

## La valutazione multidisciplinare dell'infortunio lavorativo da sostanze chimiche: un punto di vista medico legale\*\*

di Letizia Alfieri\*

SOMMARIO: 1. Generalità sulla valutazione medico legale dell'infortunio lavorativo. – 2. Peculiarità nella valutazione del rischio chimico in ottica medico-legale. – 3. Basi tecniche della consulenza medico legale in ambito di decesso per intossicazione acuta da chimici in occasione di lavoro.

### 1. Generalità sulla valutazione medico legale dell'infortunio lavorativo

La morte in occasione di lavoro in cui il medico legale svolge operazioni peritali, più spesso come consulente del P.M. o del G.I.P., risulta una fattispecie particolarmente sfidante per il professionista poiché richiede di tenere in considerazione le particolari condizioni lavorative del caso specifico pertinenti alle differenti lavorazioni. Particolarmente difficili da valutare appaiono i casi di avvelenamento acuto da sostanze chimiche e tossiche occorsi in ambito professionale, poiché essi rappresentano una eventualità non rara, ma comunque minoritaria, nella casistica ben più vasta degli eventi letali che occorrono in occasione di lavoro. La consulenza tecnica medico legale richiede in questo ambito un approccio indiscutibilmente multidisciplinare, in assenza del quale appare ardua la valutazione del nesso causale effettuata secondo la criteriologia medico legale classica (criterio cronologico, criterio topografico, criterio di efficienza qualitativa e quantitativa, criterio dell'idoneità lesiva, criterio di continuità fenomenica, criterio dell'esclusione di altre cause)<sup>1</sup>.

Per quanto attiene la definizione dell'infortunio lavorativo ci si rifà a quanto riportato dall'Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro

---

\* Letizia Alfieri è medico chirurgo, specialista in Medicina legale, dottoressa di ricerca in "Medicina molecolare", Dirigente Medico presso l'U.O. di Medicina legale, AUSL Ferrara. [letizia.alfieri@unife.it](mailto:letizia.alfieri@unife.it)

\*\* Il saggio costituisce una rielaborazione del contributo destinato al volume – prodotto della ricerca realizzata nell'ambito del bando 5 x 1000 dell'Università di Ferrara – "Esposizione lavorativa a sostanze tossiche. Percorsi multidisciplinari tra prevenzione e responsabilità", a cura di S. BUOSO, D. CASTRONUOVO, N. MURGIA, Napoli, Jovene.

Il saggio è stato preventivamente sottoposto alla lettura del Comitato di redazione.

<sup>1</sup> C. PUCCINI, *Istituzioni di medicina legale*, 6ª ed., Milano, CEA, 2003.

(INAIL) unitamente al d.P.R. n. 1124 del 30 giugno 1965 (Testo Unico delle disposizioni per l'assicurazione obbligatoria contro gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali) nonché al successivo d.lgs. n. 38/2000, in attuazione dell'art. 55 della l. n. 144/1999, infatti, la definizione di infortunio sul lavoro si ritrova in “...quell'evento avvenuto per causa violenta in occasione di lavoro da cui sia derivata la morte o un'inabilità permanente al lavoro, ovvero un'inabilità temporanea assoluta che importi l'astensione dal lavoro per più di tre giorni...”. Esso si differenzia dalla malattia professionale poiché l'evento scatenante nel primo caso risulta, per definizione, essere improvviso e violento<sup>2</sup>.

