



Αναζητήσεις στη Φυσική Αγωγή & τον Αθλητισμό
Τόμος 13 (3), 63 - 84
Δημοσιεύτηκε: Φεβρουάριος 2016



Inquiries in Sport & Physical Education
Volume 13 (3), 63 - 84
Released: February 2016

www.pe.uth.gr/emag

ISSN 1790-3041



The Chlorination as a Disinfectant in Swimming Pools Water: Health Effects in Swimmers

Nikolaos Beidaris & Theodoros Platanou

School of Physical Education and Sports Sciences, National Kapodistrian University of Athens, Hellas

Abstract

Chlorine is an important factor of disinfection water in swimming pools and used extensively over the past decades. The most commonly used product is the sodium or calcium hypochlorite, but other chlorine compounds such as dichloroisocyanurate or chlorine gas are sometimes used. Nowadays there is an attempt across Europe to lower the use of chlorine by a parallel use of ozone, but in Greece the utilization of chlorine is dominant in nearly all swimming pools that operate such as sports areas and recreational choices. The literature review, highlighted by the majority of studies, the harmful importance of chlorine is mainly in indoor swimming pools and proposed alternative disinfection methods such as ionization. This does not detract from the significance of chlorine as a disinfectant, but highlights the appropriate measures (pre-washing, keeping hygiene, proper ventilation), so as to maximize the benefits of its use.

Key words: *chlorine, disinfection, swimming pools*

Επισκόπησης

Η Χλωρίωση ως Μέσο Απολύμανσης του Νερού Κολυμβητηρίων: Επιπτώσεις στην Υγεία των Κολυμβητών

Νικόλαος Μπεϊντάρης & Θεόδωρος Πλατάνου
ΣΕΦΑΑ, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθήνας

Περίληψη

Το χλώριο είναι ένας σημαντικός παράγοντας απολύμανσης του νερού στις πισίνες και χρησιμοποιείται κατά κόρον τις τελευταίες δεκαετίες. Το συνηθέστερα χρησιμοποιούμενο προϊόν είναι το υποχλωριώδες νάτριο ή ασβέστιο αλλά μερικές φορές χρησιμοποιούνται και άλλες ενώσεις του χλωρίου, όπως το διχλωροϊσοκυανουρικό ή το αέριο χλώριο. Στις μέρες μας υπάρχει μια προσπάθεια ελάττωσης της χρήσης του με παράλληλη χρήση του όζοντος σε πανευρωπαϊκό επίπεδο, όμως στην Ελλάδα είναι κυρίαρχη η χρήση του χλωρίου σχεδόν σε όλα τα κολυμβητήρια που χρησιμοποιούνται ως αθλητικοί χώροι και ως χώροι αναψυχής. Στην ανασκόπηση της βιβλιογραφίας τονίζεται από την πλειονότητα των ερευνών η βλαπτική σημασία του χλωρίου, κυρίως στις στεγασμένες πισίνες και προτείνονται εναλλακτικοί μέθοδοι απολύμανσης όπως αυτή του ιονισμού. Τα παραπάνω δεν υποβαθμίζουν τη σημαντικότητα του χλωρίου ως απολυμαντικό μέσο, επισημαίνουν όμως την λήψη κατάλληλων μέτρων (πρόπλυση, τήρηση κανόνων υγιεινής, σωστός εξαερισμός), ούτως ώστε να μεγιστοποιηθούν τα οφέλη της χρήσης του.

Λέξεις κλειδιά: χλώριο, απολύμανση, κολυμβητήρια

Εισαγωγή

Η ανακάλυψη του χλωρίου έγινε το 1774 από τον Σουηδό χημικό Καρλ Βίλχελμ Σέελε. Πρώτος ο Mood (1953) συσχέτισε τους ερεθισμούς στο δέρμα και στα μάτια των κολυμβητών και την επαφή με το χλωριωμένο νερό της πισίνας και εν συνεχεία πληθώρα ερευνών ακολούθησαν για να διαπιστωθούν οι επιπτώσεις που προκαλούνται στην υγεία των κολυμβητών (Florentin, Hautemaniere & Hartemann, 2011). Η μεγάλη σηματικότητα που πρέπει να έχει η ποιότητα του νερού ως πιθανός κίνδυνος για τη δημόσια υγεία, αντικατοπτρίζεται από το γεγονός ότι η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) έχει περίπου 4.5 εκατομμύρια πισίνες σύμφωνα με τον Francesco (2010). Σκοπός αυτής της μελέτης ήταν να καταγράψει και να συγκρίνει τα αποτελέσματα άλλων ερευνητικών εργασιών, έτσι ώστε να διαπιστωθεί αν το χλώριο και τα υποπροϊόντα απολύμανσης (Disinfection By-Products, DBPs) είναι επικίνδυνα ή όχι για την υγεία των αθλουμένων και των εργαζομένων, που αναλώνουν αρκετές ώρες παραμονής στα κολυμβητήρια.

Στην παρούσα μελέτη ανασκόπησης της βιβλιογραφίας διερευνήθηκε η επικινδυνότητα ή η καταλληλότητα του χλωρίου ως μέσου καθαρισμού του νερού των κολυμβητηρίων από διάφορους βλαπτικούς μικροοργανισμούς και σωματίδια. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε η μηχανή αναζήτησης pub-med με τις λέξεις κλειδιά chlorine και swimming-pools. Πιο συγκεκριμένα, στην παρούσα έρευνα αναζητήθηκαν κυρίως πρόσφατα άρθρα και συγκεντρώθηκαν 66 πρωτότυπα άρθρα και βιβλιογραφικές ανασκοπήσεις από το 1994 έως το 2014.

