.*



*Luglio 2007: microfotografia (25x) del parenchima polmonare di annegato in acqua dolce. Particolare della rottura dei setti alveolari.*

Recentemente è stato intrapreso lo studio di marcatori istochimici che possono suggerire l'annegamento, ma le ricerche sono tutt'ora in corso e di non facile applicabilità pratica<sup>107,108</sup>.

Dal punto di vista istologico, modificazioni sono state registrate anche nel parenchima di altri organi: a livello dell'adenoipofisi sono stati segnalati casi di degranolazione delle cellule basofile del lobo anteriore da ipersecrezione<sup>109</sup>; iperfunzionalità delle cellule tiroidee<sup>110</sup>; alterazione vacuolare massiva del parenchima

epatico<sup>111</sup>. Le modificazioni parenchimali cerebrali sono osservabili solo in caso di prolungata anossia e si caratterizzano, istologicamente, per rigonfiamento cellulare ed alterazioni della sostanza di Nissl. TC cranio eseguite in vittime di annegamento hanno mostrato perdita di densità della sostanza cerebrale a carico dei gangli della base, in sede bilaterale, nonché a livello della porzione mediale del lobo temporale<sup>112</sup>. Istologicamente viene descritta<sup>113</sup> un'*ipercolorabilità della sostanza grigia cerebrale* nei preparati colorati in ematossilina – eosina tratti da encefali di soggetti deceduti per annegamento, proprio in virtù dell'ipereosinofilia presente.

#### INDAGINI DI LABORATORIO PER ACCERTARE L'ANNEGAMENTO.

Le indagini di laboratorio hanno cercato di confermare la diagnosi di annegamento vista la difficoltà sinora incontrata nell'attuare una conferma macroscopica ed istologica. Tali indagini si distinguono in:

- a. indagini volte a identificare segni di emodiluizione nel sangue refluo dai polmoni;

b. indagini volte ad identificare la presenza di materiale estraneo (diatomee, plancton, particelle minerali, batteri) in varie sedi organiche.

A tutt'oggi occorre ricordare come non esista il tanto auspicato “*test dell’annegamento*” e che, anche in questo caso, la diagnosi è di esclusione e si basa sulla presenza di più segni (macroscopici, microscopici, di laboratorio)<sup>114</sup>.

#### *Prove di emodiluzione e prove bio-umoral*

Molto vasta è la coorte di studi tesi a valutare la differente diluizione del sangue prelevato dai due ventricoli in caso di annegamento, in particolar modo di quello in acqua dolce.

Come già annunciato, infatti, in corso di annegamento tipico, in particolare di quello che avviene in un liquido isotonico come l’acqua dolce, il sangue del grande circolo viene diluito dal liquido annegante che penetra nello spazio alveolare. Sarà, in questo caso, possibile apprezzare una marcata differente emoconcentrazione del circolo sistemico (che risulterà più diluito) rispetto a quella del circolo polmonare (che risulterà meno diluito)<sup>115</sup>. Il tasso di emodiluzione è sovente molto rilevante: in tre minuti di sommersione in acqua dolce sono stati registrati tassi di emodiluzione del 72%<sup>116</sup>.

Allorché il decesso non avvenga per annegamento tipico, ma si sviluppi laringospasmo serrato, non si registrerà emodiluzione del sangue dell’emicircolo di sinistra che, al contrario, sarà più

concentrato in virtù dell'intenso edema polmonare che si è sviluppato<sup>117</sup>.

In sede autoptica, per verificare tale evenienza, è attuabile la classica *prova cartemometrica*<sup>118,119</sup>. Trattasi di un test empirico che si basa sul far cadere su un foglio di carta bibula, da una stessa altezza, con l'ausilio di una pipetta, gocce di sangue prelevate dal ventricolo destro e da quello sinistro del cuore e nel verificare la grandezza delle relative macchie di sangue. Qualora l'emodiluizione del circolo sistemico sia rilevante, la macchia prodotta dall'impatto della relativa goccia, avrà diametro più grande e colore rosso più chiaro rispetto a quella della macchia prodotta dal sangue prelevato dall'altro ventricolo. Nel caso di acqua di mare, cioè ipertonica, la risposta della prova cartemometrica risulterà invertita.

Più affidabile e meno empirica, la determinazione dell'emodiluizione ematica attraverso la valutazione dell'*osmolarità plasmatica*<sup>120</sup>, secondo la formula:

$$\text{Emodiluizione (\%)} = \frac{[\text{Osm. Ventr. Dx} - \text{Osm. Ventr. Sx}]}{\text{Osm. Ventr. Dx} \times 100}$$

Tale valore assume un certo significato diagnostico di complemento al dato anatomopatologico macro- e microscopico allorché l'emodiluizione sia rilevante ed il sangue venga

prelevato da cadaveri con ridotti fenomeni trasformativi postmortali.

Studi più recenti si sono soffermati anche sull'esame della possibile emodiluizione del sangue in corso di annegamento tramite *modificazione della conducibilità elettrica*, dell'*indice refrattometrico* e della *concentrazione dei cloruri nel sangue del circolo sistemico e di quello polmonare*<sup>121</sup>. Tale ultimo metodo si basa sul fatto che, a seguito dell'emodiluizione, le concentrazioni dei cloruri nel torrente circolatorio si modificano. In particolare, nel caso di annegamento in liquido ipertonico (come l'acqua marina) si registrerà una concentrazione di cloruri nel ventricolo sinistro maggiore che nel destro; il contrario avverrà per l'annegamento in acqua dolce.

Tra i parametri chimici che negli ultimi anni hanno assunto particolare importanza ai fini della diagnosi di annegamento, specialmente in acqua salata, si deve indicare il *contenuto ematico di stronzio (Sr)*<sup>122,123</sup>. A differenza di altri oligoelementi ampiamente contenuti nel corpo umano ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Mg}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ) lo stronzio è contenuto in scarse concentrazioni nel corpo e per il 99% è depositato nei tessuti connettivo ed osseo. La concentrazione ematica dello stronzio è molto bassa, oscillando

---

<sup>e</sup> La determinazione del cloro plasmatico ai fini della diagnosi di annegamento venne introdotta nel 1902 da *Gettler*. La prova si basa sull'assunto che nell'annegamento in acqua dolce la concentrazione di cloro nell'emicircolo sinistro si riduce rispetto al destro. Sullo stesso principio si basa la determinazione del magnesio plasmatico introdotta da *Moritz* nel 1944.

tra i 16 ed i 46  $\mu\text{g/l}$ , mentre nell'acqua di mare il suo contenuto è di circa 650 volte maggiore, potendo arrivare a 13.000  $\mu\text{g/l}$ .

Il dosaggio dello stronzio ematico viene effettuato tramite spettrofotometria ad assorbimento atomico (*metodo di Zeeman*): il valore critico diagnostico tra il sangue prelevato dall'emicircolo sinistro e quello destro è di 75  $\mu\text{g/l}$ . La valutazione dello stronzio ematico non consente solo di accertare l'annegamento (ed escludere, quindi, la possibile sommersione di cadavere), ma anche di distinguere se l'annegamento sia avvenuto in acqua dolce od in acqua salata<sup>124</sup>. Inoltre, è possibile correlare la concentrazione ematica di stronzio con la subitanità del decesso, visto che la diffusione di tale elemento tra l'acqua marina ed il plasma è particolarmente rapida<sup>125</sup>:

<i>Valori di Stronzio <math>\mu\text{g/l}</math></i>	<i>Ventricolo destro</i>	<i><math>\Delta</math> Ventricolo sx / dx</i>
<i>Morti istantanee</i>	<i>&lt;125 <math>\mu\text{g/l}</math></i>	<i>&lt;30 <math>\mu\text{g/l}</math></i>
<i>Morti rapide</i>	<i>125 – 172 <math>\mu\text{g/l}</math></i>	<i>&gt; 70 <math>\mu\text{g/l}</math></i>
<i>Morti tipiche</i>	<i>&gt; 172 <math>\mu\text{g/l}</math></i>	<i>&gt; 70 <math>\mu\text{g/l}</math></i>

L'incremento del tasso ematico di stronzio mostra anche una buona correlazione con altri parametri, quali l'incremento del peso dei polmoni che si registra in corso di annegamento in acqua salata<sup>126</sup>.

Alcuni studi<sup>127</sup> hanno sottolineato la buona confidenza di questo marcatore biochimico anche nella diagnosi di annegamento in

acqua dolce: nonostante lo stronzio sia meno presente nell'acqua dolce rispetto all'acqua marina, il 32% dei soggetti deceduti in acqua dolce hanno mostrato un'elevazione del tasso ematico di stronzio.

Anche la determinazione del *tasso ematico di ferro* ha assunto una certa importanza ai fini della diagnosi di annegamento in acqua dolce<sup>128</sup>. Il test, da effettuarsi allorché sono assenti fenomeni putrefattivi, sembra costituire un buon elemento della diagnosi di annegamento in acqua dolce: il sangue dei soggetti annegati, infatti, mostra un tasso di ferro superiore a quello riscontrabile nel sangue di soggetti deceduti per altra causa.

Allo studio sono metodiche atte a definire l'emodiluizione ematica da possibile annegamento mediante il *dosaggio del fluoro*, sostanza particolarmente abbondante in alcuni mari, nonché metodi basati sulla *concentrazione ematica di Peptide Natriuretico Atriale (ANP)* o sulle *modificazioni dei fosfolipidi del surfactante polmonare*.

#### *Ricerca di materiale estraneo nei polmoni ed in altre sedi organiche*

Dai primi del Novecento (Revenstorff, 1904<sup>129</sup>) si è compreso come la diagnosi di annegamento potesse essere desunta, almeno indirettamente, attraverso l'identificazione di materiale estraneo nello spazio alveolare, nel sistema circolatorio e negli organi

dallo stesso irrorati. Il materiale da identificarsi doveva essere un materiale non presente nel corpo umano ed abbondantemente contenuto nel liquido annegante: caratteristiche queste, proprie del *plancton*, cioè dell'insieme dei molti corpuscoli sospesi nelle acque, sia interne che marine, di derivazione sia animale (*zooplancton*), che vegetale (*fitoplancton*), che minerale (*geoplancton*). Tra la moltitudine di corpuscoli costituenti il *plancton* hanno assunto importanza rilevante le *Diatomee* (*Bacillariophyceae*), alghe unicellulari mononucleate, appartenenti alla classe delle *Diatomaceae*, aventi dimensioni comprese tra i 2 micron ed il millimetro, dotate di guscio siliceo (detto *frustolo*), che le protegge dalla distruzione da parte degli agenti chimico-fisici. È nota e scientificamente documentata<sup>130</sup> la capacità delle diatomee di attraversare la barriera alveolo-capillare.

Affinché il repertamento delle diatomee abbia utilità nella diagnosi di annegamento (*metodo limnologico* per la definizione della causa di morte) è necessario repertare le stesse nelle porzioni periferiche del parenchima polmonare ma, in modo particolare, negli organi irrorati dalla grande circolazione, quali encefalo, milza, fegato, reni e midollo osseo<sup>131</sup>: alcuni Autori hanno evidenziato anche l'importanza del repertamento delle diatomee in cavità corporee peculiari, quali i seni sfenoidali<sup>132</sup>. Il midollo osseo, in particolare, in quanto area anatomicamente di

difficile inquinamento ambientale, rappresenta la sede elettiva di ricerca delle diatomee: lo si può prelevare sia a livello sternale che femorale.