Giuridicamente l'infortunio lavorativo consta di alcuni elementi fondanti e necessari, che si riconoscono in involontarietà, causa violenta e occasione di lavoro. Per ciò che attiene la caratteristica dell'involontarietà si intende escludere, come ovvio, il dolo dell'assicurato (vedasi artt. 11 e 64 del citato T.U.), non escludendone, tuttavia, la colpa anche correlata a negligenza, imperizia o imprudenza (si veda ad esempio la recentissima sentenza Cass. n. 7415/2024)<sup>3</sup>. L'esclusione dell'infortunio non si ha, invece, nel caso in cui il dolo sia ravvisabile nell'azione di terzi che hanno causato/facilitato un infortunio in occasione di lavoro ai danni dell'assicurato (Cass. n. 13296/1999). La causa violenta è un fattore che agisce in occasione di lavoro, con attività concentrata nel tempo, mostrando le caratteristiche di efficienza, rapidità ed esterioresità (Cass. n. 221/1987; Cass. n. 12559/2003). Si riconoscono nelle cause violente le sostanze tossiche, gli sforzi muscolari, l'azione di microrganismi, virus o parassiti e le condizioni climatiche e microclimatiche. La rapidità d'azione della causa violenta è ampiamente riconosciuta in giurisprudenza sebbene sia ribadita la necessità della sua esterioresità anche nei casi in cui la causa produca effetti sulla salute, ad estrinsecazione non immediata, come ad esempio nei casi di infezione da microrganismi (es. Cass. n. 9968/2005). In tali eventualità la causa violenta non si esaurisce unicamente in un'azione immediata e puntuale (es. puntura d'ago infetto) ma è rappresentata, per lo più nella valutazione medico legale *ex post* basata sul manifestarsi della sintomatologia clinica, anche dalla violenza d'azione seguita al contatto con l'agente causativo di detta sintomatologia, che può quindi identificarsi nel microrganismo così come nella sostanza chimica (vedasi Cass. n. 8058/1991 e Cass. n. 3090/1992). Tale contatto può avvenire anche in assenza di un'occasione di cruentazione cutanea, come in normali atti respiratori o per ingestione di liquidi contaminati<sup>4</sup>.

Per occasione di lavoro sono intese tutte le situazioni nelle quali si stia svolgendo una attività lavorativa e nelle quali il rischio per il lavoratore può

<sup>2</sup> A. OSSICINI, *Infortuni e malattie professionali Metodologia Operativa 2.0*, INAIL - Sovrintendenza Sanitaria Centrale, Milano, 2014.

<sup>3</sup> La Cassazione penale, sez. 4, 20 febbraio 2024, n. 7415 riporta: “...Per giurisprudenza costante, un comportamento, anche avvertato, del lavoratore, se realizzato mentre egli è dedito al lavoro affidatogli, può essere invocato come imprevedibile o abnorme solo se il soggetto titolare della posizione di garanzia ha adempiuto agli obblighi in materia di sicurezza sul lavoro (Sez. 4, n. 12115 del 03/06/1999, Grande A., Rv. 214999; Sez. 4, n. 1588 del 10/10/2001, Russello, Rv. 220651; Sez. 4, n. 22249 del 14/03/2014, Enne, Rv. 259227; Sez. 4, n. 16397 del 05/03/2015, Guida, Rv. 263386)...”.

<sup>4</sup> A. OSSICINI, *Infortuni e malattie professionali Metodologia Operativa 2.0*, cit.

provenire da fattori propri dell'apparato produttivo, da fattori propri del lavoratore o da situazioni comunque ricollegabili all'attività lavorativa propria (vedasi ad esempio Cass. civ., sez. lav., n. 32473/ 2021)<sup>5</sup>.

La malattia professionale, normata ai sensi dell'art. 3 del d.P.R. 30 giugno 1965, n. 1124, prevede, al contrario, agenti causali che agiscono in maniera ripetuta e/o diluita nel tempo, nell'esercizio o a causa delle lavorazioni effettuate e specificate in apposite tabelle. L'introduzione successiva di un sistema misto<sup>6</sup> (riconoscimento di patologie tabellate e non tabellate) ha, tuttavia, aperto ad ogni patologia il cui rapporto causale con la lavorazione specifica sia dimostrato e per cui il lavoratore sia stato esposto al rischio determinato dalla lavorazione.

A seguito di tali premesse risulta di tutta evidenza come il rischio chimico rivesta carattere particolarmente subdolo potendo agire sia in veste di sostanza con azione violenta, causando stati di intossicazione acuta o sub-acuta, sia in veste di causa diluita nel tempo inducendo malattie professionali. Si pensi, per quanto attiene questa seconda eventualità, alle numerose patologie, di cui si citano per importanza quelle onco-ematologiche, prodotte dalla prolungata esposizione a sostanze con caratteristiche mutagene. Molte sono infatti le sostanze chimiche di cui si tratta nel d.P.R. n. 1124/1965, aggiornate anche dalle più recenti circolari INAIL (es. Circolare Inail n. 7 del 15 febbraio 2024), che rivestono caratteristica di "agente causale" già nelle apposite tabelle relative alle malattie professionali, correlate alle corrispettive lavorazioni ed al periodo massimo di indennizzabilità stabilito dalla norma. A tali sostanze si possono aggiungere, come visto, anche tutte quelle con caratteristiche di efficienza causale che possono agire sia da sole che con azione sinergica a patogeni extralavorativi<sup>7</sup>.