Για να γίνει πιο κατανοητή η παρούσα ανασκόπηση αρχικά παρουσιάζονται ενδελεχώς οι ενώσεις του χλωρίου και τα υποπροϊόντα απολύμανσης που παράγονται στα κολυμβητήρια σύμφωνα με τις σχετικές έρευνες. Στη συνέχεια παρατίθενται λεπτομερώς έρευνες οι οποίες καταδεικνύουν όλες τις πιθανές επιπτώσεις του χλωρίου και των υποπροϊόντων του στην υγεία των κολυμβητών, τις διάφορες εναλλακτικές μεθόδους απολύμανσης, τις επιδράσεις του χλωρίου ανάλογα με την ηλικία, την αθλητική ή εργασιακή ιδιότητα των ατόμων, και τέλος τους τρόπους αντιμετώπισης των βλαβερών ιδιοτήτων του.

Ανασκόπηση σχετικών ερευνών

Μέθοδος απολύμανσης του νερού των κολυμβητηρίων με χλώριο και παραγόμενα υποπροϊόντα

Οι κύριες μέθοδοι απολύμανσης των κολυμβητικών εγκαταστάσεων είναι: α) με χλώριο, β) με όζον και χλώριο, γ) με ηλεκτροχημικά μεικτά οξειδωτικά (electro-chemically generated mixed oxidants, EGMO) και δ) με τον ιονισμό ασημιού και χαλκού. Αυτές οι μέθοδοι μπορούν να συμπληρωθούν από νέες μεθόδους οξείδωσης και φιλτραρίσματος του νερού, για να διασφαλιστεί η καθαρότητά του (Lee, Jun, Lee, Lee, Eom & Zoh, 2010). Η πιο διαδεδομένη και οικονομική μέθοδος καθαρισμού του νερού στις κολυμβητικές εγκαταστάσεις στην Ελλάδα είναι η απολύμανση με χλώριο. Η πιο συνηθής χημική ένωση του χλωρίου είναι το χλωριούχο νάτριο (NaCl). Το χλώριο ανήκει στην ομάδα των αλογόνων και είναι ένα ανοιχτό πράσινο αέριο με χαρακτηριστική οσμή που είναι ίδια με αυτήν των διαλυμάτων υποχλωριώδους ασβεστίου ή νατρίου. Χρησιμοποιείται στην απολύμανση των λυμάτων ή του νερού, προκειμένου να αποφευχθεί η μετάδοση ασθενειών. Είναι πολύ ισχυρό οξειδωτικό μέσο, αντιδρά τόσο με ανόργανες (Fe^{2+} , Mn^{2+} , NO_2^- , H_2S) όσο και με οργανικές ουσίες, που δεσμεύουν το «απαιτούμενο χλώριο». Μετά την εκπλήρωση της απαίτησης του νερού σε χλώριο παραμένει «υπολειμματικό» χλώριο για να δράσει απολυμαντικά σε περίπτωση μόλυνσης του νερού με παθογόνους οργανισμούς.

Η μορφή του ως αέριο χλώριο είναι συνηθισμένη όσον αφορά στην απολύμανση των κολυμβητηρίων, για μεγάλες σε έκταση δεξαμενές. Για μικρότερες εγκαταστάσεις η συνηθέστερη και πλέον διαδεδομένη μέθοδος απολύμανσης του νερού, είναι η χλωρίωση, με τη χρήση διαλύματος υποχλωριώδους Νατρίου (NaOCl), και των παραγώγων του (υποχλωριώδες οξύ, υποχλωρίτης και αέριο χλωρίου). Η δραστηριότητα ενός διαλύματος υποχλωριώδους νατρίου εξαρτάται από το χρόνο που μεσολαβεί ανάμεσα στην παρασκευή και στη χρήση του. Και τούτο γιατί υφίσταται υδρόλυση, σχηματίζοντας υποχλωριώδες οξύ (HOCl), είτε βρίσκεται σε ανοικτό είτε σε κλειστό δοχείο. Χημικά, το υποχλωριώδες νάτριο είναι ισχυρό οξειδωτικό σε περιεκτικότητες άνω του 40%, ενώ θεωρείται μετριας οξειδωτικότητας σε διαλύματα κάτω του 40%, όπως η χλωρίνη. Το υποχλωριώδες οξύ είναι ανόργανη χημική ένωση, που περιέχει υδρογόνο, χλώριο και οξυγόνο. Είναι το ασθενές οξύ που προκύπτει όταν διαλυθεί χλώριο σε νερό. Δεν μπορεί να απομονωθεί σε χημικά καθαρή μορφή, γιατί βρίσκεται πάντα σε χημική ισορροπία με μίγμα χλωρίου και νερού. Το υποχλωριώδες οξύ είναι οξειδωτικό, και το άλας του με νάτριο είναι το υποχλωριώδες νάτριο (NaOCl). Όταν οξέα προστίθενται σε υδατικά διαλύματα υποχλωριωδών αλάτων, όπως το υποχλωριώδες νάτριο, η αντίδραση παράγει αέριο (στοιχειακό) χλώριο.

Το χλώριο διακρίνεται σε ελεύθερο και είναι το μόνο αποτελεσματικό γιατί απολυμαίνει το νερό (ενεργό χλώριο) και σε συνδυασμένο, το οποίο δεν μπορεί να δράσει ως απολυμαντικό και προκύπτει από την ένωση