Altro elemento di rilievo nel repertamento delle diatomee è la loro quantità: affinché si possa considerare l'eventualità dell'annegamento, il quantitativo di diatomee repertate deve essere cospicuo<sup>133</sup> (*criterio quantitativo*) e la loro tipologia deve essere concorde con quella del liquido annegante prelevato nei pressi del cadavere (*criterio tassonomico o di concordanza qualitativa*)<sup>134</sup>. In riferimento alla quantità, si considera positiva la diagnosi di annegamento, allorché sono presenti oltre 20 diatomee per vetrino<sup>135</sup>. Occorre sottolineare, però, come diatomee siano state rinvenute anche nel parenchima polmonare ed in quello di altri organi di soggetti deceduti per cause diverse dall'annegamento<sup>136</sup>: ciò ha sollevato alcuni dubbi sull'utilità, quale test dell'annegamento, dell'identificazione delle diatomee. Ricerche canadesi<sup>137,138</sup> condotte alcuni anni fa hanno dimostrato come il test delle diatomee, se correttamente eseguito, ha una specificità pari a 0.85 ed una sensibilità di 0.26, assumendo valore predittivo positivo di 0.92 e negativo di 0.18: ciò comprova come il test sia di prezioso ausilio per confermare la diagnosi di annegamento, ma la sua negatività non può, tuttavia, escluderlo. La stragrande maggioranza delle diatomee, infatti, ha dimensioni molto ridotte, comprese tra i 10 ed i 40 micron, e ciò

richiede ingrandimenti microscopici abbastanza spinti (fino a 630x o 1000x) per consentirne l'identificazione. Inoltre, è necessario evitare l'inquinamento dei campioni di organo che vengono prelevati (plancton può ritrovarsi sulla cute del cadavere e distribuirsi agli organi durante le operazioni settorie) ed attuare un'adeguata processazione del campione<sup>f, 139</sup>.

Di recente uno studio italiano<sup>140</sup> ha dimostrato la buona compliance tra la diagnosi di annegamento e la presenza, nel sangue prelevato in sede ventricolare, di batteri del genere dei *coliformi fecali* o degli *streptococchi fecali*.

## **IL CADAVERE IN ACQUA NON ANNEGATO: STABILIRE LA CAUSA DEL DECESSO**

È statisticamente comprovato che un elevato numero di soggetti che decedono per annegamento presentano patologie cardio-vascolari o cerebrali che possono aver favorito il decesso medesimo. Uno studio greco<sup>141</sup> ha sottolineato come di 197 casi di cadaveri sommersi, in ben 168 casi la causa della morte è stata riconosciuta essere l'annegamento, ma in 82 soggetti (49%) vi

---

<sup>f</sup> I campioni di organi (reni, polmoni, fegato, cervello, midollo osso), delle dimensioni di circa cm 1x1x1, debbono essere digeriti in una soluzione concentrata di acido nitrico (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> + HNO<sub>3</sub>), a temperatura ambiente, per circa 1-2 giorni. Il materiale ottenuto, opportunamente centrifugato, deve essere disteso su un vetrino portaoggetti e visionato in contrasto di fase o a luce incidente.

erano significativi reperti istopatologici che deponevano per malattie cardiovascolari severe. L'analisi ha dimostrato la possibilità che, parte dei decessi che sovente vengono attribuiti ad annegamento, in particolare nella sua variante atipica o secca, siano invece riconducibili ad arresto cardiorespiratorio che, in soggetti già cardiopatici, può essere favorito dall'ipotermia dovuta alla bassa temperatura del liquido d'immersione, nonché allo sforzo fisico che il soggetto ha dovuto effettuare in acqua<sup>142</sup>. Il possibile ruolo cardiaco nella genesi di molti decessi in acqua è comprovato, anche, dal punto di vista molecolare. Una ricerca statunitense<sup>143,144</sup> di alcuni anni fa ha dimostrato come, in alcuni soggetti inizialmente considerati deceduti per annegamento, sia stata evidenziata una mutazione genica a carico del canale del calcio sensibile alla rianodina (*RyR2*), in grado di scatenare una tachicardia ventricolare su base catecolaminergica (*CPVT* – *catecholaminergic polymorphic ventricular tachycardia*). Un'altra ricerca canadese<sup>145</sup> ha mostrato l'alta incidenza di annegamenti in giovani di età inferiore ai 18 anni, sofferenti di miocardite; dei 22 soggetti annegati, ben 5 (pari al 23% del campione) presentava segni istologici ed immunoistochimici di miocardite che, in molti casi, non si era mai manifestata clinicamente in precedenza. Lo studio sottolinea, ancora una volta, l'importanza dello svolgimento di un esame autoptico completo (quando necessario supportato dallo screening genico

per le cardiopatie congenite), al fine di poter escludere ogni possibile causa cardiaca di morte, *soprattutto in soggetti giovani ed allorché testimoni riferiscano sulla subitaneità del decesso in acqua.*

Oltre alle morti per causa cardiaca, il cadavere in acqua può essere dovuto a morte naturale su base vascolare (rottura di aneurismi) o su base traumatica (urti della testa per cadute accidentali sulla riva di fiumi o laghi o quando già presente nel mezzo liquido; lesioni da motoeliche di imbarcazioni; folgorazioni o fulminazioni durante attività di pesca).

Si ricordi per l'ennesima volta come, l'annegamento sia una diagnosi di esclusione. Scrive Payne-James<sup>146</sup>: “.....*if an individual is found in water and other anatomical causes of death were excluded, the individual is presumed to have drowned*”.

## IDROCUZIONE O MORTE IN ACQUA

La morte per idrocuzione (talora definita “*idro-shock*”, “*morte in acqua*” o, in tedesco “*Tod im Wasser*”<sup>147</sup>) viene classicamente definita come il decesso che interviene per azione lesiva dell'acqua durante o subito dopo un'immersione totale o parziale, indipendentemente dalla penetrazione del mezzo liquido nelle vie respiratorie<sup>148</sup>. Il termine di idrocuzione venne coniato da

Lartigue<sup>149</sup> sulla scorta del termine elettrocuzione, al fine di sottolineare la repentinà del decesso.

Già in passato era stata segnalata la possibilità di morti improvvise in acqua, connesse a sincopi a stomaco pieno o ad insufficienze cardio-circolatorie acute in corso di balneazione.

Il Pellegrini<sup>150</sup> aveva proposto che nel determinismo di questi decessi giocassero un ruolo importante alcune sedi corporee quali le membrane timpaniche o i canali semicircolari. Lo stesso Autore sottolineò come nel decesso per idrocuzione un ruolo di primaria importanza avesse l'azione ipotermizzante del liquido, in grado di produrre un effetto spasmigeno vascolare periferico, con incremento dell'afflusso ematico ad alcuni organi centrali, ingorgo polmonare e riduzione dell'afflusso ematico encefalico con ipossia cerebrale. La genesi di questo meccanismo patologico era, senza dubbio, facilitata nelle persone cardio- e vasculopatiche, nei vagotonici e negli astenici.

Tralasciando le numerose teorie inerenti la genesi dell'idrocuzione<sup>g</sup>, moderni orientamenti sono stati proposti da

---

<sup>g</sup> Si rammenti la teoria del *Dominici*, che attribuiva la genesi della morte da idrocuzione all'effetto ipotermizzante dell'acqua; la teoria proposta da *Veroongen*, che sottolineava il ruolo di rilievo dell'anafilassi nella genesi dell'idrocuzione. Ancora la teoria di *Pigeard de Gubert*, che spiegava il decesso da idrocuzione come elemento connesso alla scossa anafilattica di origine digestiva dovuta alla rapida immissione in circolo di proteine alimentari ancora non sufficientemente degradate o la teoria proposta dal *Corelli*, che sottolineava il rapido passaggio, nell'idrocuzione, di istamina e sostanze istamino-simili nel torrente circolatorio.

Dell'Erba<sup>151</sup> che ha sottolineato il ruolo di rilievo dell'azione meccanica e termica del mezzo liquido sul corpo; in particolare, nel trattare dell'azione meccanica, l'Autore sottolineò come l'alterazione dell'equilibrio barico di un corpo in acqua causi modificazione dei riflessi pressori ortostatici nonché un possibile esaurimento cortico-surrenale acutissimo. Ancora, veniva sottolineato l'eventuale ruolo del mezzo liquido quale agente traumatizzante, a seguito di impatto sull'acqua, durante l'immersione, di aree corporee quali quella addominale o della testa. In merito all'azione termica, Dell'Erba ribadiva il ruolo classico del mezzo liquido quale agente ipotermizzante, in grado di innescare riflessi cutaneo-viscerali di natura simpatica (e quindi vasocostringenti) o di natura vasodilatante per liberazione di sostanze istaminiche. Naturalmente l'Autore concorda col fatto che tutti gli stati che possano favorire questo squilibrio (alterazioni del metabolismo glucidico, della funzionalità tiroidea, del sistema adrenergico) facilitano la comparsa del fenomeno dell'idrocuzione.

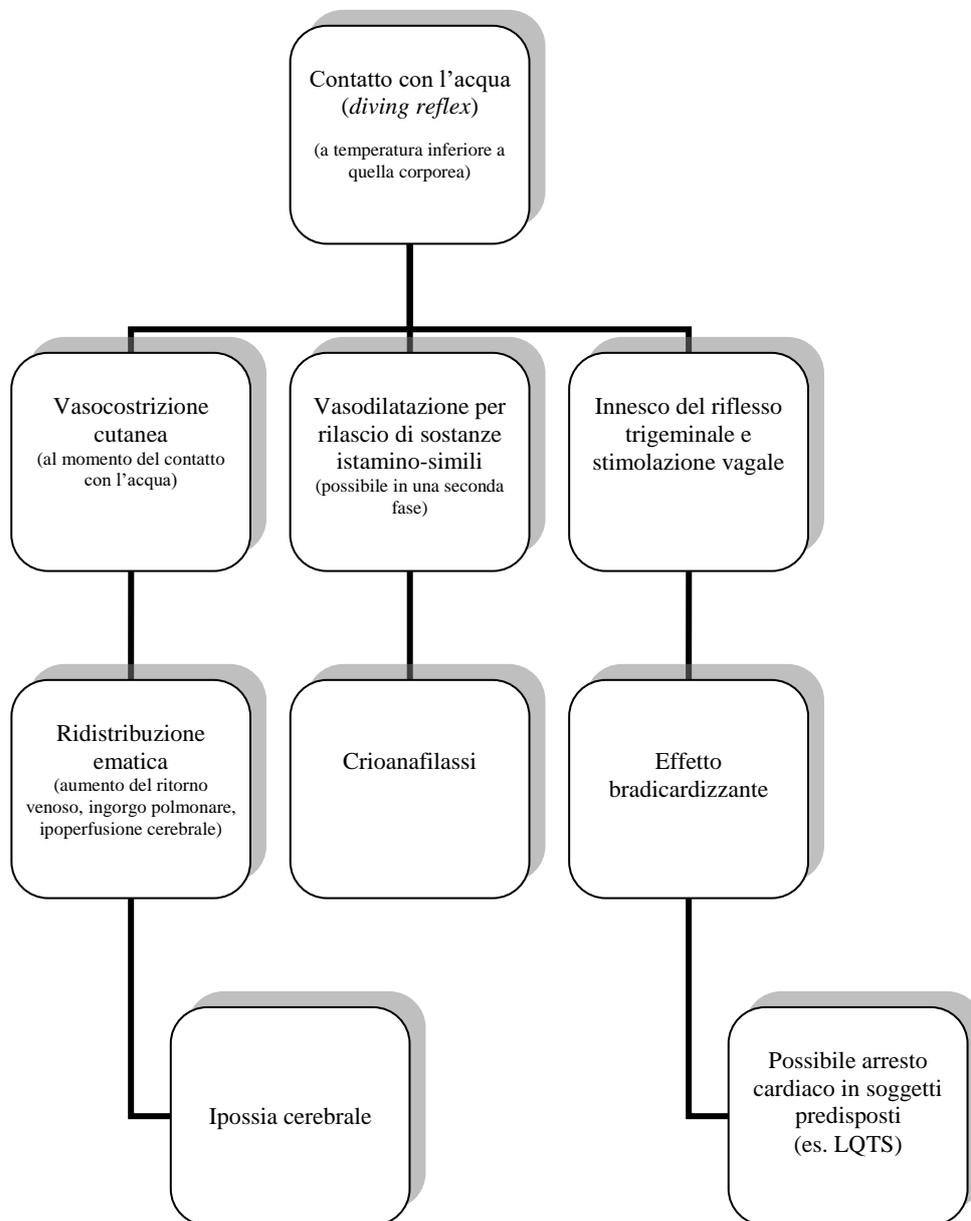
I meccanismi fisiopatologici che sembrano essere alla base dell'idrocuzione sono, ormai assodati e distinguibili in meccanismi di natura nervosa, circolatoria ed anafilattica<sup>152</sup>.