Dalla disamina della casistica riportata nella scheda INAIL del 2017 relativa agli infortuni mortali correlati al rischio chimico, tra il 2002 e il 2012, emerge un numero pari a 106 infortuni che hanno condotto al decesso di 132 lavoratori<sup>8</sup>. Gli eventi analizzati nel report tengono conto di esposizione sia ad agenti chimici con proprietà chimico-fisiche che hanno comportato rischi per la sicurezza a

---

<sup>5</sup> Nell'ordinanza Cass. civ., sez. lav., n. 32473/2021 viene riportato l'orientamento giurisprudenziale relativo alla definizione dell'occasione di lavoro ed ai rischi propri che ne conseguono, ed in particolare: "... la giurisprudenza di questa Corte di legittimità si è andata orientando (vd. Cass. n. 6088 del 1995) nel senso di ritenere che la causa violenta in occasione di lavoro", richiesta dall'art. 2 del t.u. approvato con d.p.r. 30 giugno 1965 n. 1124 per la indennizzabilità dell'infortunio, è quella che dà occasione, appunto, ad alterazioni lesive legate alla prestazione lavorativa da nesso non meramente topografico-cronologico, ma di derivazione eziologica, quanto meno in via mediata e indiretta, non essendo l'assicurazione infortuni, secondo l'intento del legislatore del 1965, finalizzata a coprire i rischi generici, cui il lavoratore medesimo soggiace al pari di tutti gli altri cittadini, a prescindere cioè all'esplicazione dell'attività lavorativa (a meno che non si tratti di rischi "aggravati" da peculiari circostanze, in presenza delle quali possa dirsi che è ancora una volta il lavoro ad offrire occasione per l'incontro della causa violenta con l'organismo dell'infortunato), né ad apprestare una speciale tutela in favore del lavoratore per il solo fatto che al medesimo sia occorso, in attualità di lavoro, un qualsiasi evento che in qualche modo ne abbia leso l'integrità fisica o mentale ...".

<sup>6</sup> Vedasi la sentenza della Corte costituzionale, 18 febbraio 1988, n. 179.

<sup>7</sup> Circolare INAIL, 16 febbraio 2006, *Criteri da seguire per l'accertamento della origine professionale delle malattie denunciate*.

<sup>8</sup> M. PELLICCI, E. LO SCRUDATO, S. STABILE, N. DE LUSSU, G. CAMPO, A. GUGLIELMI, *Il Rischio Chimico*, INAIL - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale, Milano, 2017.

vario titolo, sia anche ad agenti con proprietà tossicologiche che hanno dato luogo ad intossicazione acuta. Come anticipato, infatti, di sovente il rischio chimico produce infortuni mortali quando gravato da altre tipologie di rischi nel corso delle lavorazioni tra cui spiccano il rischio di esplosioni e le lavorazioni in ambienti confinati. A tal proposito la medesima nota INAIL del 2017 riporta come il 29% degli infortuni mortali, analizzati nel documento, fosse occorso in ambienti confinati (così come definiti nel decreto del Presidente della Repubblica n. 177 del 2011). Altresì, di sovente, gli eventi mortali per esposizione a rischio chimico risultano in infortuni collettivi; circa il 29% degli eventi dovuti a rischio chimico coinvolgono più lavoratori con il 43% degli infortunati deceduti in questo tipo di contesto. Negli infortuni lavorativi da chimici la maggior parte degli esiti sono ascrivibili a ustioni (49,3%) mentre l'asfissia ricorre nel 32% dei casi; nei restanti casi si rilevano esiti dovuti all'energia meccanica sviluppata da esplosioni (fratture o schiacciamenti). La grande maggioranza degli infortuni mortali in occasione di lavoro, legati a sostanze chimiche, si deve, quindi, allo sviluppo di fiamme o incendi, segue la proiezione di solidi dovuta ad esplosioni e quindi l'intossicazione per contatto con l'agente chimico per inalazione o esposizione cutanea<sup>9</sup>.