του ελεύθερου χλωρίου με διάφορα οργανικά απόβλητα. Το συνδυασμένο χλώριο είναι το συνολικό ποσό που εξάγεται από την αφαίρεση του ελεύθερου χλωρίου από το συνολικό χλώριο. Οι πισίνες περιέχουν ελεύθερο χλώριο και συνδυασμένο χλώριο. Η φυσιολογική τιμή του ελεύθερου χλωρίου πρέπει να κυμαίνεται από 1 έως 3mg/L. Πολύ υψηλό ποσοστό συνδυασμένου χλωρίου στο νερό οδηγεί σε τσουξίμο στα μάτια. Υπερβολική ποσότητα συνδυασμένου χλωρίου μπορεί να βρεθεί σε νερό με πολλά οργανικά απόβλητα (δέρμα, ούρα, ιδρώτας κλπ.) και σημαίνει έλλειψη ενεργού χλωρίου. Υψηλό ποσοστό συνδυασμένου χλωρίου παρατηρείται σε πισίνες που χρησιμοποιούν χρόνια το ίδιο νερό. Ο όρος ελεύθερο χλώριο είναι το αποτέλεσμα της άμεσης ή έμμεσης οξειδωσης του χλωρίου με το οξυγόνο. Είναι γεγονός πως το χλώριο αποτρέπει τη δημιουργία διαφόρων παρασιτικών ιών, βακτηρίων και μυκήτων οι οποίοι είναι επικίνδυνοι για τους κολυμβητές.

Σύμφωνα με το εθνικό ίδρυμα κολυμβητηρίων στις ΗΠΑ (National Swimming Pool Foundation, USA, 2006), προτείνεται το ελεύθερο διαθέσιμο χλώριο (ως Cl₂) στις κολυμβητικές εγκαταστάσεις να έχει ελάχιστη συγκέντρωση 1 mg/L, ενώ οι συγκεντρώσεις του συνδυασμένου χλωρίου που αντιστοιχεί στις ανόργανες χλωραμίνες δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 0.2mg/L για τις κολυμβητικές δεξαμενές. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (World Health Organization, WHO, 2006), προτείνει ότι οι τιμές του ελεύθερου χλωρίου δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα 3 mg/L για τις κολυμβητικές εγκαταστάσεις, ενώ για τα κολυμβητήρια αναψυχής δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα 5 mg/L. Οι ελάχιστες συγκεντρώσεις του ελεύθερου χλωρίου ορίζονται στα 1 mg/L, ενώ οι τιμές του συνδυασμένου χλωρίου κυμαίνονται από 0.2 mg/L έως 0.5mg/L. Οι συγκεντρώσεις του ελεύθερου χλωρίου σε τιμές 0.5 mg/L ή χαμηλότερες είναι κατάλληλες όταν το χλώριο, χρησιμοποιείται συνδυαστικά με μεθόδους απολύμανσης όπως το όζον ή τις υπεριώδεις ακτίνες (UV). Στην πρακτική των κολυμβητικών εγκαταστάσεων οι τιμές οι οποίες υπερβαίνουν τα 2- 3 mg/L, απαιτούνται για τις δραστηριότητες αναψυχής ούτως ώστε να επιτευχθεί η απολύμανση με τον μεγαλύτερο αριθμό κολυμβητών ή στις μεγαλύτερες θερμοκρασίες.

Τα διάφορα προϊόντα απολύμανσης και οι άλλες μέθοδοι απολύμανσης που εμπεριέχουν χλώριο, είναι υπεύθυνα για τη δημιουργία υποπροϊόντων. Επιπρόσθετα το θερμαινόμενο χλωριωμένο νερό των κολυμβητηρίων παράγει νευροτοξικούς διαλύτες λιπιδίων, διάφορα επιβλαβή πτητικά και αέρια του χλωρίου (McMaster, 2011). Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά στο χλώριο, όταν αντιδρά με τις διάφορες εκκρίσεις του σώματος των κολυμβητών παράγει διάφορες χημικές ενώσεις. Η χλωρίνη, αντιδρά με τις πρωτεΐνες του σώματος (ιδρώτα και ούρα) και δημιουργεί διάφορα υποπροϊόντα όπως τις χλωραμίνες, τα τριαλομεθάνια, τους αλογονωμένους υδρογονάνθρακες, τα αλογονικά οξέα και τις αλδεΐδες. Αυτές οι ενώσεις μεταφέρονται είτε ως αέρια είτε ως σταγονίδια μέσα στα κολυμβητήρια (Thickett, McCoach, Gerber, Sadhra, & Burge, 2002).

Τα υποπροϊόντα απολύμανσης είναι αρκετές δεκάδες και γι' αυτό η παρούσα ανασκόπηση θα επικεντρωθεί στα σημαντικότερα εξ αυτών. Συγκεκριμένα ανιχνεύτηκαν με την χρωματογραφία αερίων (gas-chromatography) στα κολυμβητήρια οι εξής ενώσεις οι οποίες αποκαλούνται τριαλομεθάνια (THM): χλωροφόρμιο (CHCl₃), βρωμοδιχλωρομεθάνιο (CHBrCl₂), διβρωμοχλωρο-μεθάνιο (CHBr₂Cl) και σπάνια το βρωμοφόρμιο (CHBr₃). Το χλωροφόρμιο βρίσκεται τόσο στο νερό όσο και στον περιβαλλοντικό αέρα. Σύμφωνα με την Αμερικανική Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος (United States Environmental Protection Agency, USEPA, 1989, 1999) και τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO, 2000a), μετά από επιδημιολογικές έρευνες που έγιναν σε ζώα, οι τρεις πρώτες ενώσεις θεωρήθηκαν ότι είναι πιθανώς καρκινογόνες ενώ η τέταρτη είναι λιγότερο πιθανά καρκινογόνος για τα ζώα, χωρίς όμως να έχουν γίνει ανάλογες έρευνες και για τους ανθρώπους. Σε βιβλιογραφική ανασκόπηση των Weaver, Li, Wen, Johnston, Blatchley και Blatchley (2009), βρέθηκαν ότι οι μέγιστες συγκεντρώσεις των συνολικών τριαλομεθανίων είχαν ανώτατα όρια 80 μg/L για το πόσιμο νερό, όπως ορίστηκαν από την υπηρεσία προστασίας του περιβάλλοντος των ΗΠΑ (US EPA/TTHM), και 20 μg/L για τις κολυμβητικές εγκαταστάσεις σύμφωνα με τη Διεθνή Κολυμβητική Ομοσπονδία (FINA). Στα κολυμβητήρια οι μέσες συγκεντρώσεις των τριαλομεθανίων σύμφωνα με τη βιβλιογραφική ανασκόπηση του Richardson και συν. (2010) κυμαίνονται από 15.8 μg/L στην Ισπανία (Santa Marina et al., 2009) έως 132.4 μg/L στην Αγγλία (Chu & Nieuwenhuijsen, 2002). Για τη μέση τιμή των τριαλομεθανίων στη Γερμανία και στη Δανία έχει οριστεί ένα τυπικό όριο σε πισίνες για κολύμβηση αναψυχής στα 20 μg/L. (πίνακας 1).