Il meccanismo riflesso nervoso è dovuto alla stimolazione vagale legata al contatto con l'acqua fredda (*cold shock response* o *vagal inhibition*) di regioni riflessogene del corpo (occhi, mucose

delle prime vie aeree, cute del volto e dei genitali); sull'azione di questo meccanismo un ruolo di rilievo, oltre alla temperatura dell'acqua, è assunto dalla differenza termica tra l'acqua e la superficie corporea. Tutte le aree riflessogene afferiscono al nucleo dorsale del vago, la cui attivazione è in grado di innescare aritmie ventricolari ad esito letale<sup>153</sup>. L'insorgenza delle aritmie può essere favorita da stati patologici del soggetto, quali l'allungamento dell'intervallo QT (LQTS)<sup>154</sup> od altre patologie cardiache predisponenti.

Si tenga presente che durante l'immersione di un corpo in acqua, vengono attivati alcuni riflessi atti a ridurre il consumo di ossigeno e la termodispersione corporea. A livello cardiovascolare vengono innescate delle modificazioni note come *riflesso di immersione* o *diving reflex* o *diving response*: la bradicardia e la vasocostrizione periferica modificano la distribuzione della massa ematica (centralizzazione della circolazione o *blood shift*). La temperatura dell'acqua, quasi sempre inferiore a quella del corpo, innesca la stimolazione delle terminazioni trigeminali in grado di provocare bradicardia, che è favorita anche dall'apnea che si produce nel momento in cui la testa viene sommersa<sup>155</sup>.

È così che questo riflesso ancestrale, nato come fattore protettivo al fine di ridurre la termodispersione cutanea, in soggetti predisposti può indurre bradicardia fino all'arresto cardiaco.



Il riflesso d'immersione diviene particolarmente evidente qualora il mezzo liquido abbia una temperatura inferiore ai 10-15 °C, e lo

sforzo fisico del soggetto produca massiva liberazione catecolaminica.

Nella genesi della morte in acqua potrebbe assumere una certa rilevanza anche la stimolazione labirintica che si ha al momento dell'impatto del corpo col mezzo liquido, in grado di innescare sintomatologia vertiginosa e, quindi, favorire l'annegamento.

Nel determinismo della morte in acqua, infine, non deve essere trascurata l'azione ipotermizzante del mezzo liquido; secondo Pounder<sup>156</sup> il limite termico per l'insorgenza di ipotermia di un soggetto in acqua è rappresentato da 35°C: tale temperatura si raggiunge dopo un'ora se la temperatura dell'acqua è di soli 5°C, dopo due ore se l'acqua è a 10°C e dopo tre - sei ore se il mezzo liquido ha temperatura di 15°C. Sotto i 34°C si ha perdita di coscienza e possibilità di aspirazione del liquido annegante. Sotto i 28°C si ha la comparsa di fibrillazione ventricolare, con morte per arresto cardiaco a 24-26°C.

Esulano dalle finalità del presente trattato, il vasto novero delle morti in acqua riferibili ad attività subacquea con autorespiratore e connesse alle problematiche del disbarismo e delle possibili embolie da rapida riemersione.

Naturalmente, il riconoscimento, quale causa mortis, dell'idrocuzione è reso oltremodo complesso, per la pressoché assoluta mancanza di reperti macroscopici, istologici o laboratoristici in grado di comprovarla. Mancheranno, quindi,

nella morte in acqua, i classici reperti patologici del decesso su base asfittica (petecchie in sede pluriorganica, modificazioni ponderali ed istologiche del parenchima polmonare, presenza di schiuma nelle vie respiratorie). Reperti aspecifici restano l'iperfluidità del sangue, con ipostasi abbondanti e di colorito rosso vivo, l'intensa congestione ematica poliviscerale. Tutto ciò non è, comunque, mai sufficiente a definire la morte in acqua: ecco perché *la diagnosi di idrocuzione è essenzialmente di esclusione, valutando e soppesando attentamente gli elementi circostanziali, i dati anamnestici inerenti il deceduto, i reperti anatomo-patologici, i dati laboratoristici e tossicologici.*

## CONCLUSIONI

LINEE GUIDA DI PATOLOGIA FORENSE PER LA  
TRATTAZIONE DEI CASI INERENTI I CADAVERI  
ESTRATTI DALLE ACQUE.

Da quanto sin qui esposto emerge come la complicatezza dell'analisi tanatocronologica e di riconoscimento della causa mortis nel cadavere estratto dalle acque richieda l'esecuzione di un protocollo comportamentale il più possibile completo da parte del medico legale: esecuzione attenta delle indagini di sopralluogo, svolgimento dell'esame settorio con effettuazione del campionamento istologico e tossicologico. Nei casi di più difficile soluzione si deve ricorrere anche all'esecuzione degli esami biochimici ed all'eventuale ricerca di corpi estranei (tipo plancton) nel parenchima polmonare, nelle vie respiratorie e in vari distretti organici<sup>157</sup>. Scrive Di Maio<sup>158</sup>: “...*At autopsy, there are no pathognomonic findings to indicate the diagnosis of drowning. The diagnosis is based on the circumstances of the death, plus a variety of nonspecific anatomical findings (...). A diagnosis of drowning cannot be made without a complete*

*autopsy, especially without a complete toxicological screen, because it is a diagnosis of exclusion....”.*

Le Raccomandazioni del Consiglio d'Europa relative all'armonizzazione delle regole in materia d'autopsia medico-legale<sup>159</sup> per la trattazione dei casi di annegamento, fanno specifico richiamo alle classiche evidenze (*fungo schiumoso alla bocca, cute anserina, segni di macerazione, presenza di alghe e fango, lesioni postmortalì da fauna acquatica o da strumenti lesivi presenti in acqua, perdita delle unghie e distribuzione delle ipostasi*). Viene inoltre sottolineata la necessità del prelievo del contenuto gastrico, l'attenta descrizione della morfologia polmonare ed epatica, la raccolta del liquido annegante.

Anche nella Proposta di procedure standard per l'autopsia medico-legale, a firma dei componenti del Gruppo Italiano di Patologia Forense (GIPF)<sup>160</sup>, si sottolinea la necessità di un approccio combinato alla diagnosi delle morti in acqua, che tenga in debita considerazione il dato storico-clinico ed anamnestico, i dati forniti dal sopralluogo giudiziario, quelli derivati dall'esame esterno e settorio del cadavere.

## CAUSA DI MORTE

La definizione della causa di morte dovrà essere valutata sulla base, soprattutto, dei dati emersi nel corso delle operazioni settorie, corroborati dai dati forniti dai familiari e conoscenti in

merito alle eventuali patologie di cui il soggetto soffriva (patologie cardiache, vascolari, epilessia<sup>161</sup>).

### Annegamento

Depongono per l'annegamento alcuni reperti autoptici; *tanto maggiore sarà il loro numero, tanto maggiore sarà la probabilità che il soggetto sia annegato.*

All'esame esterno:

1. Presenza del fungo schiumoso agli orifici buccale e nasale;
2. Presenza di petecchie in sede sottocongiuntivale bilaterale;
3. Cianosi diffusa;
4. Cute anserina, in caso di prolungata permanenza del cadavere in acque fredde (intorno agli 8 – 10°C);
5. Repertamento di materiale estraneo sotto le unghie o in corrispondenza del palmo delle mani (sabbia, fango, alghe): indice del tentativo di mantenersi a galla del soggetto;
6. Presenza di eventuali lesioni ecchimotiche o discontinuative alle ginocchia, ai gomiti, alle mani, dovute a possibile urto del corpo contro ostacoli fissi presenti in acqua.

All'esame settorio macroscopico:

1. Polmoni aumentati di volume, i cui margini anteriori coprano, in parte, l'aia cardiaca. Gli organi possono presentare alternanza di aree di colorito violaceo ed aree di colorito più chiaro. Si possono repertare vere e proprie bolle enfisematose sottopleuriche, talora delle dimensioni di alcuni centimetri;
2. Eventuale presenza di ecchimosi sottopleuriche (*macchie di Paltauf*);
3. Repertamento di cospicue quantità di liquido nelle vie respiratorie e digerenti (soprattutto in sede distale rispetto allo hiatus pilorico);
4. All'asportazione dei polmoni, è apprezzabile aumento del peso degli organi (10 – 30% in più in media [peso di g 600 – 700]) con, alla sezione ed alla spremitura, abbondante fuoriuscita di liquido;
5. Repertamento di schiuma emafeica e materiale incongruo (sabbia, alghe, materiale melmoso) nelle vie respiratorie;
6. Incremento generalizzato del peso dei principali organi splancnici (5 – 10% in più, in media), eccezion fatta per la milza (che può presentare splenocostrizione e, quindi, modesto calo ponderale);
7. Possibile repertamento di caratteri macroscopici aggiuntivi (emorragie temporali, lesioni mucosali gastriche, emorragie muscolari diffuse).

All'esame istologico:

1. Reperimento microscopico di aree di enfisema sia alveolare che interstiziale, soprattutto localizzate in sede sottopleurica. Tale aree si alternano a quelle dominate da edema imponente (iperidria alveolare);
2. Presenza di microemorragie settali ed intralveolari, con capillari settali filiformi e ad andamento tortuoso;
3. Reperimento di cospicua quantità di siderociti (istiociti siderofori) all'interno degli spazi alveolari.

Esami di laboratorio:

1. Reperimento di diatomee negli spazi alveolari e in campioni istologici prelevati dai principali organi (encefalo, fegato, milza), nonché nel midollo osseo (sede che meno risente della possibile contaminazione ambientale);
2. Determinazione del fenomeno dell'emodiluizione attraverso prelievo di sangue dalle camere cardiache e valutazione dell'osmolarità plasmatica (scarsa affidabilità della classica prova cartemometrica).

Come detto, la diagnosi di annegamento, tutt'ora rimane complessa e la sua riuscita è dovuta alla presenza di più

alterazioni macro- e microscopiche, nonché alla positività dei test di laboratorio. Ciascuno dei reperti sopra considerati, infatti, è aspecifico ed il suo repertamento è utile solo a confermare la diagnosi di annegamento, pur non rendendola mai certa. Giova ancora una volta ripetere come, la diagnosi di annegamento sia sempre basata sulla presenza di più dati: indagini di sopralluogo, risultanze macro- e microscopiche dell'esame autoptico, esami biochimici sul cadavere. *Il risultato patologico non è in grado, da solo, di portare alla certa diagnosi di annegamento*<sup>162</sup>.