Emerge, altresì, una larga quota di infortuni lavorativi mortali correlati ad una inadeguata fornitura di DPI da parte del datore di lavoro, ad un loro non corretto utilizzo da parte del lavoratore, ad una inadeguata formazione del lavoratore sul rischio proprio della mansione, ad errori procedurali e a lavorazioni in ambienti inadatti o con materiali non congrui con la pericolosità della lavorazione in essere.

## 2. Peculiarità nella valutazione del rischio chimico in ottica medico-legale

La difficoltà nella valutazione dell'effetto tossico di un agente chimico risiede nell'effetto finale che il contatto acuto o cronico con la sostanza produrrà nel singolo individuo. Tale effetto risulta spesso difficilmente standardizzabile a parità di dose tossica, potendo in larga misura dipendere, oltre che dalle particolari caratteristiche proprie della sostanza, anche dal tipo di esposizione, dai meccanismi di assorbimento ed eliminazione della stessa, dalle sue proprietà chimico-fisiche intrinseche, dalla capacità di biotrasformazione da parte dell'organismo ma anche in grande misura, dalla suscettibilità individuale<sup>10</sup>. Si pensi, a tal proposito, allo stato clinico anteriore del soggetto intossicato, per cui può variare enormemente la riserva funzionale dello stesso e la predisposizione a sviluppare una condizione di scompenso clinico.

<sup>9</sup> *Ibid.*

<sup>10</sup> A. MORETTO, *Chapter 4 - Exposure Assessment for Chemical and Physical Agents*, in M. LOTTI, M.L. BLEECKER (eds.), *Occupational Neurology*, vol. 131, Edinburgh, Elsevier, 2015, p. 47 ss.

Nella valutazione degli effetti sulla salute dovuti all'esposizione ad agenti chimici appare opportuno considerare alcune peculiarità che, come anzi detto, rendono l'intossicazione del tutto particolare. Il contatto con sostanze tossiche può produrre effetti locali quando il meccanismo d'azione risulti concentrato in corrispondenza del punto di maggior applicazione o della via di assorbimento della sostanza. Sono effetti locali, ad esempio, i segni di ustione rilevati a carico delle superfici cutanee esposte; gli effetti irritanti che si producono a carico dell'apparato stomatognatico e gastrointestinale conseguenti all'ingestione di sostanze chimiche; gli effetti irritanti sull'apparato respiratorio (trachea, bronchi, bronchioli e alveoli) dovuti all'inalazione di gas o vapori. Si considerano effetti sistemici, invece, quelli correlati all'azione della sostanza chimica su siti distanti rispetto a quello di penetrazione nell'organismo. Gli effetti sistemici si realizzano tipicamente mediante il danno alle cellule bersaglio della specifica sostanza, causando un malfunzionamento degli organi e dei relativi apparati su cui insistono.

Talune sostanze, per le loro caratteristiche di tossicità o per la dose con cui si è venuti a contatto, possono avere effetti immediati a seguito di una sola esposizione, anche se questa avviene in un lasso temporale estremamente ridotto. Talune altre sostanze producono danno cellulare a seguito di un periodo di latenza dopo l'esposizione acuta o, ancora, a seguito di accumulo nell'organismo per più esposizioni ravvicinate. Nella reazione sia locale che sistemica del singolo soggetto si deve anche tenere conto delle peculiarità individuali, potendosi verificare, in alcuni soggetti, l'insorgenza di particolari risposte fisiologiche, quali ad esempio reazioni allergiche/idiosincrasiche, dovute ad una iper attivazione del sistema immunitario. Vi sono, invece, alcune sostanze che per le loro caratteristiche interagiscono con le reazioni endogene quali trasporti di membrana, interazioni con recettori, azione sulla catena respiratoria mitocondriale, interazioni enzimatiche, o hanno effetto di citotossicità diretta.

Altresì si deve considerare come una medesima sostanza possa determinare una differente patogenesi a seconda dell'organo bersaglio, della dose, della frequenza, della durata e della via di esposizione.

Molti solventi utilizzati in ambito industriale o farmacologico possono produrre, inoltre, stati di obnubilamento del sensorio fino al coma<sup>11</sup>, causando un meccanismo letifero diretto per azione depressiva sui centri respiratori, o determinando esiti traumatici, anche severi. Molti solventi tendono a causare, inoltre, nausea e vomito che, in abbinamento ad un alterato stato di coscienza, può condurre ad una ostruzione meccanica delle vie respiratorie<sup>12</sup>.

