

Fioriture algali: microalghe marine e cianobatteri, i pericoli per la balneazione

Maura Manganelli

Istituto Superiore di Sanità, Dipartimento Ambiente e Salute, viale Regina Elena 299, 00161 Roma, Italia.
Email: maura.manganelli@iss.it

Riassunto

Circa il 2% delle specie di microalghe marine e cianobatteri dà luogo a fioriture in grado di indurre effetti sulla salute. Oltre all'enorme quantità di biomassa che deve essere degradata, le specie algali coinvolte possono produrre delle tossine, pericolose anche per l'uomo. I fattori ambientali che regolano la produzione di tossine sono ancora poco conosciuti, e la crescente diffusione di fioriture tossiche a causa della combinazione di eutrofizzazione e cambiamenti climatici rende questo un problema crescente. L'uomo può essere esposto alle tossine o per ingestione di alimenti e/o acqua contaminati o durante lo svolgimento di attività ricreative come la balneazione. Durante queste attività, infatti, l'uomo può accidentalmente ingerire acqua contaminata (durante il nuoto o giochi in acqua o attività sportive) o essere esposto tramite contatto diretto con le alghe e le tossine o attraverso l'inalazione dell'aerosol prodotto dal moto ondoso o dai venti che spirano dal largo verso la costa o dall'attività stessa (canottaggio, moto d'acqua, ecc.). In Italia le fioriture sono regolarmente monitorate durante la stagione balneare nell'ambito del controllo delle acque di balneazione, secondo le linee guida pubblicate nel 2014 dall'Istituto Superiore di Sanità, integrate nel 2018 nella normativa vigente. Un ruolo importante nella prevenzione del rischio è comunque riservato alla comunicazione al pubblico e agli operatori del settore balneare che, opportunamente informati, possono svolgere importanti attività di segnalazione oltre a ridurre il rischio di esposizione durante lo svolgimento della propria attività lavorativa.

Parole chiave: alghe tossiche, cianobatteri, cianotossine, attività ricreative, aerosol, gastroenteriti, dermatiti.

Abstract

About 2% of marine microalgae and aquatic cyanobacteria species can overgrow to such a density to become visible and sometimes to make the water colored, producing harmful blooms. Blooms can be harmful because of the enormous amount of biomass that must be degraded, depleting oxygen from the bottom of the basin, or by clogging the respiratory/filtration organs of other organisms (fish, benthic filter-feeding). They can also be harmful because the involved algal or cyanobacterial species can produce toxins, whose ecological role is still unknown, but which are dangerous for other animals and humans. The environmental factors (e.g. growth rate, nutrients and chemical forms of N and P, light intensity, temperature) that regulate the production of toxins are still poorly understood and are usually species-specific. However, studies conducted in the last forty years in the framework of the Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO have shown a significant increase in the spread and abundance of the blooms. They have also noted that the combination of eutrophication and climate change has an important role as one of their causes, making harmful blooms a growing concern. Humans may be exposed to toxins by ingestion of contaminated food and/or water (for freshwater cyanobacteria) or during recreational activities such as bathing. During these activities, in fact, people can accidentally ingest contaminated water (during swimming, water games or sports activities) or be exposed by direct contact with algae and toxins, by inhaling the aerosol produced by the waves, the winds that blow from the open sea coastward or the activity itself (rowing, jet skiing, etc.). In Italy the

only dangerous toxic algae for bathing activities is *Ostreopsis cf. ovata*, a tropical dinoflagellate which in 2005, in Genoa, in weather conditions favourable to the formation of onshore aerosols, caused an important outbreak of more than 200 people (both swimmers and coastal visitors), 20% of which hospitalized for influenza-like illness and respiratory symptoms. The symptoms were mainly associated to inhalation of marine aerosol or more rarely to direct contact. Since then, blooms of *O. cf. ovata* have been reported from almost all Italian regions. Italian lakes, that people use in summer for bathing and recreational activities and in winter for aquatic sport activities, are interested by few species of toxic cyanobacteria, *Microcystis aeruginosa*, *Dolichospermum lemmermannii* and *Chryso-sporum ovalisporum* in summer, and *Planktothrix rubescens* in winter, which produce mainly microcystins, rarely anatoxin-a and cylindrospermopsin. In Italy, the blooms of algae and cyanobacteria are regularly monitored during the bathing season according to Directive 2006/7/EC on bathing water, implemented with the decree 30 March 2010 of the Ministry of Health, which in 2018 integrated the two guidelines on freshwater cyanobacteria and marine algae, published in 2014 by the Istituto Superiore di Sanità. The guidelines develop a risk-based approach, to define the exposure scenarios, thresholds levels and actions to do according to various conditions. Since blooms can evolve suddenly in case of changing weather and escape the controls, an important role in risk prevention is given to communication to the public, in order to enable people to recognize a risky situation. The guidelines also suggest to involve the operators of the seaside sector (lifeguards, swimming and diving schools trainers, pharmacists, general practitioners) in the warning system as they, when properly informed, can carry out important signalling activities in addition to reducing the risk of exposure during the course of their working activity.