Una particolare importanza viene assunta dal repertamento di più parametri macroscopici, che assommati possono essere indicativi di morte per annegamento: in particolare, *l'associazione di fungo schiumoso, liquido schiumoso nelle vie respiratorie e sovrapposizione del margine anteriore dei polmoni per iper-espansione polmonare (overlapping) si associa, in alcuni studi, ad una specificità diagnostica del 100%*<sup>163</sup>. Anche studi condotti su bambini annegati in ambiente domestico (vasche da bagno<sup>164</sup>, piccole piscine) hanno confermato la ridotta frequenza con la quale possono repertarsi caratteri anatomici (sia macro- che microscopici) tipici dell'annegamento: la presenza di essudato schiumoso nelle vie aeree è stato riscontrato solo nel 28% dei decessi; la presenza delle effusioni pleuriche nel 28% e l'incremento del peso dei polmoni nel 61% dei cadaveri.

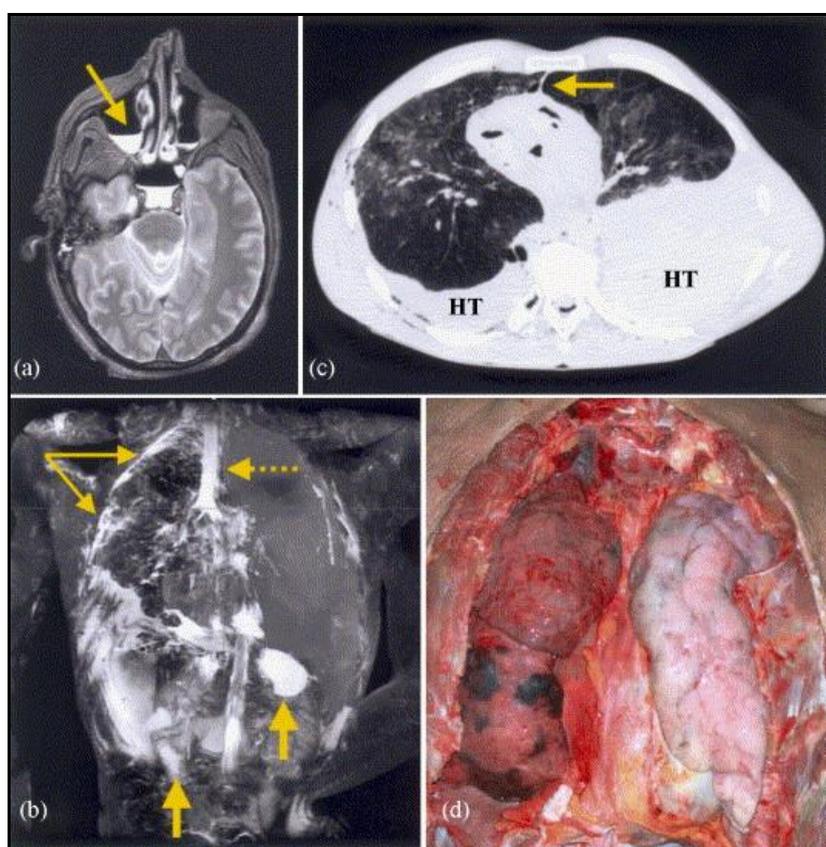
Una certa validità probatoria nell'ambito del dato istologico viene assunta dall'*associazione tra edema intralveolare e compressione dei capillari settali*<sup>165</sup>.

Ad elevata validità diagnostica rimane anche *l'associazione tra positività dei reperti patologici descritti e la ricerca delle diatomee nelle vie respiratorie e nello spazio alveolare*<sup>166,167</sup>.

Studi recenti<sup>168</sup> hanno proposto l'utilizzabilità, su larga scala, di metodiche strumentali, quali la TC, nell'identificazione dei segni tipici dell'annegamento, come la presenza di liquido schiumoso o sedimento nelle alte e basse vie respiratorie, nonché di aree di opacità tipo '*ground glass*' nel parenchima polmonare. L'applicazione della TC nella definizione della diagnosi di annegamento sembra costituire un ottimo approccio<sup>169</sup>: la tecnica, nella variante *multislice (MSCT – Multi Slice CT)* e *multidetector (MDCT – Multi Detector CT)*, consente di verificare la presenza di fluidi nelle vie respiratorie (difficilmente reperibili all'esame settorio), nonché mostrare altri reperti raramente ottenibili dall'esame settorio classico. In particolare, il rilievo del laringospasmo e del broncospasmo e la presenza di liquidi in sedi atipiche, quali i seni paranasali<sup>170</sup>.

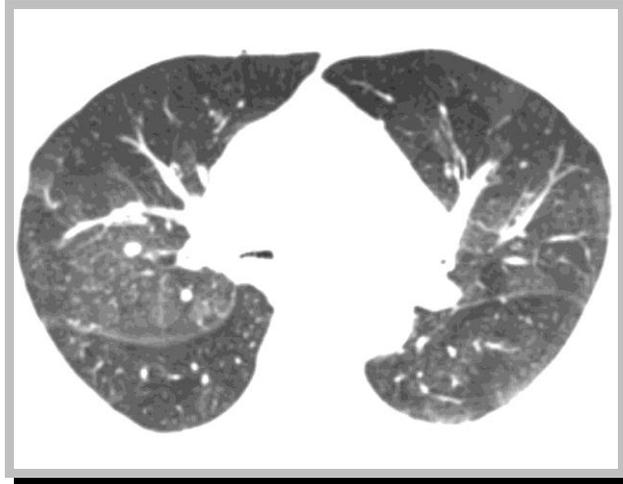
La *Virtopsy* o *Virtual Autopsy*, sembra rappresentare il mezzo che modificherà radicalmente, in futuro, il riconoscimento della causa mortis per i cadaveri estratti dalle acque<sup>171</sup>: le metodiche di indagine TC e RM utilizzate nella virtopsy, infatti, posseggono

un'alta specificità e sensibilità nell'identificare la presenza di liquidi e corpi estranei nelle vie respiratorie. Utilizzando queste metodiche strumentali, infatti, la percentuale di “annegamento secco” scende dal 15% al solo 7%<sup>172</sup>, proprio in virtù della maggiore facilità di reperimento di liquidi e schiuma nelle vie respiratorie e digerenti (si veda l'immagine sottostante).



a) RM-T2 del cranio con evidenza di liquido annegante nelle cavità paranasali; b) 3D - MRI del torace con evidenza di liquido annegante nelle vie respiratorie e digerenti (stomaco e duodeno); c) MSCT assiale del torace con evidenza di enfisema acquoso ed overlapping polmonare; d) reperto autoptico di overlapping polmonare e macchie di Paltauf in annegato.

(da Aghayev, Thali et al., 2005 <sup>173</sup>)



**TAC torace con evidenza di iperdensità polmonare da enfisema acquoso**  
*(si noti il contatto anteriore tra i margini polmonari [overlapping polmonare])*  
**(da Dirnhofer, Jackowski et al., 2006)**



**Ricostruzione 3D-VR (Virtual Reality) polmonare in caso di enfisema acquoso**  
**(da Dirnhofer, Jackowski et al., 2006)**

### Morte in acqua per altra causa (cardiaca, cerebrale)

La morte in acqua per altra causa (cardiaca, cerebrale) va sospettata:

1. In caso di mancanza dei reperti macroscopici e microscopici sopra ricordati. Si tenga presente che cianosi e petecchie sottoconguntivali, possono riscontrarsi anche nelle morti su base cardiaca, così come edema polmonare e/o microemorragie temporali;
2. In caso di soggetti in età avanzata, se sofferenti di patologie cardiache o, comunque, nel caso di individui, anche in giovane età, con anamnesi positiva per patologia cardiovascolare;
3. Nel caso in cui, durante le operazioni settorie, emergano dati macroscopici (rottura di aneurismi, aree infartuali cardiache macroscopicamente rilevanti, ferite mortali, etc.) e microscopici (aree infartuali miocardiche, aree ischemico-emorragiche a livello cerebrale) tali da spiegare diversamente la causa del decesso;
4. In questi casi i test laboratoristici possono essere utili per confermare, in negativo, l'emodiluzione da annegamento (il prelievo di sangue dalle due camere cardiache non metterà in evidenza una diversa emoconcentrazione).

### Morte da idrocuzione

La diagnosi di morte in acqua (*idrocuzione* propriamente detta), rimane la più difficile e deve sospettarsi *soltanto quando siano state scartate le ipotesi inerenti le precedenti cause mortis*.

1. In fase di sopralluogo, saranno suggestivi dell'idrocuzione informazioni riguardo all'acqua (particolarmente fredda) ed alle modalità dell'accadimento (decesso improvviso con assenza di fase di resistenza all'annegamento);
2. Al tavolo settorio indirizzeranno verso una possibile morte da idrocuzione l'assenza di liquido annegante nelle vie respiratorie e digerenti, nonché la presenza di polmoni con peso non aumentato e non iperespansi;
3. Gli esami di laboratorio metteranno in evidenza l'assenza di emodiluizione dopo prelievo di campioni di sangue dalle camere cardiache.

A conclusione di quanto detto, si veda la tabella sinottica riportata alla pagina seguente, nella quale vengono riportati i principali reperti necroscopici esterni, autoptici ed istologici utili a differenziare l'annegamento propriamente detto, dalla morte cardiaca e dal decesso da verosimile meccanismo di idrocuzione.

	<i>Annegamento</i>	<i>Morte per causa cardiaca</i>	<i>Morte per idrocuzione</i>
<b>Dati anamnestici</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incapacità di nuotare</li> <li>• Intenti suicidiari</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anamnesi pos. per patologia cardiaca</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Immersione in acque fredde</li> <li>• Immersione postprandiale</li> </ul>
<b>Reperti esterni</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibile fungo schiumoso</li> <li>• Cianosi diffusa</li> <li>• Petecchie sotto congiuntivali</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presenza di mantellina</li> <li>• Assenza del fungo schiumoso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rep. aspecifici (possibile cute anserina per immersione in acqua fredda)</li> </ul>
<b>Dati autoptici macroscopici</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Iperespansione polmonare</li> <li>• Aumento del peso dei polmoni</li> <li>• Presenza di schiuma nelle vie respiratorie</li> <li>• Presenza di versamento pleurico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento del peso dei polmoni, che sono scuri e congesti</li> <li>• Possibile schiuma nelle vie respiratorie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Assenza di iperespansione polmonare</li> <li>• Organi di peso regolare</li> <li>• Assenza di versamento pleurico</li> </ul>
<b>Dati istologici</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Edema con aree di iperaerìa</li> <li>• Ampliamento degli spazi alveolari</li> <li>• Assottigliamento dei setti alv.</li> <li>• Riduzione del n. dei macrofagi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Edema di tipo cardiogeno a disposizione uniforme</li> <li>• Possibile positività del reperto di aree infartuali miocardiche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aspecificità del reperto istologico polmonare (normale espansione alveolare, normalità dei setti)</li> </ul>
<b>Dati di laboratorio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Positività della ricerca delle diatomee</li> <li>• Positività delle prove di emodiluizione</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Negatività della ricerca delle diatomee</li> <li>• Negatività test emodiluiz.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Negatività delle prove di emodiluizione e della ricerca delle diatomee</li> </ul>

## MODALITA' DEL DECESSO: DIAGNOSI DI EVENTO

La discussione in merito ai mezzi che hanno condotto all'annegamento od alla morte in acqua deve essere effettuata sulla base dei dati circostanziali, in parte evidenziabili in fase di sopralluogo, nonché dei reperti autoptici, macroscopici, microscopici e laboratoristici.

### EVENTO ACCIDENTALE

L'annegamento accidentale nei bambini è collegato all'attività di pesca, o ad eventuali cadute in piscina o nella vasca da bagno, perché sfuggiti al controllo dei genitori.