---

<sup>11</sup> S.L. CRUZ, *The Latest Evidence in the Neuroscience of Solvent Misuse: An Article Written for Service Providers*, in "Substance Use & Misuse", 2011, vol. 46, p. 62 ss.

<sup>12</sup> E. VAN VALEN, E. WEKKING, G. VAN DER LAAN, M. SPRANGERS, F. VAN DIJK, *The course of chronic solvent induced encephalopathy: A systematic review*, in "NeuroToxicology", 2009, vol. 30, 6, p. 1172 ss.

### 3. Basi tecniche della consulenza medico legale in ambito di decesso per intossicazione acuta da chimici in occasione di lavoro

È dunque richiesta una particolare perizia, rispetto alla comune pratica del patologo e del tossicologo forense, non solo per ciò che concerne la determinazione della tipologia di sostanza intossicante ma, altresì, la diagnosi stessa di intossicazione acuta o cronica, stante le peculiari modalità di contatto.

La fattispecie del decesso in ambito lavorativo, a seguito dell'intossicazione da chimici, pone la necessità di aderire a protocolli quanto mai metodici e multidisciplinari, negli ambiti del sopralluogo giudiziario, della necroscopia, della raccolta di campioni biologici (fluidi e tessuti) e nell'effettuazione di indagini ancillari. Una sintetica enumerazione dei comportamenti specifici che dovrebbero orientare sistematicamente la valutazione medico legale nel decesso per intossicazione acuta in ambito lavorativo verrà di seguito riportata.

Di fondamentale importanza risulta essere, in questo contesto, l'approccio multidisciplinare che chiama in causa gli operatori tecnici dei Servizi di Prevenzione e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro (SPSAL) delle AUSL, nel contesto del sopralluogo giudiziario/inchiesta e di indagine delle circostanze che hanno condotto all'infortunio, con funzione di Polizia Giudiziaria coordinate dalla Procura della Repubblica (a norma del d.lgs. n. 758/1994). Durante tali operazioni di ricognizione iniziale un ruolo sostanziale dovrebbe assumere anche il medico legale, in ragione della sua specifica formazione nella ricostruzione del nesso causale. L'attività congiunta dello specialista in medicina del lavoro e del medico legale consente, inoltre, la valutazione del corretto utilizzo dei DPI, sicuro elemento di utilità nella determinazione delle modalità del decesso e del processo causale che ha condotto all'*exitus*.

Il medico con formazione specialistica in Medicina Legale, infatti, è di sovente incaricato dello svolgimento degli accertamenti tecnici e necroscopici volti a stabilire la causa e le modalità del decesso del lavoratore intossicato. Al fine di tale determinazione risulta di imprescindibile necessità la valutazione della possibile dinamica di contatto tra la vittima e la sostanza chimica, per permettere di ipotizzare le sue possibili vie di penetrazione e, dunque, gli esiti organici da ricercare. Il sopralluogo medico legale consente, nei frangenti di cui trattasi, la miglior determinazione dello stato dei luoghi al fine di ricostruire la dinamica ed il conseguente nesso causale, raccogliendo elementi circostanziali di interesse.

Di imprescindibile importanza risulta, anche, la valutazione del cadavere nell'immediatezza dei fatti, consentendo di oggettivare lesioni temporanee e che possono essere successivamente di più difficile riscontro *ictu oculi* per insorgenza dei fenomeni abiotici consecutivi. La particolare esperienza del medico legale nella conduzione del sopralluogo giudiziario, con attenta osservazione dello stato dei luoghi, permette, infine, una corretta repertazione di materiali e sostanze che possono rivelarsi di interesse (contenitori vuoti con possibili residui di materiale,

dispositivi di protezione individuale, liquidi sversati, vomito, altri fluidi corporei ecc.) ai fini delle successive analisi chimico-tossicologiche<sup>13</sup>.