Επίσης στα κολυμβητήρια εντοπίστηκαν αζωτούχες ενώσεις (π.χ. αλογονοακετρονιτρίλια, νιτροζαμίνες), οι οποίες ενυπάρχουν σε διάφορες ενώσεις όπως το τριχλωριούχο άζωτο το οποίο είναι κυρίαρχο σ' ένα χαμηλό Ph(<8) και όταν υπάρχει υψηλή αναλογία χλωρίου/αζώτου (Hery, Hecht., Gerber, Gendre, Hubert & Rebuffaudl, 1995; Holzwarth, Balmer & Sony, 1984; Richardson et al., 2010). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η συγκέντρωση στην ατμόσφαιρα σε χλωραμίνες σε δεκατρία στεγασμένα κολυμβητήρια στη Γαλλία (Hery, et al. 1995), ήταν υψηλότερη στα κέντρα αναψυχής απ' ότι στα κολυμβητήρια που γίνονται προπονήσεις και αγώνες, λόγω της υψηλότερης θερμοκρασίας αέρα και νερού, της χαλαρότητας των κανόνων υγιεινής και της συχνής διαταραχής της επιφάνειας του νερού στα κέντρα αναψυχής. Για τις χλωραμίνες στο επίπεδο του τριχλωριούχου αζώτου προτάθηκε ως ανώτατη οριακή τιμή στα 0.5 mg m⁻³ (Hery, et al. 1995). Ο Jessen

(1986) σε έρευνα που έκανε σε στεγασμένες πισίνες στη Γερμανία, βρήκε ότι οι συγκεντρώσεις τριχλωραμινών κυμάνθηκαν από 0.2 έως 0.5 mg m³. Επιπλέον σε άλλη έρευνα βρέθηκε σε κολυμβητήρια του Βελγίου οι συγκεντρώσεις της τριχλωραμίνης στον αέρα κυμαίνονταν από 300 έως 500 μg/m³ και οι συγκεντρώσεις του ενεργού και συνδυασμένου χλωρίου δεν υπερέβησαν τα 4ppm (Bernard, Nickmilder, Voisin & Sardella, 2009). Ο λόγος αυτών των μεγάλων διαφορών στις τιμές είναι ότι οι τριχλωραμίνες εξατμίζονται από το νερό στον αέρα (Font-Ribera & et al., 2010; Richardson, et al. 2010), συνεπώς είτε ενυπάρχουν στο νερό είτε εκκλιπών σταδιακά και διαχέονται στον αέρα αυξάνοντας τα ανώτατα όρια τιμών.

Ο Weaver και συν. (2009) συνέλεξε δείγματα από έντεκα κλειστές πισίνες στις ΗΠΑ για μια περίοδο έξι μηνών, δυο φορές την εβδομάδα. Τα δείγματα νερού της πισίνας αναλύθηκαν για υπολειμματικές ενώσεις χλωρίου. Βρέθηκαν έντεκα πηητικά υποπροϊόντα απολύμανσης: μονοχλωραμίνη (NH₂Cl), διχλωραμίνη (NHCl₂), τριχλωραμίνη (NCl₃), χλωροφόρμιο (CHCl₃), βρωμοφόρμιο (CHBr₃), διχλωροβρωμομεθάνιο (CHBr₂Cl), διβρωμοχλωρομεθανίου (CHBrCl₂), χλωριούχο κυάνιο (CNCl), βρωμιούχο κυάνιο (CNBr), διχλωροακετονιτρίλιο (CNCHCl₂) και διχλωρομεθυλαμίνη (CH₃NCl₂). Αν και πολλές στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις ζευγών εντοπίστηκαν, μόνο το CNCHCl₂ και η CH₃NCl₂ έδειξαν ότι μπορούν να λειτουργήσουν ως τελικές ενώσεις για τη χημική σύσταση του νερού. Από αυτά τα έντεκα υποπροϊόντα απολύμανσης, δέκα ταυτοποιήθηκαν ως τακτικά, με το CHBrCl₂ να εμφανίζεται μόνο σποραδικά. Οι συγκεντρώσεις του συνδυασμένου χλωρίου υπερέβησαν στο σύνολο των κολυμβητηρίων σε ποσοστό 75.9% τις κατευθυντήριες γραμμές των ορίων του εθνικού ιδρύματος κολυμβητηρίων στις ΗΠΑ (NSPF, 2006).