Nell'adulto l'annegamento è connesso soprattutto all'uso di alcool<sup>174</sup> e sostanze stupefacenti, o si ha per inesperienza nel nuoto, per involontaria caduta in acqua o per malore durante una nuotata<sup>175</sup>.

La dimostrazione dell'accidentalità dell'evento emerge, quindi, pressoché esclusivamente dai dati circostanziali e storico-clinici del soggetto, nonché dalla concordanza delle testimonianze degli astanti. Il reperto di segni di resistenza all'annegamento riscontrabili in corso d'autopsia (imbrattamento di fango delle mani; ferite al palmo delle mani ed alle dita; rottura delle unghie) può corroborare questa ipotesi.

### EVENTO SUICIDIARIO

Può deporre per l'annegamento suicidiario il denudamento del corpo con la presenza di abiti disposti in prossimità della riva, in maniera ordinata; la presenza di scritti di saluto indirizzati ai familiari o ai conoscenti.

Qualora il cadavere non sia denudato, l'annegamento può definirsi suicidiario se si repertano, nelle tasche degli indumenti, pietre o altri oggetti pesanti. Anche la presenza di legature ai polsi o alle caviglie può deporre per un decesso suicidiario. Utile dal punto di vista diagnostico è la dinamica con la quale si è sviluppato l'annegamento: il gettarsi da ponti o da alture prossime allo specchio acqueo depone per un evento suicidiario. Il cadavere presenterà, in questi casi, sovrapposizione dei reperti macroscopici dell'annegamento con diffusa lesività di natura traumatica. Talora l'annegamento a scopo suicidiario, infatti, è preceduto dall'impiego di altri mezzi lesivi atti a raggiungere questo fine (tentativi di precipitazione, impiccamento, svenamento, avvelenamento).

### EVENTOOMICIDIARIO

Come già ricordato, l'evento omicidiario è oltremodo raro e necessita di una notevole disparità di forza fisica tra la vittima e

l'assalitore; talora si può registrare annegamento omicidiario in caso di vittime sotto l'effetto di alcool o sostanze stupefacenti o in caso di annegamento operato dalla madre nei confronti del bambino (es. infanticidio nella vasca da bagno o *bathtub homicide*, talora inquadrabile in una vera e propria *child abuse syndrome* o come evento terminale della *baby shaken syndrome*).

### SOMMERSIONE DI CADAVERE

La sommersione di cadavere si registra allorché, un individuo deceduto in ambiente aereo, viene gettato in acqua o a scopo di occultamento di cadavere o per deviare le indagini sulla reale causa di morte (se di natura omicidiaria). Il corpo, in questo caso, può essere interessato da una polimorfa lesività, dovuta al sovrapporsi di lesioni vitali, responsabili della morte e lesività postmortale, prodotta dall'urto del corpo contro ostacoli fissi presenti nell'ambiente acquoso dove il corpo è stato immerso. In questo caso starà all'abilità del medico legale distinguere tra le singole lesioni quelle prodotte in vita e quelle prodottesi dopo la morte. Lesioni antemortem possono essere dovute a tentativi di suicidio precedenti l'annegamento (tipo *ferite di prova*), a scontri con aggressori o ad eventi accidentali; lesioni postmortem, invece, sono dovute soprattutto ad urti del cadavere contro ostacoli presenti in acqua od all'azione della macro- e microfauna<sup>176</sup>.

**IL CADAVERE ESTRATTO DALLE ACQUE:  
CASISISTICA DEL SETTORATO SENESE NEL  
DECENNIO 1992 – 2002**

**EPIDEMIOLOGIA DEL FENOMENO ANNEGAMENTO**

L'incidenza mondiale dell'annegamento si aggira attorno al 5,6 ogni 100.000 persone<sup>177,178</sup>. Ogni anno in Gran Bretagna l'annegamento produce circa 1500 decessi, dei quali il 25% avviene in acqua di mare e la restante percentuale nelle acque interne. In Italia, invece, il tasso dei decessi da annegamento si aggira attorno ai 600 all'anno ed interessa, soprattutto, bambini e giovani uomini di età compresa tra i 20 ed i 29 anni. I 2/3 dei decessi sono accidentali; l'omicidio per annegamento è statisticamente raro<sup>179</sup>.

Dal punto di vista della stagione dell'anno, oltre i 2/3 degli annegamenti avvengono, in Gran Bretagna, nel periodo estivo; il 40% si sviluppa nei giorni di sabato e domenica<sup>180</sup>. L'incidenza fra i sessi è abbastanza omogenea, sebbene, come detto, gli uomini abbiano un rischio tre volte maggiore di annegare, vista la maggiore dedizione all'abuso di alcool ed all'uso di sostanze stupefacenti.

La morte in vasca da bagno (*bathtub death*) costituisce una particolare evenienza di decesso per annegamento, per lo più

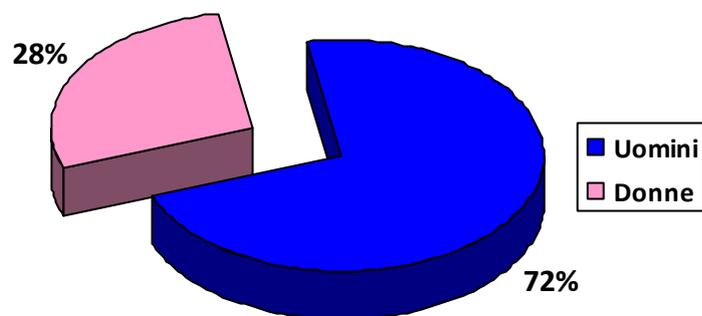
accidentale, relativamente poco frequente e che, sovente, interessa i bambini che sfuggono alla sorveglianza dei genitori<sup>181</sup>. La morte nella vasca da bagno come evenienza omicidiaria, seppur rara, si inquadra, sovente, come atto ultimo in casi di *child abuse*.

#### STATISTICA DEL SETTORATO SENESE (1992 - 2002)

I dati statistici ottenuti dal nostro Settore non si discostano molto da quelli di altri settori limitrofi<sup>182</sup> e da quelli sopra riportati ed esplicativi del fenomeno annegamento/morte in acqua a livello nazionale ed internazionale.

Ho analizzato i casi relativi ai cadaveri estratti dalle acque presentatisi al nostro Istituto nel decennio compreso tra il 1992 ed il 2002<sup>183</sup>: questi ammontano a 54, di cui 39 cadaveri (72,2% del totale) sono stati sottoposti ad esame autoptico e 15 (27,7% del totale) alla sola ricognizione necroscopica.

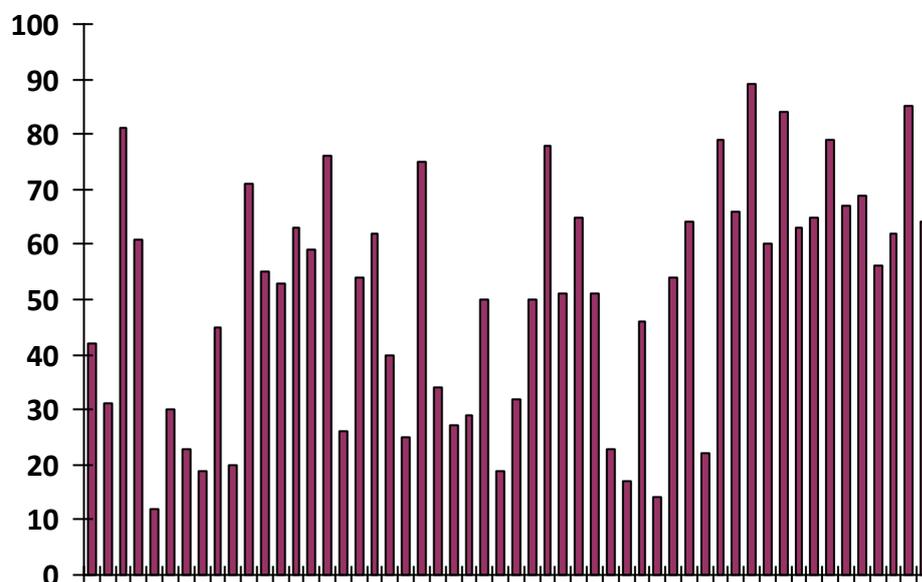
Del totale dei 54 casi riscontrati nel decennio preso in esame, 39 riguardano soggetti di sesso maschile (72,2%) e 15 individui di sesso femminile (27,7%).



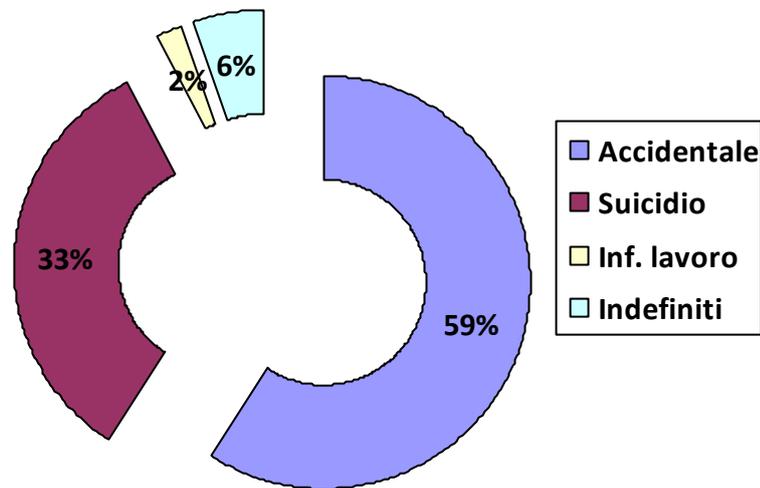
Per ciò che concerne la causa mortis, ben 58 soggetti sono stati considerati annegati (nelle varianti di annegamento tipico ed atipico) e soltanto uno è stato riconosciuto come decesso da morte naturale in acqua su base cardiaca.

La distribuzione per età dei decessi mostra una notevole eterogeneità del fenomeno, riscontrandosi sia soggetti giovani, sia individui anziani: il più giovane dei soggetti della nostra casistica ha 12 anni (*accidentale*), il più anziano 89 (*suicidio*).

Si evince una leggera prevalenza dell'annegamento, soprattutto di natura suicidiaria, in soggetti oltre i 50 anni: il fenomeno dell'innalzamento dell'età media dell'annegato è evidente soprattutto negli ultimi anni.



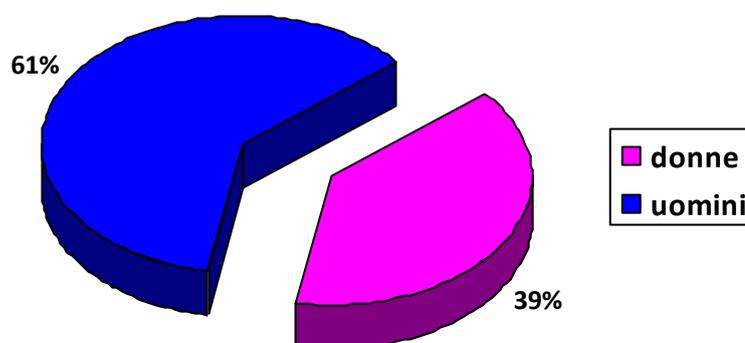
La morte in mezzo liquido è stata rubricata, da parte del medico legale, come *evento accidentale* in 32 casi su 54 (59,2%), *suicidiario* in 18 casi su 54 (33,3%), *infortunio sul lavoro* in un caso su 54 (1,85%). In tre casi (5,55%) non è stato possibile stabilire con certezza la causa di morte ed il mezzo, visto che trattavasi di cadaveri in avanzato stato di decomposizione e di identità sconosciuta, dei quali non si avevano sufficienti notizie anamnestiche. Degli eventi rubricati come accidentali uno è avvenuto sotto l'effetto di sostanze stupefacenti (*cannabis sativa*): trattavasi di un ragazzo di 19 anni deceduto per essere accidentalmente caduto nelle acque di un lago dopo una festa tra amici in cui era stato fatto uso di cannabis.