Keywords: harmful algal blooms, cyanobacteria, microalgae, toxins, bathing activities, recreational activities.

Introduzione

Le alghe (eucariote) e i cianobatteri (procarioti), organismi autotrofi prevalentemente fotosintetici, svolgono un ruolo fondamentale come produttori primari in tutti gli ambienti acquatici (laghi, bacini artificiali e oceani). Nelle zone costiere infralitorali, a bassa profondità, le alghe pluricellulari bentoniche e alcune piante acquatiche convivono con le alghe e i cianobatteri unicellulari planctonici, che sono i soli produttori nelle zone al largo, ad alta profondità. La loro presenza è dunque fondamentale per un corretto funzionamento delle reti trofiche degli ecosistemi acquatici, di cui costituiscono il primo livello. Normalmente la loro densità è controllata dalla pressione predatoria e/o dalla disponibilità dei nutrienti ma in determinati momenti le condizioni ambientali (comprese le condizioni idrodinamiche e atmosferiche) sono tali da permettere ad alcune specie di raggiungere densità talmente elevate da diventare visibili ad occhio nudo, in alcuni casi conferendo all'acqua un colore rossastro o bruno o verde, e dare luogo a quelle che sono definite fioriture. Le fioriture possono creare danni all'ecosistema semplicemente per l'elevata quantità di biomassa da degradare, che sottrae ossigeno al fondale, ostruisce gli apparati di filtrazione di altri organismi (per esempio le branchie nei pesci o gli apparati filtratori di organismi bentonici). Tuttavia possono essere tossiche anche perché l'organismo che fiorisce produce tossine, cui molti organismi sono suscettibili, incluso l'uomo. Le fioriture hanno anche importanti implicazioni economiche perché oltre alla naturale diffidenza che si verifica nei frequentatori, causano accumulo di materiale in putrefazione sulle spiagge e odori nauseabondi che allontanano i turisti.

Le proliferazioni di tutti quegli organismi che, indipendentemente dalla loro densità, hanno effetti avversi sulla salute umana, e impattano su prodotti della pesca, acquacultura e su altre risorse umane, e causano danni ad interessi socioeconomici, vengono chiamate *Harmful Algal Blooms* (HAB) (Anderson et al, 2012) e il loro studio è affrontato a livello mondiale nell'ambito di un programma dell'*Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO*, iniziato nel 1990, per la ricerca, la formazione e il coordinamento fra i vari paesi membri (Anderson et al., 2010).

Dagli studi compiuti negli ultimi quarant'anni è evidente un aumento significativo su scala mondiale del numero di fioriture tossiche, del tipo di organismi tossici e delle tossine prodotte e delle conseguenti perdite economiche, anche se non sono ancora chiare tutte le cause di questo incremento. La diffusione delle specie algali in habitat nuovi può essere causata da fattori naturali, come la presenza di correnti e tifoni in grado di spostare i sedimenti contenenti cisti, o da fattori antropici, come lo scarico di acque di galleggiamento delle navi in mari diversi da quelli di provenienza o la coltivazione di molluschi d'importazione (Anderson et al., 2012). Tuttavia, il deterioramento della qualità dell'acqua dovuta all'eutrofizzazione e i cambiamenti climatici sono fondamentali per l'aumento delle fioriture e delle loro densità (Heisler et al., 2008; Paerl e Otten, 2013).

Relativamente all'aumento del numero di tossine conosciute, non è da escludere anche una maggiore capacità analitica che permette di identificare più facilmente anche piccole concentrazioni di vari metaboliti secondari tossici. Si ritiene che attualmente siano conosciute solo una piccola parte delle tossine effettivamente prodotte, soprattutto da parte dei cianobatteri (Buratti et al., 2017).

L'importanza sanitaria di questi organismi riguarda la possibilità di esposizione della popolazione alle tossine attraverso diverse vie.

Negli ambienti marino-costieri, dove gli HABs sono principalmente a carico di alghe, l'esposizione alle tossine algali avviene principalmente per ingestione di cibi contaminati lungo la catena alimentare, ma per alcune specie può avvenire anche durante lo svolgimento di attività ricreative e di balneazione, per inalazione di aerosol, per ingestione accidentale di acqua contaminata e per contatto (WHO, 2003). Anche l'esposizione alle cianotossine prodotte in acque dolci superficiali, dove i cianobatteri sono i principali organismi tossici, si può verificare durante le attività ricreative attraverso le vie già citate.

Ulteriori importanti vie di esposizione alle cianotossine sono poi l'ingestione di acqua potabile contaminata e l'uso di acqua superficiale non adeguatamente trattata per via parenterale (Buratti et al., 2017).