Τα τελευταία έτη πολλά νέα DBPs εντοπίστηκαν που δεν είχαν προσδιοριστεί προηγουμένως στην πισίνα ή το πόσιμο νερό και διαπιστώθηκε ότι τα νερά της πισίνας είναι τόσο μεταλλαξιγόνα όσο και τα τυπικά πόσιμα νερά. Σε δύο δημόσιες στεγασμένες πισίνες στη Βραζιλία, εντοπίστηκαν περισσότερα από εκατό DBPs, συμπεριλαμβανομένων πολλών που περιέχουν άζωτο, τα οποία πιθανόν να σχηματίστηκαν από πρόδρομες ουσίες που περιέχουν άζωτο από ανθρώπινες εισροές, όπως τα ούρα, τον ιδρώτα, και κυττάρων του δέρματος. Οι μέσες τιμές εντός νερού του ελεύθερου χλωρίου ήταν 1.28 ± 0.43mg/L, της μονοχλωραμίνης σε 0.29 ± 0.11mg/L, της διχλωραμίνης σε 0.38 ± 0.14mg/L, της τριχλωραμίνης σε <0.10mg/L και των THM 49.6 ± 10.6 μg/L και στον αέρα διέφεραν ως προς την τριχλωραμίνη 0.29 ± 0.10 μg/m³ και για τα συνολικά THM 72.1 ± 20.7 μg/m³ (Richardson, et al. 2010). Η ανάγκη περαιτέρω έρευνας σε ένα ευρύ φάσμα από κολυμβητικές δεξαμενές, κάτω από διαφορετικές συνθήκες συντήρησης και χρήσης μπορεί να δικαιολογήσει την απουσία αντίστοιχων επιτρεπόμενων ορίων στη συγκεκριμένη μελέτη.

Η ποιότητα του χλωριωμένου νερού, σε κλειστές πισίνες επιδεινώνεται υπό συνθήκες εκτεταμένης και έντονης χρήσης, όπως πριν και κατά τη διάρκεια εθνικών αγώνων κολύμβησης στις ΗΠΑ, λόγω της συγκέντρωσης της ελεύθερης χλωρίνης, των πηητικών υποπροϊόντων απολύμανσης και της ουρίας (Weng & Blatchley, 2011). Κατά τη διάρκεια αυτών των αγώνων η συγκέντρωση της τριχλωραμίνης (NCl₃) διπλασιάστηκε μετά την πρώτη ημέρα, και ήταν αυξημένη τις τέσσερις ημέρες του ανταγωνισμού. Επίσης, αυξήθηκαν οι συγκεντρώσεις χλωροφόρμιου (CHCl₃), διχλωροακετονιτρίλιου CNCHCl₂ και διχλωρομεθυλαμίνης (CH₃NCl₂), κι αυτό προφανώς οφείλεται στα πρόδρομα χημικά. Προκειμένου να διατηρηθούν στα αποδεκτά όρια συγκεντρώσεως του ελεύθερου χλωρίου στους αγώνες, προτάθηκε η ελάχιστη τιμή συγκέντρωσης χλωρίου να κυμαίνεται στα 1 mg/L, γι' αυτό ο συντηρητής του κολυμβητηρίου διπλασίασε τη δοσολογία του ελεύθερου χλωρίου που εφαρμόζε, σε συνθήκες παρόμοιες με την κανονική καθημερινή χρήση εξαιτίας του μεγάλου όγκου αθλητών που ήταν 5-10 φορές μεγαλύτερος από το κανονικό. Αυτή η τακτική της υπερχλωρίωσης είναι συνήθης στις κολυμβητικές εγκαταστάσεις σε συνθήκες μεγάλου όγκου κολυμβητών είτε εκτεταμένης μόλυνσης του νερού (π.χ. ούρα, εμετός, κόπρανα κ.τ.λ.) για να μη διασπείρονται τα μικρόβια και οι διάφοροι παθογόνοι μικροοργανισμοί.

Εκτός από τις παραπάνω τυπικές έρευνες, με την εξέταση των υποπροϊόντων απολύμανσης (DBPs), τόσο στο νερό όσο και στον αέρα των κολυμβητηρίων, διεξήχθησαν έρευνες για την ανίχνευση στο αίμα των υποπροϊόντων απολύμανσης με αιματολογικούς ελέγχους στους κολυμβητές. Ωστόσο είναι αναγκαίο να διεξαχθούν ανάλογες μελέτες για την πιθανή επίπτωση στην υγεία των κολυμβητών μετά από μακροχρόνια προπόνηση, καθώς και να θεσπιστούν επιτρεπόμενα όρια από Διεθνείς Οργανισμούς (Πίνακας 1). Αυτές αποδεικνύουν την ύπαρξη των υποπροϊόντων στο αίμα των κολυμβητών, χωρίς όμως να υπάρχουν συγκεκριμένα επιτρεπόμενα όρια, όπως στη μελέτη των Aiking, vanAckertb, Scholtenb, Feenstra και Valkenburgb (1994), στην οποία σε δείγμα αίματος δέκα κολυμβητών υψηλών επιδόσεων που προπονούσαν σε στεγασμένο κολυμβητήριο εντοπίστηκε ο δείκτης της ένωσης του χλωροφορμίου (μέση τιμή = 0.89±0.34 μg/L), ενώ αντιθέτως στην ίδια έρευνα σε κολυμβητές που προπονούσαν σε ανοικτό κολυμβητήριο δεν βρέθηκαν ενοχοποιητικά αποτελέσματα. Αυτή η διαφορά θα μπορούσε να εξηγηθεί από το γεγονός ότι οι μέσες συγκεντρώσεις του χλωροφορμίου σε "ανοικτές" πισίνες ήταν 18.4 μg/L, αρκετά μικρότερες από τις στεγασμένες πισίνες 24.0 μg/L. Σύμφωνα με τα δεδομένα αυτής της έρευνας, φαίνεται ότι ο σχηματισμός της βλαπτικής ένωσης του χλωροφορμίου για τον αθλητή είναι μικρότερος στα ανοιχτά κολυμβητήρια. Οι Aggazzotti,