L'unico caso di cadavere estratto dalle acque, la cui morte è stata riconosciuta come accidentale ma riferibile ad un meccanismo naturale (*arresto cardiocircolatorio acuto*) è stato registrato in un uomo di 54 anni sentitosi male mentre nuotava in una vasca termale: era presente in anamnesi una condizione di sofferenza cardiaca di natura ischemica. All'esame settorio è emerso un quadro di sub-occlusione coronarica trivasale accompagnato dalla presenza di numerose aree ischemiche miocardiche pregresse.

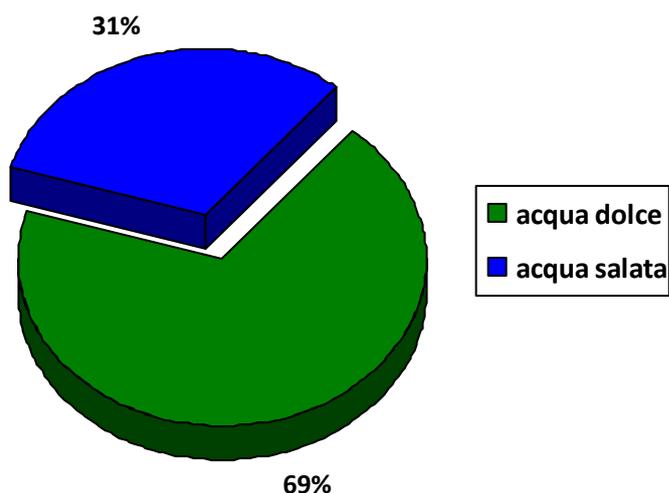
Non sono stati riscontrati omicidi attuati per annegamento nella nostra casistica, evenienza, tra l'altro, di raro riscontro anche in altri settori.

L'annegamento come mezzo suicidiario ha maggiore incidenza nei soggetti di sesso maschile: dei 18 casi rubricati come suicidi, 11 sono a carico di uomini (61,1%) e 7 di donne (41,17%).



Il dato inerente all'annegamento come mezzo suicidiario è praticamente sovrapponibile a quello già riportato nel nostro settoreato nell'ambito di uno studio<sup>184</sup> sulle morti dovute a suicidio nella provincia di Siena dal 1960 al 1995. Degli 86 decessi suicidari per annegamento analizzati nel periodo, 51 erano a carico degli uomini (59,3) e 35 delle donne (40,69). Lo stesso studio metteva in evidenza come, l'annegamento quale modalità suicidiaria, si attestasse percentualmente attorno al 10,5%: trattavasi del mezzo suicidiario più utilizzato dopo l'impiccamento, l'uso di armi da fuoco e la precipitazione per gli uomini e dopo la precipitazione e l'impiccamento per le donne. In quanto quello senese è un settoreato "dell'entroterra", con svolgimento di attività autoptica anche nelle province di Grosseto e Viterbo, la maggioranza dei casi analizzati sono riconducibili ad annegamento in acqua dolce; pur tuttavia, la quota di annegati

in acqua di mare non è indifferente: sul totale di 54 casi, 17 cadaveri (pari al 31,48%), tutti sottoposti tutti ad esame autoptico, sono deceduti per annegamento in acqua salata.



Per ciò che concerne la presenza di reperti patologici peculiari, la nostra attenzione si è focalizzata sul reperimento del *fungo schiumoso*, considerato uno degli indizi più probanti di morte per annegamento tipico. Nei cadaveri da noi sottoposti ad esame esterno ed autopsia il fungo schiumoso è stato repertato in 20 casi su 54, pari al 37,03% delle morti. Come già detto, il dato è più alto di quello usualmente riportato in Letteratura in riferimento a questo reperto patologico. Non è stato effettuato uno studio statistico sul reperimento degli altri dati macroscopici esterni (quali petecchie sottocongiuntivali) perché del tutto aspecifici e

riscontrabili in molti decessi avvenuti con meccanismo asfittico  
(impiccamento, strangolamento, schiacciamento del torace).

## BIBLIOGRAFIA

- 
- 1 Knight B. *Forensic Pathology*, Edward Arnold, Londra, 1991, pag. 360
  - 2 Capovilla M., Durigon M., de la Grandmaison G.L. An original cause of drowning in an industrial environment. *Am J Forensic Med Pathol*. 2007 Mar; 28(1): 91-3.
  - 3 Singh B. A case report of 'drowning' in a bitumen tank. *Med Sci Law*. 1982 Jan; 22(1): 51-2
  - 4 Cromer A. H. *Fisica*. Ed. Piccin, Padova, 1980, pgg. 140-154.
  - 5 Young H. D. *University Physics*. 7<sup>th</sup> Ed., Addison Wesley, 1992, Table 15-5.
  - 6 Umani Ronchi G., Bolino G., Traditi F. *Diagnosi di epoca della morte. Moderni orientamenti e limiti razionali*. Giuffrè Ed., Milano, 2002.
  - 7 Reh H., Haarhoff K., Vogt C.D. The estimation of the death of corpses recovered from water. *Z Rechtsmed*. 1977 May 27; 79(4): 261 – 266.
  - 8 Suzutani T., Ishibashi H., Takatori T. Studies on the estimation of the postmortem interval 7. Cadavers in the water and privy. *Hokkaido Igaku Zasshi*, 1978 Sep; 53(5): 277 -286.

- 
- 9 Knight B.: *op. cit.*, 1991, pag. 73.
  - 10 Henssge C., Knight B., Krompecher T., Madea B., Nokes L.  
*The Estimation of the Time Since Death in the Early Postmortem Period. 2<sup>nd</sup> Edition.* Arnold, London, 2002.
  - 11 Al-Alousi L.M. A study of the shape of the post-mortem cooling curve in 117 forensic cases. *Forensic Sci Int.* 2002 Feb; 125(2 - 3): 237 – 44.
  - 12 Marshall T., Hoare F. Estimating the time of death – the rectal cooling after death and its mathematical representation. *J Forensic Sci.* 7 (1962): 56 – 81.
  - 13 Kaliszan M., Hauser R., Kaliszan R., Wiczling P., Buczyński J., Penkowski M. Verification of the exponential model of body temperature decrease after death in pigs. *Exp Physiol* 2005. 90. 727 – 738.
  - 14 Henssge C., Brinkmann B., Püschel K. Determination of time of death by measuring the rectal temperature in corpses suspended in water. *Z. Rechtsmed.* 1984; 92: 255 – 76.
  - 15 Brown A., Marshall T.K. Body temperature as a means of estimating the time of death. *Forensic Sci.* 1974; 4: 125 – 33.
  - 16 Giusti G. *Trattato di Medicina Legale e Scienze Affini*, CEDAM, Padova, 1999.

- 
- 17 Karhunen P.J., Goebeler S., Winberg O., Tuominen M. Time of death of victims found in cold water environment. *Forensic Sci Int.* E-pub 2007 Oct 10.
- 18 Pounder D.J. *Postmortem Changes and time of death.* Dundee, UK, 1995.
- 19 Baccino E., Cattaneo C., Jouineau C., Poudoulec J., Martrille L. Cooling rates of the ear and brain in pig heads submerged in water: implications for postmortem interval estimation of cadavers found in still water. *Am J Forensic Med Pathol.* 2007 Mar; 28(1): 80 – 5.
- 20 Gordon I., Shapiro H.A., Berson S.D. *Forensic Medicine. A guide to principles.* Third Edition. Churchill Livingstone, 1988.
- 21 Henssge C., Knight B., Krompecher T. et al. *op cit.*, 2002.
- 22 Umani Ronchi G., Bolino G., Traditi Ft. *op cit.*, 2002.
- 23 Puccini C. *Istituzioni di Medicina Legale.* 6<sup>a</sup> Edizione. Casa Editrice Ambrosiana, Milano, 2003.
- 24 Canuto G., Tovo S. *Medicina Legale e delle Assicurazioni.* Dodicesima Edizione, PICCIN Editore, 1994.
- 25 Knight B. *op cit.*, 1991.
- 26 Umani Ronchi G., Bolino G., Traditi F. *op. cit.*, 2002.
- 27 Canuto G., Tovo S. *op. cit.*, 1994.
- 28 Carella A. L'incidenza della lunga permanenza di cadaveri di annegati in acque profonde e fredde sull'evolversi dei

- 
- processi della macerazione cutanea e della putrefazione.  
*Scritti in onore di Cesare Gerin*, Danesi, Roma, 1974.
- 29 Carella A. *Asfissologia forense*. Novissimo Digesto Italiano, UTET, Torino, 1958.
- 30 Weber W., Laufkötter R. Stages of postmortem formation of washerwoman's skin – results of systematic qualitative and quantitative experimental studies. *Z Rechtsmed.* 1984; 92(4): 277 – 90.
- 31 Umani Ronchi G., Bolino G., Traditi F. *op. cit.*, 2002.
- 32 Turletti M. Contributo allo studio della macerazione. In: *Med. Leg. Ass.*, 22, 31, 1974.
- 33 Adamo A., Dell'Erba A., Carrieri F., Santini M., Ambrosi L. La morte per annegamento. In: *Minerva Med Leg*, 86, 1, 1966.
- 34 Umani Ronchi G., Anaclerio M., Arcudi G. *Tanatocronologia, Attualità e Prospettive*. Ed. Colosseum, 1989.
- 35 Motta M., Tavani M. Studio istologico ed istochimico sulla macerazione cutanea sperimentale. In: *Atti XXVII Congresso della Società Italiana di Medicina Legale e delle Assicurazioni*, Chianciano, 1980.
- 36 Mant A.K. Adipocere – a review. *J Forensic Med*, 4, 18, 1957.

- 
- 37 Beeley J.A., Harwey W. Pink teeth appearing as a post-mortem phenomenon. *J Forensic Sci.* 1973, 13:297.
- 38 Kirkham W.R., Andrews E.E., Snow C.C., Grape P.M., Snyder L. Postmortem pink teeth. *J Forensic Sci.* 1977, 22:119.
- 39 Borrman H., Du Chesne A., Brinkmann B. Medico-legal aspects of post-mortem pink teeth. *Int J Legal Med.* 1994. 106:225
- 40 Campobasso C.P., Di Vella G., De Donno A., Santoro V., Favia G., Introna F. Pink teeth in a series of bodies recovered from a single shipwreck. *Am J Forensic Med Pathol.* 2006 Dec; 27(4): 313 – 6.
- 41 Giusti G. *op cit.*, 1991.
- 42 Puccini C. *op. cit.*, 2003.
- 43 Lawler W. Bodies recovered from water: a personal approach and consideration of difficulties. *J Clin Pathol* 1992; 45: 654 – 659.
- 44 Alley O.A. *Aquatic Decomposition in Chlorinated and Freshwater Enviroments.* Thesis and Dissertations - Anthropology, Dept. of Anthropology, University of Texas, San Marcos, May 2007.
- 45 Bray M. Chemical Estimation of fresh water immersion intervals. *Am J Forensic Med Pathol.* 1985, 6:133.