Nei casi in cui il decesso non occorra acutamente ed il soggetto vittima di avvelenamento, condotto in ospedale, deceda solo in una fase successiva, risulta di fondamentale importanza la valutazione di tutte le informazioni cliniche, laboratoristiche e strumentali che derivano dalle manovre iatrogene effettuate. Particolare importanza rivestono, come ovvio, le informazioni relative all'effettuazione di indagini tossicologiche durante il periodo di osservazione nosocomiale. I risultati di queste indagini possono risultare determinanti per il medico legale che approccia la valutazione della *causa mortis*. Soprattutto per quanto attiene l'intossicazione da sostanze volatili, infatti, il prelievo della matrice biologica da sottoporre a riscontro tossicologico, deve essere effettuato in un'epoca più vicina possibile a quella del contatto; in tale fattispecie, poiché la maggior parte dei composti volatili sono escreti come tali attraverso i polmoni, la matrice di scelta da preferire dovrebbe essere il sangue rispetto ad altre<sup>14</sup>. I campioni di sangue *ante-mortem*, dunque, prelevati per esami ematochimici così come le sacche di urina eventualmente collegate a cateteri vescicali, dovrebbero sempre essere acquisiti dal medico legale ed analizzati da un punto di vista tossicologico. Tali campioni *ante-mortem*, infatti, risultano di maggiore utilità forense rispetto ai fluidi prelevati durante l'autopsia, sia in ragione delle alterazioni *post-mortem* che potrebbero subire i fluidi corporei, ma soprattutto perché le concentrazioni nelle matrici prelevate dal vivente mostrano valori che rappresentano più accuratamente le massime concentrazioni tossiche.

Peculiari sono, inoltre, le modalità con le quali vanno portate a termine le operazioni tecniche irripetibili di cui, certamente, l'autopsia giudiziaria rappresenta l'elemento cardine.

Fin dalle prime fasi della ricognizione cadaverica esterna si deve porre particolare attenzione a non disperdere i possibili campioni che possono contenere analiti utili.

La rimozione e la conservazione degli indumenti, in appositi contenitori in nylon con chiusura adeguata, ad esempio, deve essere effettuata il prima possibile in modo da preservare tracce o sostanze volatili eventualmente depositate sugli abiti. Nella conservazione degli indumenti o degli oggetti che possono contenere imbrattamenti di materiale volatile vanno evitati i contenitori in polivinilcloruro ed in altre composizioni plastiche (polietilene e polipropilene) che possano essere permeate dai solventi volatili<sup>15</sup>.

La ricognizione cadaverica esterna consente di valutare la presenza di eritemi cutanei, escoriazioni e ustioni più o meno estese che possono svilupparsi conseguentemente all'effetto topico delle sostanze chimiche e vanno sempre

---

<sup>13</sup> S. JICKELLS, A. NEGRUSZ, *Clarke's Analytical Forensic Toxicology*, London, Pharmaceutical Press, 2012.

<sup>14</sup> *Ibid.*

<sup>15</sup> G. GIUSTI, *Trattato di Medicina Legale e scienze affini*, vol. 5, *Tossicologia, errori professionali, opinioni*, Padova, Cedam, 2009.

ricercate e adeguatamente valutate. Eritemi e desquamazioni delle labbra e della bocca vanno investigati nei casi sospetti di accidentale o volontaria ingestione di sostanze tossiche o caustiche.

Durante le operazioni autoptiche, particolare attenzione deve essere posta alla corretta descrizione e repertazione fotografica delle lesioni tissutali esterne ed interne<sup>16</sup>, nonché al congruo prelievo di frammenti tissutali rappresentativi. La valutazione delle lesioni traumatiche cutanee e profonde, sebbene possa apparire ultronea nella valutazione di una sospetta intossicazione acuta, riveste particolare importanza nella determinazione della dinamica del decesso. Si pensi, ad esempio, al contatto con quelle sostanze che, se inalate, possono causare stati di ottundimento del sensorio determinando comportamenti pericolosi, traumi o cadute accidentali, fino alla precipitazione, negli ambienti produttivi, determinando un meccanismo letifero traumatico.

L'esame autoptico di solito risulta poco significativo per gli aspetti macroscopici, sebbene sia necessario condurlo con l'usuale scrupolo al fine di escludere altre cause del decesso. Gli aspetti anatomo-patologici riscontrati saranno di sovente generici o, al limite, caratterizzati da quadri acuti di edema encefalico, congestione poliviscerale, edema polmonare e steatosi epatica o miocardite diffusa, per lo più in quei casi in cui l'esposizione lavorativa è stata protratta<sup>17</sup>.