Fantuzzi, Righi και Predieri (1998), εξέτασαν την επίδραση στους βιοχημικούς δείκτες του αίματος κολυμβητών από την έκθεση στα τριαλομεθάνια (THM), διεξάγοντας αναλύσεις αίματος (n=3 άντρες & 2 γυναίκες, μέσης ηλικίας 18.6 ετών) και αερίων σε στεγασμένες πισίνες κατά τη διάρκεια της κολύμβησης και της ξεκούρασης. Μετά από μία ώρα κολύμβησης, η πρόσληψη τριαλομεθανίων βρέθηκε περίπου επτά φορές υψηλότερη απ' ό τι στην ξεκούραση. Στον παρακάτω Πίνακα 1 αναφέρονται οι έρευνες και οι μετρημένες τιμές, συνοπτικά, του ελεύθερου και συνδυασμένου χλωρίου καθώς και των υποπροϊόντων απολύμανσης που βρέθηκαν σε κολυμβητήρια. Επιπρόσθετα, αναφέρονται τα θεσμοθετημένα επιτρεπόμενα όρια, για όσα από αυτά τα υποπροϊόντα απολύμανσης υπάρχουν, σύμφωνα με τους παγκόσμιους οργανισμούς υγείας και των προτάσεων των ερευνητών.

Πίνακας 1. Συνοπτικός πίνακας των μετρημένων τιμών των κυριότερων υποπροϊόντων απολύμανσης του νερού των κολυμβητηρίων και τα επιτρεπόμενα όρια (1984-2013)

Χημικές ενώσεις	Μετρημένες τιμές	Επιτρεπόμενα Όρια
Χλώριο (chlorine, Cl) (Font-Ribera et al., 2010; Richardson, et al., 2010; Voisin, Sardella, Marcucci & Bernard, 2010)	Ελεύθερο: 1.28 ± 0.43 mg/L , 1-2 ppm , 1.17 ± 0.4 mg/L	Ελεύθερο: 0.4-3 mg/L (NSPF, 2006; WHO, 2006) 2-10ppm (MMWR USA 2007), 0.3-4 ppm (Weisel et al. 2009). Υπόλειμμα : 0.4-0.7 mg/L (υγειονομική διάταξη Γ1/443/1973), 0.5-1.5 (Βέλγικη νομοθεσία, 2003)
(Fernandez-Luna, Burillo, Felipe , Gallardo & Tamara., 2013)	Αέρα: 4.3 ± 2.3mg/m ³	1.5 mg/m ³ Συνδυασμένο: ≤0.5 ppm (MMWRUSA 2007), <0.8 ppm (Βέλγικη νομοθεσία, 2003), 0.2-2 ppm (Bernard, Carbonnelle, Dumont & Nickmilder, 2007)
τριαλομεθάνια (trihalomethanes, THM) (Chu & Nieuwenhuijsen, 2002; Lee, Ha & Zoh, 2009, Panyakapo, et. al., 2008; Richardson, et al., 2010; Santa Marina et al., 2009,)	Νερό: 15.8 µg/L - 132.4 µg / L	έως 20 µg/L σύμφωνα με τη FINA (Weaver, et al., 2009) Μέγιστη συγκέντρωση των ολικών THMs 100µg/l (οδηγία 98/83/EK του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης)
(Richardson, et al., 2010)	Αέρα : 72.1 ± 20.7 µg/m ³	
Χλωροφόρμιο (chloroform ,CHCl₃) (Aggazzottietal., 1998; Aikingetal., 1994; Charlier, Burlion, & Schooten, 2003; Panyakapo, Soontornchal, & Paopuree, 2008)	Νερό: 9.50 µg/L - 49 µg/L	Μέγιστη συγκέντρωση των ολικών THMs 100µg/L
(Charlier, et al. 2003; WHO 2006)	Αέρα: 1.2 - 214 µg/m ³	
Βρωμοφόρμιο (CHBr₃) (Panyakapo, et al., 2008; WHO 2006)	Νερό: 0.08-6.56 µg/L	Μέγιστη συγκέντρωση των ολικών THMs 10µg/L
(WHO 2006)	Αέρα: 0.03-0.2 µg/m ³	
Βρωμοδιχλωρομεθάνιο (CHBrCl₂) (Panyakapo, et al., 2008; WHO 2006)	Νερό: 1.3-22.6 µg/L	Μέγιστη συγκέντρωση των ολικών THMs 100µg/L
(WHO 2006)	Αέρα: 0.1-20 µg/m ³	
διβρωμοχλωρομεθάνιο (CHBr₂Cl) (Panyakapo, et al., 2008; WHO 2006)	Νερό: 0.4-22.78 µg/L	Μέγιστη συγκέντρωση των ολικών THMs 100µg/L
(WHO 2006)	Αέρα: 0.05-13.3 µg/m ³	
χλωραμίνες (chloramines, NH₂Cl) (Hery, et al., 1995)	Αέρα: 0.22 - 1.00 mg/m ³	Νερό: 0.2 mg/L έως 0.5 mg/L (NSPF, 2006), ≤0.5 ppm (MMWR, USA, 2007)
Μονοχλωραμίνη (NH₂Cl) (Richardson et al., 2010)	Νερό: 0.29 ± 0.11 mg/L	Δεν βρέθηκαν
Διχλωραμίνη (NHCl₂) (Font-Ribera et al., 2010; Richardson et al., 2010)	Νερό: 0.24 - 0.53 mg/L	Δεν βρέθηκαν
Τριχλωραμίνη (NCl₃), τριχλωριούχο άζωτο (Nitrogen trichloride) (Bernard et al., 2003)	Νερό: 0.1-1 mg/m ³	Δεν βρέθηκαν
(Bernard et al., 2003; Font-Ribera et al., 2010; Jensen, 1986; Richardson et al., 2010)	Αέρα: < 0.10 έως 0.5mg/m ³	0.5 mg/m ³ (WHO, 2006), 0.3 mg/m ³ (Parrat, Donze, Iseli, Perret, Tomacic & Schenk, 2012)
(Bernard et al., 2009)	Αέρα: 300 - 500 µg/m ³	<500µg/m ³ (Βέλγικη νομοθεσία, 2003)