- 
- 46 Reh H., Mueller B. *Gerichtliche medizin*, Springer, Berlin, 1975.
- 47 Haefner J.N., Wallace J.R., Merritt R.W. Pig decomposition in lotic aquatic systems: the potential use of algal growth in establishing a postmortem submersion interval (PMSI). *J Forensic Sci.* 2004 Mar; 49(2): 330 – 6.
- 48 Casamatta D.A., Verb R.G. Algal colonization of submerged carcasses in a mid-order woodland stream. *J Forensic Sci.* 2000 Nov; 45(6): 1280 – 5.
- 49 Knight B.: *op. cit*, 1991, pgg. 361 - 62
- 50 Sukontason K.L., Narongchai P., Methanitikorn R. Forensically Important Fly Maggots in Floating Corpse: The first Case Report in Thailand. *J Med Assoc Thai.* 88, 10, 2005.
- 51 Haskell N.H., McShaffrey D.G., Hawley D.A., Williams R.E., Pless J.E. Use of aquatic insects in determining submersion interval. *J Forensic Sci.* 1989 May. 34(3): 622 – 32.
- 52 Payne J.A., King E.W. Insect succession and decomposition of pig carcasses in water. *Journal of the Georgia Entomological Society.* 1972. 7(3): 153 – 162.
- 53 Smith Kenneth G.V. *A Manual of Forensic Entomology.* British Museum (Natural History) an Cornell University Press, London, 1986.

- 
- 54 Singh M., Kulshrestha P., Satpathy D.K. Synchronous use of maggots and diatoms in decomposed bodies. *JIAFM*. 2004; 26(3): 121 – 124.
- 55 Pounder Derrick J. *Bodies from water*. Department of Forensic Medicine, University of Dundee, 1992.
- 56 Umani Ronchi G., Bolino G. *Asfissie meccaniche violente*. Collana di Medicina Legale, Criminologia e Deontologia Medica, Giuffrè Editore, Milano, 2006.
- 57 AA.VV. Will shooting a cannon cause a drowned body to rise to the surface? *Straight Dope Science Advisory Board*, April 2003.
- 58 Stafford B. *The sinking and rising of drowned bodies*. Unpublished thesis, 1988.
- 59 Knight B. *Simpson's Forensic Medicine*. 12<sup>th</sup> Edition, anno 2003.
- 60 Umani Ronchi G., Bolino G. *op cit.*, 2006.
- 61 Vidoni G. Sull'annegamento nel fiume Po con particolare riguardo alla fluitazione dei cadaveri. *Minerva Med Leg*. 1996. 86: 257.
- 62 Lunetta P., Penttilä A., Sajantila A. Circumstances and macropathologic findings in 1590 consecutive cases of bodies found in water. *Am J Forensic Med Pathol*. 2002. 23(4): 371 – 76.
- 63 Lunetta P., Penttilä A., Sajantila A. *op. cit.*, 2002.

- 
- 64 Model J.H. Drowning. *N England J Med*. 1993. 328: 253 – 256.
- 65 Di Maio D.J., Di Maio V.J.M. *Forensic Pathology*, Elsevier, New York, 1989.
- 66 Lunetta P., Modell J.H., Sajantila A. What is the incidence and significance of “dry-lungs” in bodies found in water? *Am J Forensic Med Pathol*. 2004 Dec; 25(4): 291 – 301.
- 67 Lawler W. *op. cit.*, 1992.
- 68 Giusti G. *op. cit.*, 1991.
- 69 Hofmann E., Ferrai C. *Trattato di Medicina Legale*, SEL, Milano, 1923, vol. II, pag. 91.
- 70 Model J.H., Davis J.H. Electrolyte changes in human drowning victims. *Anesthesiology*. 1969, 30: 414 – 20.
- 71 Pearn J. Pathophysiology of drowning. *Med J Aust*, 1985. 142(11): 586.
- 72 Swann H.G. Mechanism of circulatory failure in fresh and sea water drowning. *Circ. Res*. 1956. 4: 241.
- 73 Byard R.W., Cains G., Simpson E., Eitzen D., Tsokos M. Drowning, haemodilution, haemolysis and staining of the intima of the aortic root – preliminary observations. *J Clin Forensic Med*. 2006Apr; 13(3): 121 – 4.
- 74 Dell’Erba A., Santini M. Aspetti anatomo-istopatologici del polmone nell’annegamento in acqua dolce dopo trattamento istaminico ed antistaminica. *Zacchia*. 1961. 36: 490.

- 
- 75 Giusti G. *op cit.*, 1991.
- 76 Modell J.H. Current concepts: drowning. *N Engl J Med*, 199. 328 (4): 253.
- 77 Puccini C. *op cit.*, 2003.
- 78 Puccini C. *op cit.*, 2003
- 79 Giusti G. *op cit.*, 1991.
- 80 Lunetta P., Penttilä A., Sajantila A. *op. cit.*, 2002.
- 81 Gerin C., Carella A., Fucci P., Merli S., Angelini Rota M. I problemi medico-legali dell'annegamento. *Zacchia*. 1967. 6: 108.
- 82 Vibert C. *Précis de Médecine Légale*. Libraire J.-B. Baillière et Fils, Paris, 1911
- 83 Valentini M.B. *Corpus juris medico-legale*, Francofurti a. M., 1722.
- 84 Zhu L., Quan L., Li D.R., Taniguchi M., Kemikodai Y., Tsuda K., Fujita M.Q., Nishi K., Tsuji T., Maeda H. Postmortem lung weight in drownings: a comparison with acute asphyxiation and cardiac death. *Leg Med (Tokyo)*. 2003 Mar; 5(1): 20 – 6.
- 85 Hadley J.A., Fowler D.R. Organ weight effects of drowning and asphyxiation on the lungs, liver, brain, heart, kidneys and spleen. *Forensic Sci Int*. 2003 Nov 26; 137(2-3): 239-46.

- 
- 86 Kringsholm B., Filskov A., Kock K. Autopsied cases of drowning in Denmark 1987 – 1989. *Forensic Sci Int.* 1991 Dec; 52(1): 85 – 92.
- 87 Paltauf A. Über den Tod durch Ertrinken, *Berl. Klin. Wschr.* 1896. In: Prokop O., Göler W. *Forensische Medizin*, Gustav Fisher Verlag, Stuttgart, 1976.
- 88 Puccini C. *op. cit.*, 1991.
- 89 Yorulmaz C., Arican N., Afacan I., Dokgoz H., Asirdizer M. Pleural effusion in bodies recovered from water. *Forensic Sci Int.* 2003. 136:16.
- 90 Hadley J.A., Fowler D.R. *op cit.*
- 91 Giusti G. *op cit.*, 2003.
- 92 Haffner T.H., Graw M., Erdelkamp J. Spleen findings in drowning. *Forensic Sci Int.* 1994; 66: 95 – 104.
- 93 Zarone A. *Sulla possibilità di penetrazione post-mortale nel polmone del mezzo di sommersione.* In: Atti del XIV Congresso Nazionale S.I.M.L.A., Napoli, 2 – 5 ottobre 1957.
- 94 Blanco Pampin J., Garcia Rivero S.A., Tamayo Noemì M., Hinojal, Fonseca R. Gastric mucosa lesions in drownings: its usefulness in forensic pathology. *Legal Medicine.* 2005. 7: 89.
- 95 Mueller W.F. Pathology of temporal bone hemorrhage in drowning. *J Forensic Sci.* 1969. 14: 327.

- 
- 96 Giusti G. *op cit.*, 1991.
- 97 Pounder Derrick J. *op cit.*, 1992.
- 98 Carter N., Ali F., Green M.A. Problems in the interpretation of hemorrhage into neck musculature in cases of drowning. *Am J Forensic Med Pathol.* 1998. 19: 223.
- 99 Gordon I. The anatomical signs of drowning. *For. Sci.* 1972. 1: 389.
- 100 Hausmann R., Bock H., Biermann T., Betz P. Influence of lung fixation technique on the state of alveolar expansion – a histomorphometrical study. *Leg Med (Tokyo)*.2004 Mar; 6(1): 61 – 5.
- 101 Umani Ronchi G., Bolino G. *op. cit.*, 2006
- 102 Reh H. *Diagnostik des Ertrinkungstodes und Bestimmung der Wasserzeit.* Triltsch M., Düsseldorf, 1970.
- 103 Janssen W. *Forensic histopathology.* Springer, Berlin, 1984.
- 104 Fineschi V., Dell’Erba A., Di Paolo M. Sulle modificazioni del setto interalveolare nell’annegamento in acqua dolce e salata. *Zacchia.* 1995. 68; 493.
- 105 Cingolani M., Tombolini A., Fabiani F., Tagliabracci A., Rodriguez D. Risultati preliminari della applicazione della morfometria quantitativa nella diagnosi differenziale tra annegamento in acqua dolce e salata. *Riv. It. Med. Leg.* 1995; 17: 849.

- 
- 106 Reiter C. Zum nachweis des ertrinkungstodes mittles ins herzblut eigeschwemmter raucherzellen. *Z. Rechtsmed.* 1984; 93: 79 – 88.
- 107 Brikmann B., Hernandez M.A., Karger B., Ortman C. Pulmonary myelomonocyte subtypes in drowning and other causes of death. *Int. J. Legal Med.* 1997, 110: 295.
- 108 Zhu B.L., Ishida K., Quan L., Fujita M.Q., Maeda H. Immunohistochemistry of pulmonary surfactant apoprotein A in forensic autopsy: reassessment in relation to the cause of death. *Forensic Sci Int.* 2000. 113: 193.
- 109 Martin E. Les lesion du foie dans la mort par submersion. *Ann Méd Lég.* 1932; 12: 372.
- 110 Multedo A.M. Le modificazioni della tiroide nell' annegamento rapido. *Med. Leg. Ass.* 1958; 6: 247.
- 111 Giusti G. *op cit.*, 1991.
- 112 Murray R.R., Kapila A., Blanco E., Kagan-Hallet K.S. Cerebral computed tomography in drowning victims. *AJNR Am J Neuroradiol.* 1984 Mar – Apr; 5(2): 177 – 9.
- 113 Wetli V.C., Mittleman R.E., Rao V.J. *Practical Forensic Pathology.* Igaku – Shoin Medical Pub, 1<sup>st</sup> Edition, Tokio, 1988.
- 114 Pierucci G., Alonzo M., Chen Y. Il protocollo d'indagine nelle asfissie meccaniche violente. In: Atti del IV Convegno Nazionale del Gruppo Italiano di Patologia Forense,

- 
- Castelgandolfo (RM), 15 – 17 Novembre 2001, *Zacchia*.  
2001. 74 (suppl.): 3.
- 115 Santini M., Dell’Erba A. Gli accertamenti complementari ed il valore diagnostico. In: Adamo M., Ambrosi L., Dell’Erba A., Carriero F., Santini M. La morte per annegamento. *Atti XVIII Congresso Nazionale S.I.M.L.A.*, Milano, 17 – 20 Ottobre 1963.
- 116 Pounder Derrick J. *op cit.*, 1992.
- 117 Umani Ronchi G., Bolino G. *op. cit.*, 2006.
- 118 Canuto G. Il sangue dei due ventricoli del cuore nella diagnosi di annegamento. Sul cosiddetto «metodo cartemometrico» per la diagnosi di annegamento. In: Atti IV Congresso Associazione Italiana di Medicina Legale, Bologna, 2 – 4 giugno 1930, Fratelli Bocca Ed., Torino.
- 119 De Dominicis A. Sulla docimasia e cartemometria dell’annegamento. *Gazzetta Medica Lombarda*. 1920. 39(13): 103.
- 120 Jeanmonod R., Staub C., Mermillod B. The reliability of cardiac haemodilution as a diagnostic test of drowning. *Forensic Sci Int*. 1992. 52: 171.
- 121 Gettler A.O. A method for the determination of death by drowning. *JAMA*. 1921. 77: 1650.
- 122 Umani Ronchi G., Bolino G. *op. cit.*, 2006.