Alghe marine

Una dettagliata descrizione delle tossine marine conosciute, delle loro caratteristiche chimiche e della loro tossicità, si può trovare sul sito del Centro Ricerche Marine di Cesenatico, il laboratorio nazionale di riferimento per le biotossine algali (<http://www.centroricerchemarine.it>), su alcune pubblicazioni della FAO e dell'EFSA (EFSA, 2009a, 2009b; FAO, 2004) e in un volume edito da Gopalakrishnakone et al. (2015).

Per quanto riguarda i rischi per la balneazione e le attività connesse, come già accennato sono poche le specie interessate, in quanto generalmente l'esposizione avviene attraverso la contaminazione di prodotti ittici.

L'inalazione di aerosol contenente tossine o cellule e l'esposizione cutanea attraverso il contatto, oltre che l'ingestione involontaria di acqua durante il nuoto o altre attività svolte in acqua sono le vie di esposizione tipiche e possono essere simultanee.

L'esposizione inalatoria è associata a sintomi infiammatori delle vie respiratorie superiori ed inferiori, sindromi febbrili respiratorie, tosse, irritazione delle mucose. Numerosi studi hanno confermato la causalità dell'esposizione all'aerosol durante le fioriture dell'alga *Karenia brevis*, che produce brevitossine, in Florida e le infiammazioni dei tratti respiratori denunciate da numerosi bagnanti (Backer et al., 2003; Cheng et al., 2005; Fleming et al., 2011).

Per quanto riguarda l'esposizione da contatto, invece, sono stati riportati dei casi aneddotici d'infiammazioni cutanee in seguito al contatto con acque contenenti elevate concentrazioni di *Ostreopsis cf. ovata*, coralli del genere *Palythoa* o *Zoanthus*, che producono palitossine, o direttamente tramite contatto con i coralli (Baldini et al., 2014). Nel Mediterraneo, dove le tossine algali negli alimenti sono regolarmente controllate, la comparsa di *Ostreopsis cf. ovata*, un dinoflagellato bentonico conosciuto da molto tempo nelle zone tropicali e subtropicali, ma che in Italia è stato rilevato dal 1989 (Tognetto et al., 1995), ha cominciato a causare problemi durante la balneazione (Figura 1).

In Italia e in Francia molti casi di sindrome febbrile-respiratoria sono stati riportati durante attività ricreative balneari in coincidenza di estese fioriture di *Ostreopsis cf. ovata* lungo le coste, dall'inizio degli anni 2000.

Il caso più importante si è verificato a Genova nel 2005, quando più di 200 persone, di cui circa il 20% ospedalizzato per poche ore, hanno riportato sintomi dopo aver stazionato per un po' di tempo sul litorale (Baldini et al., 2014; Brescianini et al., 2006).

La sindrome simil-influenzale nei bagnanti o in persone che stazionavano lungo il litorale, con segni e sintomi quali irritazione delle prime vie aeree, tosse, rinorrea, difficoltà respiratorie, dolori muscolari e articolari, irritazione a carico delle mucose oculari e della cute e febbre, tutti sintomi che si risolvono per lo più spontaneamente nelle 24-72 ore successive alla loro insorgenza, è stata associata all'esposizione all'aerosol durante le fioriture intense. Gli episodi d'intossicazione si sono verificati effettivamente soltanto in presenza di vento forte verso riva e mareggiate, con forte produzione di aerosol, in corrispondenza di densità molto elevate di *O. cf. ovata* in colonna d'acqua (≥ 100.000 cell/L).

Sono stati anche segnalati casi di tossicità locale cutanea e oculare reversibile, associati ad attività di balneazione e ad esposizione ad aerosol marino in concomitanza di proliferazioni di *O. cf. ovata*. Comunque la numerosità dei casi segnalati è generalmente molto modesta rispetto al totale dei bagnanti.



Figura 1. Filamenti mucillaginosi formati da *Ostreopsis cf. ovata* in colture di laboratorio.

O. cf. ovata produce le ovatossine, molecole analoghe alle palitossine (Ciminiello e Penna, 2014; Rossi et al., 2010). Le palitossine sono una famiglia di circa 20 composti, comprese le ovatossine, e ogni tossina presenta delle caratteristiche tossicologiche diverse: la palitossina, che prende il nome dai coralli tropicali *Palythoa toxica* e *tuberculosa* che la producono, è una delle più tossiche, mentre gli studi attualmente disponibili suggeriscono che le ovatossine siano meno tossiche della palitossina e di altre varianti (Pelín et al., 2016). La palitossina altera il funzionamento della pompa sodio/potassio della membrana cellulare, una funzione fondamentale per la trasmissione dell'impulso nervoso (Pelín et al., 2015). I sintomi sono caratterizzati all'inizio da disturbi gastrointestinali (sapore metallico in bocca, nausea, vomito e diarrea) seguiti da bruciore/formicolio alla bocca o alla gola, contrazioni del muscolo scheletrico e cardiaco, problemi cardiovascolari e emolisi (lisi dei globuli rossi). Nelle regioni tropicali ha dato luogo ad avvelenamenti anche letali in seguito ad ingestione di organismi marini contaminati.