Εναλλακτικές μορφές απολύμανσης του νερού και σύγκριση μεταξύ στεγασμένων και ανοικτών κολυμβητηρίων

Εκτός από τη μέθοδο απολύμανσης με χλώριο των κολυμβητικών εγκαταστάσεων, φαίνεται πως σταδιακά την τελευταία δεκαετία υπάρχει μια μεταστροφή προς άλλες μεθόδους απολύμανσης, οι οποίες είναι λιγότερο τοξικές και φιλικές προς το περιβάλλον, με τον ιονισμό να καταλαμβάνει σημαντική θέση. Επίσης, λιγότερο τοξικά αποδεικνύεται ότι είναι τα ανοικτά κολυμβητήρια, που χρησιμοποιούν το χλώριο ως απολυμαντικό μέσο, συγκριτικά με τα ανοικτά λόγω της εξάτμισης του χλωρίου στον αέρα. Στα στεγασμένα κολυμβητήρια θα πρέπει να επιδιώκεται ο καλύτερος δυνατός εξαερισμός ανακυκλώνοντας σταθερά τον αέρα και διατηρώντας την υγρασία του περιβάλλοντος σχετικά χαμηλή. Οι κύριες μέθοδοι απολύμανσης εκτός της χλωρίνης είναι: με τον συνδυασμό όζοντος και χλωρίνης, με ηλεκτροχημικά μεικτά οξειδωτικά (EGMO) και με τον ιονισμό αργύρου και χαλκού. Επιπλέον, άλλες μέθοδοι απολύμανσης είναι με το χλώριο και τις υπεριώδεις ακτίνες (UV) και βοηθητικά η κροκιδώση. Στη μέθοδο του συνδυασμού των απολυμαντικών του όζοντος ως κύριου απολυμαντικού στην οξείδωση και δευτερευόντως του χλωρίου μειώνονται τα επικίνδυνα χημικά προϊόντα και τα υποπροϊόντα. Με δόσεις όζοντος στα επίπεδα των 0.3 έως 0.5 ppm μπορούμε να έχουμε μία αναλογία 95% όζοντος και 5% χλωρίου. Στη μέθοδο του ιονισμού διασκορπίζονται θετικά φορτισμένα ιόντα χαλκού και αργύρου στο σύστημα νερού και τα ιόντα με ηλεκτροστατικό τρόπο απομακρύνουν τα βακτήρια. Στη μέθοδο χλωρίου και UV, το χλώριο είναι το πρωτεύον απολυμαντικό και οι υπεριώδεις ακτίνες το δευτερεύον απολυμαντικό. Με τη μέθοδο της κροκιδώσης απομακρύνονται ρύποι όπως τα αιωρούμενα και τα κολλοειδή σωματίδια μετά από βάρυνση και την επακόλουθη καθίζηση με την δημιουργία κροκιδών.

Με σκοπό να γίνει έλεγχος και σύγκριση της τοξικότητας των κολυμβητηρίων ανάλογα με τη μέθοδο απολύμανσης ο Lee και συν. (2009) μέτρησε τη συγκέντρωση των τριαλομεθανίων, ανάλογα με τις διάφορες μεθόδους απολύμανσης σε 183 κλειστές πισίνες και οι γεωμετρικά μέσες συγκεντρώσεις ήταν μικρότερες στη μέθοδο απολύμανσης για το όζον/ χλώριο $23.3 \pm 2.2 \mu\text{g/L}$ έναντι $32.9 \pm 2.4 \mu\text{g/L}$ για το χλώριο, και $58.2 \pm 1.7 \mu\text{g/L}$ για τις μικτές ηλεκτροχημικά παραγόμενες οξειδώσεις. Όσον αφορά στη μέθοδο απολύμανσης με όζον, ο Lagerkvist και συν. (2004) μελέτησε την πνευμονική επιθηλιακή ακεραιότητα στα παιδιά ($n=57$ παιδιά, 10-11ετών), πριν και μετά την άσκηση, για δύο ώρες σε σχέση με την έκθεση σε όζον, το οποίο είναι ερεθιστικό των αεραγωγών σε κλειστά και ανοικτά κολυμβητήρια. Βρέθηκε ότι η επαναλαμβανόμενη έκθεση στον αέρα σε υποπροϊόντα με χλωρίωση στα "κλειστά" κολυμβητήρια, έχει αρνητικές συνέπειες για την κυτταρική πρωτεΐνη Clara (CC16). Το όζον είχε μέσες ημερήσιες τιμές συγκέντρωσης από 77 έως $116 \mu\text{g/m}^3$. Η μέτρηση της CC16, ως αντιφλεγμονώδης πρωτεΐνη έχει προταθεί ως μια μη επεμβατική μέθοδος και ευαίσθητος δείκτης της πνευμονικής βλάβης του επιθηλίου. Εντούτοις, στα "ανοικτά" κολυμβητήρια δεν βρέθηκαν σημαντικές συγκεντρώσεις της CC16 πριν ή μετά την άσκηση, ούτε κάποια μείωση στη λειτουργικότητα των πνευμόνων. Οι μέσες τιμές με τυπικές αποκλίσεις της συγκέντρωσης του ορού της CC16 σε μη κολυμβητές επισκέπτες ήταν $8.2 \pm 2.8 \mu\text{g/L}$ πριν την άσκηση και $8.0 \pm 2.6 \mu\text{g/L}$ μετά την άσκηση, επειδή η επαφή με το χλώριο δεν είναι συνεχής και ως εκ τούτου δεν επηρεάζεται η CC16 με αποτέλεσμα να έχει υψηλές τιμές. Οι αντίστοιχες τιμές σε κολυμβητές ήταν 5.7 ± 2.4 και $5.3 \pm 1.7 \mu\text{g/L}$ (εύρος 2.2-16.1 $\mu\text{g/L}$), που είναι σαφώς μικρότερες διότι αυτοί έχουν πιο συχνή επαφή σε συνθήκες έκθεσης του χλωρίου. Συμπερασματικά, παιδιά που επισκέπτονταν τακτικά στεγασμένες πισίνες είχαν σημαντικά χαμηλότερες τιμές της CC16 απ' ότι οι μη κολυμβητές, τόσο πριν όσο και μετά την άσκηση. Μια πιθανή σχέση μεταξύ των ζημιών στα κύτταρα Clara και της πνευμονικής νοσηρότητας (π.χ. άσθμα), θα πρέπει να διερευνηθεί περαιτέρω. Αξιοσημείωτο είναι ότι στα μη στεγασμένα κολυμβητήρια δεν υπήρχαν σημαντικές μεταβολές στη μέση συγκέντρωση της CC16 σε παιδιά, πριν ή μετά την άσκηση. Αυτό πιθανά οφείλεται στη μεγαλύτερη εξάτμιση του χλωρίου και το γεγονός ότι διαχέεται στο περιβάλλον. Σύμφωνα με τα παραπάνω θα πρέπει επομένως να δοθεί μεγάλη προσοχή στις καλές συνθήκες του περιβάλλοντος αέρα των κλειστών κολυμβητηρίων. Ο εξαερισμός του κολυμβητηρίου να λειτουργεί κανονικά, ώστε η σχετική υγρασία των χώρων εν γένει του κολυμβητηρίου να βρίσκεται σε επίπεδα κατώτερα του 70% (άρθρο 13, εδάφιο 4 της υγειονομικής διάταξης Γ1/443/1973, ΦΕΚ 87/Β/1973).