Durante l'esame autoptico devono essere prelevati campioni tissutali utili allo svolgimento di indagini istologiche, particolarmente al fine di valutare alterazioni istopatologiche di miocardio, fegato, encefalo e reni, principali sedi di tossicità legata ad esposizione cronica a sostanze chimiche. Alcuni autori consigliano il prelievo di un polmone *in toto*, clampato a livello delle diramazioni bronchiali e sottoposto a congelamento all'interno di busta di nylon, al fine di racchiudere eventuali sostanze volatili ancora intrappolate nell'albero respiratorio<sup>18</sup>. In alternativa il polmone intatto, rimosso con usuale sezione dell'ilo, può essere immediatamente posto in busta di nylon con minimo maneggiamento al fine di non disperderne il contenuto aereo.

Al fine di determinare l'esatta patogenesi che ha condotto all'*exitus* è necessario portare avanti indagini istologiche classiche e, ove necessario, approfondire i risultati mediante metodica immunohistochimica.

Nella scelta dei fluidi biologici va posta particolare attenzione sia nelle fasi di prelievo, sia in quelle di conservazione ed analisi.

Le matrici biologiche da prelevare per la valutazione tossicologica in caso di sospetta intossicazione da sostanze volatili e solventi sono: sangue centrale (da ventricolo sinistro) e periferico, urina, frammenti di encefalo, rene e fegato (non fissati), bile, umor vitreo, contenuto gastrico, tessuto adiposo sottocutaneo o

---

<sup>16</sup> C. TORRE, L. VARETTO, *L'autopsia Giudiziaria Manuale di Tecnica e Diagnostica*, Padova, Piccin, 1989; C. POMARA, S.B. KARCH, V. FINESCHI, *Forensic Autopsy. A Handbook and Atlas*, Boca Raton, CRC Press, 2010.

<sup>17</sup> G. GIUSTI, *Trattato di Medicina Legale e scienze affini*, cit.

<sup>18</sup> P. SAUKKO, B. KNIGHT, *Knight's Forensic Pathology*, 3<sup>th</sup> ed., London, CRC Press, 2004.

perirenale e capelli. In caso di sostanze volatili si può procedere al prelievo di aria aspirata dalla trachea mediante l'utilizzo di siringa da vuoto<sup>19</sup>.

La conservazione delle matrici biologiche in casi in cui si sospetta l'avvelenamento da solventi volatili andrebbe effettuata all'interno di vial di vetro adeguatamente tappati onde evitare la perdita della sostanza. Poiché l'evaporazione delle sostanze volatili aumenta con il contatto con l'aria e con la temperatura, le provette dovrebbero sempre essere colmate il più possibile, conservate in ambiente refrigerato ed aperte solo nel momento dell'analisi. Devono essere, ovviamente, implementate tutte le possibili cautele al fine di prevenire contaminazioni esterne con altre sostanze utilizzate in laboratorio<sup>20</sup>. Il trasporto e la conservazione di indumenti o altri prodotti coinvolti nell'infortunio deve essere effettuato in luoghi separati al fine di evitare contaminazioni crociate.

Le indagini tossicologiche sono lo strumento adeguato al fine di ricostruire, mediante la misura diretta del tossico o dei suoi metaboliti, l'esposizione professionale ad agenti chimici più o meno noti, nonché di stabilire la quantità di tossico penetrata nell'organismo. Fondamentale è avere conoscenza dei tossici utilizzati nelle lavorazioni cui si imputa l'intossicazione ed avere contezza delle principali modalità di intossicazione acuta. Il tossicologo dovrebbe conoscere il meccanismo con cui la sostanza agisce, la sua dose letale e le caratteristiche tossico-cinetiche della stessa con particolare riferimento ai tempi ed alle vie di assorbimento, biotrasformazione, metabolismo ed eliminazione. La conoscenza di tali peculiarità porterà alla possibilità di scegliere adeguatamente il campione da analizzare in base alla cinetica di distribuzione, eliminazione o accumulo della sostanza. Anche la scelta della metodica analitica differisce notevolmente in base alla sostanza da valutare ed alla matrice biologica scelta per l'analisi.

Il tossicologo che approccia l'infortunio lavorativo, inoltre, dovrebbe sempre ricercare, a latere dell'indagine relativa ai tossici lavorativi, anche la presenza di alcol e droghe d'abuso, il cui riscontro potrebbe aggiungere informazioni rilevanti circa la dinamica degli eventi che hanno condotto all'accidente. Inoltre, risulta di fondamentale importanza, ove non sia chiara la natura della sostanza o la sua via di penetrazione, l'analisi di ogni contenitore, anche non etichettato, presente sul luogo dell'evento, che può essere stato utilizzato per contenere il tossico.