Nel bacino del Mediterraneo tali effetti non sono stati riportati, probabilmente per la minore tossicità delle ovatossine. Non sono noti neanche casi d'intossicazione a seguito di ingestione di acqua durante attività di balneazione, ma sono state segnalate morie di molte specie di organismi acquatici, verosimilmente come conseguenza dell'effetto di molecole PITX-simili.

Dato che con frequenze ed intensità variabili ormai tutte le coste italiane sono interessate da fioriture estive di *O. cf. ovata* (con picchi fra luglio e settembre a seconda delle regioni), per proteggere la salute della popolazione e le attività economiche in settori quali il turismo balneare, la pesca e l'acquacoltura, la densità dell'alga durante la stagione balneare è regolarmente monitorata. Inoltre, il Ministero della Salute ha recentemente integrato la normativa sulla balneazione con le linee guida dell'Istituto Superiore di Sanità del 2014 (Funari et al., 2014b, 2015; Ministero della Salute, 2018) che hanno aggiornato quelle precedenti (Ministero della Salute, 2010), sulla base delle nuove conoscenze scientifiche e dei dati degli ultimi anni.

Infine, alcune informazioni pratiche sulle fioriture di *Ostreopsis ovata* e le palitossine si possono trovare sul sito www.issalute.it dell'Istituto Superiore di Sanità.

Cianobatteri d'acqua dolce

I cianobatteri sono organismi antichissimi (la cui origine risale a più di 3500 milioni di anni fa (Schopf, 2002), che nel corso dell'evoluzione hanno occupato tutte le nicchie ecologiche, anche le più estreme (dalle sorgenti termali agli iceberg, dalle acque dolci alle croste desertiche, in simbiosi con altri organismi) (Whitton e Potts, 2002).

Negli ambienti acquatici danno luogo a estese e abbondanti fioriture in condizioni di elevate concentrazioni

di nutrienti, limitato ricambio idrico, elevate temperature e stabilità termica (Paerl e Huisman, 2009). Molte specie producono metaboliti secondari, il cui ruolo ecologico è tuttora sconosciuto, che hanno effetti tossici su alcuni organismi, compreso l'uomo e rappresentano pertanto un problema sanitario (Funari e Testai, 2008). In Tabella 1 sono riportate le numerose classi di cianotossine conosciute e i loro principali effetti. La loro produzione dipende dalla presenza del genotipo tossico e da diversi fattori ambientali che ne regolano il rapporto con il genotipo non tossico e l'espressione genica (Neilan et al., 2013). Tuttavia le indicazioni sui fattori ambientali importanti sono specie-specifici e a volte anche contrastanti, perché ceppi diversi della stessa specie reagiscono in modo differente (Buratti et al., 2017). Le vie di esposizione durante le attività ricreative e di balneazione sono le stesse delle alghe marine: ingestione accidentale di acqua, contatto e inalazione. Il rischio è determinato dalle proprietà fisico-chimiche e tossicologiche delle cianotossine presenti e dagli scenari e livelli di esposizione, e si possono avere sia effetti locali (ad esempio irritazione degli occhi e della pelle, e sintomi gastrointestinali dovuti a irritazione e sensibilizzazione della mucosa) ed effetti sistemici (che colpiscono gli organi interni). I pochi eventi aneddotici e studi epidemiologici disponibili sono stati accuratamente esaminati (Buratti et al., 2017; Funari e Testai, 2008; Stewart et al., 2006; Testai et al., 2016).

Tabella 1. Le principali cianotossine conosciute, le specie che le producono e il tipo principale di tossicità.

Cianotossine	Cianobatteri	Tipo di tossicità
<u>Microcistine</u> (>90 congeneri)	<i>Microcystis</i> spp., <i>Planktothrix</i> spp., <i>Dolichospermum</i> , <i>Nostoc</i> , <i>Synechocystis</i> , <i>Cyanobium bacillare</i> , <i>Arthrospira fusiformis</i> , <i>Limnothrix redekei</i> , <i>Phormidium formosum</i> , <i>Hapalosiphon hibernicus</i>	Epatotossine, neurotossine
Nodularine	<i>Nodularia spumigena</i> (brackish water)	Epatotossine
<u>Cilindrospermopsine</u>	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> , <i>Umezakia natans</i> , <i>Chrysochlorum ovalisporum</i> , <i>Aphanizomenon flos-aquae</i> , <i>Raphidiopsis curvata</i> , <i>Anabaena lapponica</i> , <i>Anabaena bergii</i>	Citotossine
<u>Anatossina-a</u>	<i>Dolichospermum</i> spp., <i>Aphanizomenon</i> (<i>A. flos-aquae</i> , <i>A. issatschenkoii</i>), <i>Cylindrospermum</i> , <i>Microcystis</i> spp., <i>Planktothrix</i> spp., <i>Raphidiopsis mediterranea</i>	Neurotossine
Homoanatossina-a	<i>Oscillatoria formosa</i> , <i>Raphidiopsis mediterranea</i>	Neurotossine
Anatossina a-(s)	<i>Anabaena flos-aquae</i> , <i>A. lemmermannii</i>	Neurotossine
Saxitossine	<i>Aphanizomenon</i> , <i>Anabaena</i> , <i>Lyngbya</i> , <i>Cylindrospermopsis</i> spp.	Neurotossine
Endotossine Lipopolisaccaridiche (LPS)	Tutti i cianobatteri	Tossine irritanti e gastrointestinali
Aplisiatossine, Lingbiatossine Debromoaplisiatossine	<i>Lyngbya majuscula</i> (marine waters), <i>Oscillatoria nigro-viridis</i>	Tossine irritanti e gastrointestinali
Microviridine J	<i>Microcystis</i>	Sconosciuto