- 
- 123 Piette M., Timperman J., Parisis N. Serum strontium estimation as a medico-legal diagnostic indicator of drowning. *Med Sci Law*. 1989. 29: 162.
- 124 Abdallah A.M., Hassan S.A., Kabil M.A., Ghanim A.E. Serum strontium as a diagnostic criterion of the type of drowning water. *Forensic Sci Int*. 1985. 28: 47.
- 125 Azparren J.E., Ortega A., Bueno H., Andreu M. Blood strontium concentration related to the length of the agonal period in seawater drowning cases. *Forensic Sci Int*. 2000. 108: 51.
- 126 Azparren J.E., Cubero C., Perucha E., Martinez P., Vallejo G. Comparison between lung weight and blood strontium in bodies found in seawater. *Forensic Sci Int*. 2007 May 24. 168 (2-3), 128 – 132.
- 127 Azparren J.E., Fernandez-Rodriguez A., Vallejo G. Diagnosing death by drowning in fresh water using blood strontium as an indicator. *Forensic Sci Int*. 2003 Oct; 137(1): 55 – 59.
- 128 de la Grandmaison G.L., Leterreux M., Lasseguette K., Alvarez J.C., de Mazancourt P., Durigon M. Study of the diagnostic value of iron in fresh water drowning. *Forensic Sci Int*. 2006 Mar 10; 157(2 - 3): 117 – 20.
- 129 Revenstorf V. Der nachweis der aspirierten ertrankungsflüssigkeit als kriterium des todes durch ertrinken.

---

*Vierteljahresschs Gerichtl Med Off Sanitaetswes.* 1904; 28:  
274 – 279.

- 130 Lunetta P., Penttila A., Hallfors G. Scanning and transmission electron microscopical evidence of the capacity of diatoms to penetrate the alveolar-capillary barrier in drowning. *Int J Legal Med.* 1998. 111: 229.
- 131 Auer A., Möttönen M. Diatoms and drowning. *Z Rechtsmed.* 1988; 101(2): 87 – 98.
- 132 Malakiene D., Gogelis L. The identification of diatoms in the fluid from os clinoideus cavity in drowning cases. *Forensic Sci Int.* 2007 June 15. 169(1), S13.
- 133 AA.VV. *Criteria of Pollanen et al for the Diatom Test in Drowning.* Institute for Algorithmic Medicine, Houston, TX, USA, 2006 – 2007.
- 134 Umani Ronchi G., Bolino G. *op. cit.*, 2006.
- 135 Hürlimann J., Feer P., Elber F., Niederberger K., Dirnhofer R., Wyler D. Diatom detection in the diagnosis of death by drowning. *Int J Legal Med.* 2000. 114: 6.
- 136 Porawsky R. Investigations on the occurrence of diatoms in organs in death from various causes. *J Forensic Med.* 1966. 13: 134.
- 137 Pollanen M.S., Cheung C., Chaisson D.A. The diagnostic value of the diatom test for drowning. I – Utility: a

- 
- retrospective analysis of 771 cases of drowning in Ontario, Canada. *J Forensic Sci*, 1997. 42:281.
- 138 Pollanen M.S. The diagnostic value of the diatom test for drowning. II – Validity: analysis of diatoms in bone marrow and drowning medium. *J Forensic Sci*. 1997. 42: 286.
- 139 Hürlimann J., Feer P., Elber F., Niederberger K., Dirnhofer R., Wyler D. Diatom detection in the diagnosis of death by drowning. *Int J Legal Med*. 2000. 114:6.
- 140 Lucci A., Cirnelli A. A microbiological test for the diagnosis of death by drowning. *Forensic Sci Int*. May 2007. 168(1): 34 – 36.
- 141 Papadodima S.A., Sakelliadis E.I., Kotretsos P.S., Athanaselis S.A., Spiliopoulou C.A. Cardiovascular disease and drowning: autopsy and laboratory findings. *Hellenic J Cardiol*. 2007 Jul – Aug; 48(4): 198 – 205.
- 142 Knight B. *op cit.*, 1991.
- 143 Tester D.J., Kopplin L.J., Creighton W., Burke A.P., Ackerman M.J. Pathogenesis of unexplained drowning: new insights from a molecular autopsy. *Mayo Clin Pro*. 2005 May; 80(5): 596 – 600.
- 144 AA.VV. *Postmortem genetic testing (molecular autopsy) for sudden unexplained death (SUD), unexplained drowning and sudden infant death syndrome (SIDS)*. Windland Smith

---

Rice Sudden Death Genomics Laboratory. Mayo Clinic, 2007.

- 145 Somers Gino R., Smith Charles R., Wilson Gregory J., Zielenska M., Tellier R., Taylor Glenn P. Association of Drowning and Myocarditis in a Pediatric Population: An Autopsy-Based Study. *Archives of Pathology and Laboratory Medicine*. 2005. 129; 2; 205 – 209.
- 146 Payne-James J., Busuttill A., Smock W. *Forensic Medicine: Clinical and Pathological Aspects*. First Publication, Greenwich Medical Media, 2003.
- 147 Hofbauer V. *Vergleichende histomorphometrische Studie an Ertrinkungslungen*. Thesis and Dissertation. Institut für Rechtsmedizin, Universität München, December 2004.
- 148 Pozzato R., Zoja R. La morte da «idrocuizione»: riflessioni medico-legali. In: *Arch Med Leg Ass*. 1997. 19: 163 – 172.
- 149 Lartigue M.G. L'hydrocution chez le sportif en surface et en plongee sous-marine. *Ann Med Navale e Tropicale*. 1954. 59: 349.
- 150 Pellegrini R. *Trattato di Medicina Legale e delle Assicurazioni*, CEDAM, Padova, 1959.
- 151 Dell'Erba A., Santini M. *op cit.*, 1961.
- 152 Crema C. Influenza delle variazioni termiche nello stimolo sui riflessi naso-faringei-laringei (con speciale riguardo alle

- 
- morti in acqua). In: Atti IV Congresso Associazione Italiana di Medicina Legale, Bologna, 2 – 4 giugno 1930.
- 153 Keatinge W.R., Hayward M.G. Sudden death in cold water and ventricular arrhythmia. *J Forensic Sci.* 1981. 26:459.
- 154 Lunetta P., Levo A., Laitinen P.J., Fodstad H., Kontula K., Sajantila A. Molecular screening of selected long QT syndrome (LQTS) mutations in 165 consecutive bodies found in water. *Int J Legal Med.* 2003. 117: 115.
- 155 Umani Ronchi G., Bolino G. *op cit.*, 2006.
- 156 Pounder D.J. Drowning. In: Payne-James J., Byard R.W., Corey T.S., Henderson C. *Encyclopedia of forensic and legal medicine.* Elsevier, Oxford, 2005, vol. I., pag. 228.
- 157 Esiyok B., Balci Y., Ozbay M. Bodies recovered from wells, sewerage systems and pits: what is the cause of death? *Ann Acad Med Singapore.* 2006 Aug; 35(8): 547 – 51.
- 158 Di Maio D.J., Di Maio V.J.M, *op cit.*, 1989.
- 159 Fineschi V. Traduzione e Commento alla Raccomandazione n. R(99)3 del Consiglio d'Europa relativa all'armonizzazione delle regole in materia d'autopsia medico-legale, *Riv It Med Leg*, 1999, 4-5, 1235.
- 160 Colonna M., Bacci M., Gaudio R., Pierucci G., Zoia R. Proposta di procedure standard per l'autopsia medico-legale. GIPF (Gruppo Italiano Patologia Forense). In: Atti del Congresso del GIPF, Tirrenia, Novembre 2004.

- 
- 161 Ryan C.A., Dowling G. Drowning deaths in people with epilepsy. *CMAJ*. 1993 March 1; 148 (5): 781 – 784.
- 162 Lorin de la Grandmaison G., Paraire F. Place of pathology in the forensic diagnosis of drowning. *Ann Pathol*. 2003 Oct; 23(5): 400-7.
- 163 Lunetta P., Penttilä A., Sajantila A. *op. cit.*, 2002.
- 164 Somers G.R., Chiasson D.A., Smith C.R. Pediatric drowning: a 20-year review of autopsied cases: III. Bathtub drowning. *Am J Forensic Med Pathol*. 2006 Jun; 27(2): 113 – 6.
- 165 Delmonte C., Capelozzi V.L. Morphologic determinants of asphyxia in lungs: a semiquantitative study in forensic autopsies. *Am J Forensic Med Pathol*. 2001 Jun; 22(2): 139 – 49.
- 166 Piette M.H., De Letter E.A. Drowning: still a difficult autopsy diagnosis. *Forensic Sci Int*. 2006 Nov 10; 163(1-2): 1-9
- 167 Pollanen M.S. *Forensic Diatomology and Drowning*, Elsevier, Amsterdam, 1998.
- 168 Levy A.D., Harcke H.T., Getz J.M., Mallak C.T., Caruso J.L., Pearse L., Frazier A.A., Galvin J.R. Virtual autopsy: two- and three-dimensional multidetector CT findings in drowning with autopsy comparison. *Radiology*. 2007 Jun; 243(3): 862-268.

- 
- 169 Christe A., Aghayev E., Jackowski C., Thali M.J., Vock P.  
Drowning post-mortem imaging findings by computed tomography. *Eur Radiol.* 2007 Aug 29 Epub.
- 170 Dirnhofer R., Jackowski C., Vock P., Potter K., Thali M.J.  
Virtopsy: Minimally invasive, Imaging-guided Virtual Autopsy. *Radiographics* 2006; 26: 1305 – 1333.
- 171 AA.VV. 'Virtual autopsy' helps identify drowning as cause of death. In: [www.physorg.com/news99626765.html](http://www.physorg.com/news99626765.html) , 29 maggio 2007.
- 172 Levy A.D. et al. *op. cit.*, 2007.
- 173 Aghayev E., Thali M.J., Sonnenschein M., Hurlimann J., Jackowski C., Kilchoer T., Dirnhofer R. Fatal steamer accident ; blunt force injuries and drowning in post-mortem MSCT and MRI. *For Sci Int.* August 2005; 152(1): 65-71.
- 174 Moriya F., Hashimoto Y. Postmortem production of Ethanol and n-Propanol in the Brain of Drowned Persons. *Am J Forensic Med & Pathology.* June 2004. 25(2): 131 – 133.
- 175 Giusti G. *op. cit.*, 1991.
- 176 Giusti G. *op cit.*, 1991.
- 177 Pounder Derrick J. *op cit.*, 1992.
- 178 Giusti G. *op cit.*, 1991.
- 179 Giusti G. *op cit.*, 1991.
- 180 Pounder Derrick J. *op cit.*, 1992.

- 
- 181 Schmidt P., Madea B. Death in the bathtub involving children. *Forensic Sci Int.* 1995; 72: 147 – 155.
- 182 Bonelli A., Sonnellini L., Vassallo A. Il cadavere estratto dalle acque: realtà casistica del settore fiorentino (1982 - 2002). In: Atti del Convegno di Medicina Subacquea e Medicina Legale, Monopoli (BA), 19 – 21 giugno 2003.
- 183 Nofri I. *Le morti da asfissia meccanica: la casistica del settore medico-legale senese nel periodo 1999-2003*. Tesi di Laurea in Medicina e Chirurgia, Dipartimento di Scienze medico-legali e socio-sanitarie dell'Università di Siena, anno accademico 2004-2005.
- 184 Coluccia A., Valgimigli M., Ferretti F., Piva I., Martini P. Analisi della casistica medico-legale del Dipartimento di Scienze Medico-Legali e Socio-Sanitarie dell'Università degli Studi di Siena sulle morti dovute a suicidio: la ricerca nella provincia di Siena dal 1960 al 1995. In: Estratto da *Medicina Legale, Quaderni Camerti*, 1998, anno XX, n. 3.