Ulteriore difficoltà nel raccordo causale tra il mezzo chimico e l'*exitus* si evidenzia quando il lasso temporale tra l'esposizione e lo sviluppo della malattia risulti particolarmente ampio o frammentato. In questo caso i valori della sostanza ed anche dei suoi metaboliti potrebbero risultare di difficile repertazione.

La determinazione quali/quantitativa delle sostanze sulle matrici biologiche può essere effettuata mediante metodiche analitiche differenti a seconda delle

---

<sup>19</sup> In riferimento alle linee guida del Gruppo Italiano di Patologia Forense per l'effettuazione dell'autopsia giudiziaria, consultabili alla pagina <https://www.gipf.it/2016/09/26/linee-guida-gipf-autopsia-medico-legale/>, ultimo accesso 27.07.2024.

<sup>20</sup> S. JICKELLS, A. NEGRUSZ, *Clarke's Analytical Forensic Toxicology*, cit.

caratteristiche chimico-fisiche della sostanza e di quelle quali-quantitative della matrice disponibile. Le metodiche usualmente utilizzate per addivenire ad una identificazione della sostanza sono la gascromatografia dello spazio di testa (GC-HS), la gascromatografia-spettrometria di massa (GC-MS), la cromatografia liquida-spettrometria di massa (LC-MS) e infine, la più sofisticata spettroscopia Raman.

La sistematica attuazione di protocolli con una visione multidisciplinare, che coinvolgano ambiti differenti delle scienze forensi e della medicina del lavoro, potrebbe risultare di utilità nell'individuare eventuali carenze in tema di sicurezza sul lavoro, potendo facilitare l'individuazione dei soggetti responsabili di violazioni in relazione al loro ruolo ed alla loro qualifica di fatto e di diritto. A tale fine è ovviamente di indiscutibile necessità assicurare, mediante l'individuazione delle fonti di prova, la corretta ricostruzione delle circostanze che hanno determinato l'infortunio mortale, ai fini del giudizio di merito.

### *Abstract*

*Il contributo si pone l'obiettivo di fornire un'indicazione di approccio medico legale ai casi di infortunio professionale letale che coinvolgano le lavorazioni in cui siano presenti sostanze chimiche, privilegiando l'ottica della multidisciplinarietà. Partendo da una definizione di infortunio lavorativo secondo la criteriologia medico legale si svilupperà, in seguito, un approccio forense alla valutazione dell'infortunio stesso tenendo conto delle peculiarità specifiche del contatto lavorativo con la sostanza chimica. La valutazione di tale fattispecie, infatti, particolarmente sfidante, può avvenire solo attraverso un'integrazione delle competenze di altre discipline (tossicologia, patologia generale, anatomia patologica e medicina del lavoro), procedendo con un metodo che consenta una valutazione tecnica complessiva e metodica. Si porranno, inoltre, le basi per una disamina tecnica dei casi oggetto della trattazione, indicando le peculiarità in ambito di sopralluogo giudiziario, di raccolta e conservazione dei campioni, le indagini laboratoristiche utili e i contenuti imprescindibili della consulenza tecnica in ambito di infortunio mortale sul lavoro.*

*The present work aims to provide an indication of a medical-legal approach to cases of lethal professional accidents involving chemical substances, favoring the perspective of multidisciplinarity. Starting from a definition of an occupational accident according to medical-legal criteria, a forensic approach will then be developed to evaluate the accident itself, taking into account the specific peculiarities of occupational contact with the chemical substance. The evaluation of this particularly challenging case, in fact, can only take place through the integration of the skills of other disciplines (toxicology, general pathology, pathological anatomy and occupational medicine), proceeding with a method that allows for an overall and methodical technical evaluation. Furthermore, the foundations will be laid for a technical examination of the cases covered, indicating the peculiarities in the field of judicial inspection, collection and conservation of samples, useful laboratory investigations and the essential contents of technical consultancy in the field of fatal accidents at work.*

### *Parole chiave*

*Medicina legale, infortunio, malattia professionale, sopralluogo, intossicazione, tossicologia*

### *Keywords*

*Legal medicine, injury, occupational disease, inspection, intoxication, toxicology*