"Le tossine sottolineate sono quelle trovate finora in Italia."

In estrema sintesi, effetti sistemici (disturbi gastrointestinali acuti progrediti in sintomi simil-influenzali con febbre, mal di testa e mialgia, fino a polmonite atipica ed epatotossicosi) sono stati osservati dopo ingestione involontaria di acqua in seguito a cadute accidentali dalla barca o dal parapendio, in seguito al riflesso immersione-deglutizione, che è ancora più stimolato a temperature dell'acqua inferiori a 25°C. Lo svolgimento di sport acquatici in inverno può dunque rappresentare un rischio più elevato. Gli effetti associati ad attività ricreative durante la stagione balneare sono rash cutanei, irritazione, gonfiore e piaghe in caso di esposizione cutanea; sintomi gastrointestinali dopo ingestione di acqua e sintomi respiratori in caso di inalazione. In caso di presenza di neurotossine sono stati segnalati anche sintomi di confusione, disturbi visivi, oltre a mal di testa e febbre (Hilborn et al., 2014). Effetti locali di irritazione e sensibilizzazione sono stati associati più al contatto con le cellule che alla presenza di cianotossine (Bernstein et al., 2011; Geh et al., 2015). La maggior parte di questi sintomi comunque regredisce in poche ore senza nessun intervento.

L'OMS ha suggerito dei valori empirici di allerta (World Health Organization, WHO, 2003) e ogni Paese ha adottato delle procedure di prevenzione individuali (Chorus, 2012; Funari et al., 2017).

In Italia molti laghi sono interessati dalla presenza di specie cianobatteriche anche tossiche, e le specie più importanti per frequenza e abbondanza sono *Microcystis aeruginosa*, *Dolichospermum lemmermannii* e *Chryso-sporum ovalisporum* in estate, e *Planktothrix rubescens*, (Figura 2) in tardo autunno-inverno (Manganelli et al., 2014), tutte produttrici di microcistine, tranne *C. ovalisporum* che produce cilindrospermopsina, e *D. lemmermannii* che può produrre anche anatoxina-a.



Figura 2. Una fioritura superficiale di *Planktothrix rubescens* in un lago italiano. Foto: M. Pannocchia, A. Cerutti (<http://rsaonline.arpa.piemonte.it/rsa2006/rsa/capitoli/natura/plancton.htm>).

Le prime tre specie possono causare disagi e problemi relativi ad attività di balneazione, mentre *P. rubescens*, che fiorisce d'estate sotto il termocline e in superficie solo d'inverno, è più importante per l'uso potabile dell'acqua (Manganelli et al., 2010) o durante lo svolgimento di sport acquatici invernali. La presenza dei cianobatteri è controllata dalle autorità locali attraverso piani di monitoraggio ben regolamentati, e i rischi di esposizione acuta sia per attività ricreative e di balneazione che per uso potabile dell'acqua, sembrano essere sotto controllo.

Anche per i cianobatteri il Ministero della Salute ha integrato nello stesso decreto la normativa sulla balneazione con le linee guida dell'Istituto Superiore di Sanità del 2014 (Funari et al., 2014a; Ministero della Salute, 2018) che hanno aggiornato quelle precedenti (Ministero della Salute, 2010). Mancano ancora molte informazioni sul profilo tossicologico delle cianotossine attraverso le vie di esposizione principali con esposizione a dosi ripetute per brevi periodi (tossicità sub-acuta/subcronica), i dati sull'accumulo delle cianotossine negli organismi eduli, al momento insufficienti a delineare uno scenario espositivo accurato, e la necessità di procedere alla creazione di un database nazionale dei dati di sorveglianza sanitaria da incrociare con i dati di monitoraggio sulle fioriture. Le due linee guida sulle fioriture di *Ostreopsis cf. ovata* e sulle fioriture dei cianobatteri, che sono state redatte in collaborazione con gli esperti delle autorità locali preposte al controllo della balneazione, condividono un approccio basato sulla valutazione del rischio per proteggere la popolazione da esposizioni pericolose ed evitare la chiusura delle attività di balneazione, se non è effettivamente necessario. Le linee guida prevedono attività di monitoraggio per determinare il livello di rischio (nullo, allerta, emergenza) sulla base del numero di cellule e di concentrazioni limite di tossine determinate sulle informazioni scientifiche disponibili, e conseguenti azioni da intraprendere da parte delle autorità competenti (aumento della frequenza di monitoraggio, informazioni al pubblico, e altre azioni fino alla sospensione della balneazione o la chiusura della spiaggia).

Dato che nonostante il monitoraggio regolarmente effettuato si possono verificare fioriture improvvise in particolari condizioni meteorologiche e che sport acquatici e attività ricreative possono essere svolte anche

al di fuori della stagione di balneazione (aprile-settembre) quando il controllo è sospeso, le linee guida evidenziano la necessità di un'adeguata comunicazione al pubblico (es. tramite cartellonistica sul posto nelle spiagge a rischio, sui siti web, ecc.), che permetta di riconoscere situazioni rischiose. Inoltre, si suggerisce la possibilità di promuovere un sistema integrato di sorveglianza degli eventi sanitari associati agli organismi produttori di tossine, coinvolgendo anche gli operatori che, per la loro attività lavorativa, sono a contatto con un grande numero di bagnanti e frequentatori di spiagge e litorali, come i bagnini, i pescatori, le scuole di nuoto e immersione e i farmacisti. Nelle zone dove le fioriture di organismi tossici sono frequenti, gli operatori di questi settori dovrebbero essere informati prima della stagione balneare con apposito materiale (es. opuscoli, brochure, siti web) o attraverso incontri.

In questo modo potrebbero essere in condizione di riconoscere alcuni primi sintomi nelle persone che hanno avuto qualche tipo di contatto con la fioritura (contatto con l'acqua o pratica di sport acquatici o permanenza nelle vicinanze delle fioriture in presenza di aerosol) e indirizzarle verso la struttura sanitaria che procederebbe all'opportuna verifica. L'autorità sanitaria, previa verifica e informazione sull'effettiva presenza di fioriture, potrebbe valutare l'opportunità di procedere, con informazione e prevenzione nei confronti del pubblico, e con la richiesta di intensificare le attività di monitoraggio. Queste segnalazioni avrebbero l'indubbio vantaggio di prevenire l'insorgere di episodi epidemici e di esposizioni potenzialmente più pericolose e per l'individuazione di aree critiche non ancora segnalate. Inoltre, l'informazione offerta alle categorie di lavoratori sopra descritti, fornirebbe a quelle categorie potenzialmente esposte per la propria attività lavorativa, un necessario strumento di prevenzione.

Bibliografia

- Anderson D., Reguera B., Pitcher G., Enevoldsen H., 2010. *The IOC International Harmful Algal Bloom Program: History and science impacts*. Oceanography, 23: 72-85.
- Anderson D.M., Alpermann T.J., Cembella A. D., Collos Y., Masseret E., Montresor M., 2012. *The globally distributed genus Alexandrium: Multifaceted roles in marine ecosystems and impacts on human health*. Harmful Algae, 14: 10-35.
- Backer L., Fleming L., Rowan A., Cheng Y., Benson J., Pierce R., 2003. *Recreational exposure to aerosolized brevetoxins during Florida red tide events*. Harmful Algae, 2: 19-28.
- Baldini M., Durando P., Sosa S., Testai E., Tubaro A., 2014. *Effetti osservati sulla salute umana*, In: Funari E., Manganelli M. e Testai E. (Eds.), *Ostreopsis cf. ovata: linee guida per la gestione delle fioriture negli ambienti marino-costieri in relazione a balneazione e altre attività ricreative*. Rapporti ISTISAN 14/19. Istituto Superiore di Sanità, Rome: 45-56.
- Bernstein J., Ghosh D., Levin L., Zheng S., Carmichael W., Lummus Z., Bernstein I., 2011. *Cyanobacteria: an unrecognized ubiquitous sensitizing allergen?* Allergy Asthma Proc., 32: 106-110.
- Brescianini C., Grillo C., Melchiorre N., Bertolotto R., Ferrari A., Vivaldi B., Icardi G., Gramaccioni L., Funari E., Scardala S., 2006. *Ostreopsis ovata algal blooms affecting human health in Genova, Italy, 2005 and 2006*. Euro Surveillance: Bulletin Europeen sur les Maladies Transmissibles. European Communicable Disease Bulletin, 11(9).
- Buratti F.M., Manganelli M., Vichi S., Stefanelli M., Scardala S., Testai E., Funari E., 2017. *Cyanotoxins: producing organisms, occurrence, toxicity, mechanism of action, and human health toxicological risk evaluation*. Archives of Toxicology, 91: 1049-1130.
- Cheng Y. S., Zhou Y., Irvin C.M., Pierce R. H., Naar J., Backer L.C., Fleming L.E., Kirkpatrick B., Baden D.G., 2005. *Characterization of Marine Aerosol for Assessment of Human Exposure to Brevetoxins*. Environmental Health Perspectives, 113: 638-643.
- Chorus I., 2012. *Current approaches to Cyanotoxin risk assessment, risk management and regulations in different countries*. Federal Environment Agency (Umweltbundesamt), Dessau-Roßlau, Germany. 117 pp.
- Ciminiello P. e Penna A., 2014. *Caratteristiche chimiche delle palitossine e fonti biogenetiche*, In: Funari E., Manganelli M. e Testai E. (Eds.), *Ostreopsis cf. ovata: linee guida per la gestione delle fioriture negli ambienti marino-costieri in relazione a balneazione e altre attività ricreative*. Rapporti ISTISAN 14/19. Istituto Superiore di Sanità, Rome: 28-31.
- EFSA, 2009a. *Marine biotoxins in shellfish – Summary on regulated marine biotoxins. Scientific Opinion of the Panel of Contaminants in the Food chain*. EFSA Journal, 1306: 1-23.

- EFSA, 2009b. *Marine biotoxins in shellfish – Palytoxin group. Scientific Opinion of the Panel of Contaminants in the Food chain*. EFSA Journal, 1393: 1-38.
- FAO, 2004. *Marine biotoxins*. Food and Nutrition Paper, 80: 5-49.
- Fleming L.E., Kirkpatrick B., Backer L.C., Walsh C.J., Nierenberg K., Clark J., Reich A., Hollenbeck J., Benson J., Cheng Y.S., Naar J., Pierce R., Bourdelais A.J., Abraham W.M., Kirkpatrick G., Zaias J., Wanner A., Mendes E., Shalat S., Hoagland P., Stephan W., Bean J., Watkins S., Clarke T., Byrne M. e Baden D. G., 2011. *Review of Florida red tide and human health effects*. Harmful Algae, 10: 224-233.
- Funari E., Manganelli M., Buratti F.M., Testai E., 2017. *Cyanobacteria blooms in water: Italian guidelines to assess and manage the risk associated to bathing and recreational activities*. Science of The Total Environment, 598: 867-880.
- Funari E., Manganelli M., Testai E., 2014a. *Cianobatteri: linee guida per la gestione delle fioriture nelle acque di balneazione*, Rapporti ISTISAN 14/20. Istituto Superiore di Sanità, Rome.
- Funari E., Manganelli M., Testai E., 2014b. *Ostreopsis cf. ovata: linee guida per la gestione delle fioriture negli ambienti marino-costieri in relazione a balneazione e altre attività ricreative*, Rapporti ISTISAN 14/19. Istituto Superiore di Sanità, Rome.
- Funari E., Manganelli M., Testai E., 2015. *Ostreopsis cf. ovata blooms in coastal water: Italian guidelines to assess and manage the risk associated to bathing waters and recreational activities*. Harmful Algae, 50: 45-56.
- Funari E., Testai E., 2008. Human health risk assessment related to cyanotoxins exposure. Critical Reviews in Toxicology, 38: 97-125.
- Geh E., Ghosh D., McKell M., de la Cruz A., Stelma G., Bernstein J., 2015. *Identification of Microcystis aeruginosa peptides responsible for allergic sensitization and characterization of functional interactions between cyanobacterial toxins and immunogenic peptides*. Environmental Health and Perspective, 123: 1159-1166.
- Gopalakrishnakone P., Haddad V., Kem W., Tubaro A., Kim E., 2015. *Marine and freshwater toxins*. Springer, Dordrecht. 476 pp.
- Heisler J., Glibert P. M., Burkholder J. M., Anderson D. M., Cochlan W., Dennison W. C., Dortch Q., Gobler C. J., Heil C. A., Humphries E., Lewitus A., Magnien R., Marshall H. G., Sellner K., Stockwell D. A., Stoecker D. K., Suddleson M., 2008. *Eutrophication and harmful algal blooms: A scientific consensus*. Harmful Algae, 8: 3-13.
- Hilborn E., Roberts V., Backer L., Deconno E., Egan J., Hyde J., Nicholas D., Wiegert E., Billing L., Diorio M., Mohr M., Hardy J., Wade T., Yoder J., Hlavsa M., 2014. *Algal bloom associated disease outbreaks among users of freshwater lakes--United States, 2009-2010*. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). MMWR Morb Mortal Wkly Rep, 63: 11-15.
- Manganelli M., Scardala S., Stefanelli M., Vichi S., Mattei D., Bogialli S., Ceccarelli P., Corradetti E., Petrucci I., Gemma S., Testai E., Funari E., 2010. *Health risk evaluation associated to Planktothrix rubescens: An integrated approach to design tailored monitoring programs for human exposure to cyanotoxins*. Water Research, 44: 1297-1306.
- Manganelli M., Viaggiu E., Barone R., Buzzi F., Caviglia F., Congestri R., Copetti D., Angelis R.D., Godeas F., Guzzella L., Masala E., Naselli-Flores L., Salmaso N., Scardala S., 2014. *Situazione nazionale: corpi idrici interessati da cianobatteri tossici*. In: Funari E., Manganelli M. e Testai E. (Eds.), *Cianobatteri: linee guida per la gestione delle fioriture nelle acque di balneazione*. Rapporti ISTISAN 14/20. Istituto Superiore di Sanità, Rome Rome: 116-143.
- Ministero della Salute, 2010. *Decreto 30 marzo 2010. Definizione dei criteri per determinare il divieto di balneazione, nonché modalità e specifiche tecniche per l'attuazione del decreto legislativo 30 maggio 2008, n. 116, di recepimento della direttiva 2006/7/CE, relativa alla gestione della qualità delle acque di balneazione*. Gazzetta Ufficiale - Serie Generale, n. 119, del 24 Maggio 2010.
- Ministero della Salute, 2018. *Decreto 19 aprile 2018. Modifica del decreto 30 marzo 2010, recante: «Definizione dei criteri per determinare il divieto di balneazione, nonché modalità e specifiche tecniche per l'attuazione del decreto legislativo 30 maggio 2008, n. 116, di recepimento della direttiva 2006/7/CE, relativa alla gestione della qualità delle acque di balneazione»*. Gazzetta Ufficiale - Serie Generale, n. 196, del 24 Agosto 2018.
- Neilan B. A., Pearson L. A., Muenchhoff J., Moffitt M.C. e Dittmann E., 2013. *Environmental conditions that influence toxin biosynthesis in cyanobacteria*. Environmental Microbiology, 15: 1239-1253.

- Paerl H. W., Huisman J., 2009. *Climate change: a catalyst for global expansion of harmful cyanobacterial blooms*. Environmental Microbiology Reports, 1: 27-37.
- Paerl H. W. e Otten T. G., 2013. *Harmful Cyanobacterial Blooms: Causes, Consequences, and Controls*. Microbial Ecology, 65: 995-1010.
- Pelin M., Forino M., Brovedani V., Tartaglione L., Dell'Aversano C., Pistocchi R., Poli M., Sosa S., Florio C., Ciminiello P., Tubaro A., 2016. *Ovatoxin-a, A Palytoxin Analogue Isolated from Ostreopsis cf. ovata Fukuyo: Cytotoxic Activity and ELISA Detection*. Environmental Science & Technology, 50: 1544-1551.
- Pelin M., Sosa S., Tubaro A., 2015. *Palytoxins: Toxicological Profile*, In: Gopalakrishnakone P., Haddad Jr V., Kem W.R., Tubaro A., Kim E., Marine and Freshwater Toxins. Springer Netherlands, Dordrecht: 1-14.
- Rossi R., Castellano V., Scalco E., Serpe L., Zingone A., Soprano V., 2010.- *New palytoxin-like molecules in Mediterranean Ostreopsis cf. ovata (dinoflagellates) and in Palythoa tuberculosa detected by liquid chromatography-electrospray ionization time-of-flight mass spectrometry*. Toxicon, 56: 1381-1387.
- Schopf J., 2002. *The fossil record: tracing the roots of the cyanobacterial lineage*, In: Whitton B. e Potts M. (Eds.), The ecology of cyanobacteria. Their diversity in time and space. Kluwer Academic Publishers, New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow: 13-35.
- Stewart I., Webb P., Schluter P. e Shaw G., 2006. *Recreational and occupational field exposure to freshwater cyanobacteria - a review of anecdotal and case reports, epidemiological studies and the challenges for epidemiologic assessment*. Environmental Health: A Global Access Science Source, 5: 1-13.
- Testai E., Scardala S., Vichi S., Buratti F.M., Funari E., 2016. *Risk to human health associated with the environmental occurrence of cyanobacterial neurotoxic alkaloids anatoxins and saxitoxins*. Critical Reviews in Toxicology, 46: 385-419.
- Tognetto L., Bellato S., Moro I. e Andreoli C., 1995. *Occurrence of Ostreopsis ovata (Dinophyceae) in the Tyrrhenian Sea during summer 1994*. Botanica Marina, 38: 291-295.
- Whitton B. e Potts M., 2002. *Introduction to the Cyanobacteria*, In: Whitton B. e Potts M. (Eds.), The Ecology of Cyanobacteria. Their diversity in time and space. Kluwer Academic Publishers, New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow: 1-11.
- WHO, 2003. *Guidelines for Safe Recreational Water Environment. Coastal and Fresh Waters*. World Health Organization, Geneva.

Ricevuto il 14/05/2019

Accettato il 11/07/2019