Όσον αφορά στο συνολικό οργανικό άνθρακα (TOC), ο οποίος είναι σημαντικός καθοριστικός παράγων σχηματισμού των υποπροϊόντων, σύμφωνα με τον Lee και συν. (2010), σε όλα τα είδη πισίνας με διαφορετικές μεθόδους απολύμανσης, έδειξε καλή συσχέτιση με όλα τα υποπροϊόντα απολύμανσης (χλώριο = 0.82, $P < 0.01$; όζον και χλώριο $r = 0.52$, $P < 0.01$, μεικτά ηλεκτροχημικά οξειδωτικά, $r = 0.39$, $P < 0.05$). Επίσης, το νιτρικό συσχετίστηκε αρνητικά με τις συγκεντρώσεις των συνολικών προϊόντων απολύμανσης και τις με ηλεκτροχημικά μεικτά οξειδωτικά (EGMO) απολυμασμένες πισίνες, ενώ θετικά με τα άλλα δύο είδη απολύμανσης. Το νιτρικό είναι ένας σταθεροποιητικός παράγοντας της αντίδρασης μεταξύ χλωρίνης και αμμωνίας, ενώ τα υψηλά επίπεδα νιτρικού μπορούν να συσχετιστούν με τον υπερβολικό αριθμό κολυμβητών στα κολυμβητήρια και την ανεπαρκή παροχή φρέσκου νερού (Judd & Bullock, 2003). Σε σχέση και με τις τρεις μεθόδους απολύμανσης (χλώριο, όζον και χλώριο, μεικτά ηλεκτροχημικά οξειδωτικά) στα κλειστά κολυμβητήρια τα επίπεδα των συνολικών συγκεντρώσεων τριαλομεθανίων ήταν τα υψηλότερα, ακολουθούμενα από τις συνο-

λικές συγκεντρώσεις των αλογονικών οξέων, της ένυδρης χλωράλης και κατόπιν από τις συνολικές συγκεντρώσεις των αλογονοακετονιτριλίων.

Σε έρευνες που έχουν γίνει συγκρίνοντας τη μέθοδο απολύμανσης με χλώριο και τις άλλες μεθόδους απολύμανσης στην επίδραση στο αναπνευστικό σύστημα, οι Bernard, Nickmilder και Voisin (2008), αναφέρουν ότι οι συσχετίσεις του χλωρίου (σε εξωτερικές πισίνες) με τον υψηλότερο κίνδυνο εμφάνισης του άσθματος, της φλεγμονής των αεραγωγών και ορισμένων αναπνευστικών αλλεργιών, δεν παρουσιάστηκαν στα ιονισμένα κολυμβητήρια. Σε άλλη έρευνά του Bernard και συν. (2009) χρησιμοποίησαν δείγμα 847 μαθητών, ομάδα ελέγχου 114 μαθητών (13-18 ετών) που κολυμπούσαν σε ιονισμένα με άργυρο και χρυσό (copper-silver) κολυμβητήρια (ανοικτά ή κλειστά) και τα συνέκριναν με μαθητές που κολυμπούσαν σε χλωριωμένα κολυμβητήρια. Στις χλωριωμένες πισίνες οι έφηβοι με περισσότερες από εκατό ώρες μαθημάτων είχαν συμπτώματα καταρροής και με περισσότερες από χίλιες ώρες είχαν κίνδυνο αλλεργικής ρινίτιδας, ενώ οι πιθανότητες για τα συμπτώματα του άσθματος αυξάνονταν σε σχέση με τον αριθμό των ωρών που δαπανούνταν στις χλωριωμένες πισίνες, μολονότι στις ιονισμένες πισίνες δεν εμφανίστηκαν τέτοιες συσχετίσεις. Οι έλεγχοι των αλλεργιών ανιχνεύτηκαν με τις συγκεντρώσεις της ανοσοσφαιρίνης E στον ορό (IgE).

Οι Nickmilder και Bernard (2011) μελέτησαν την κολύμβηση σε κλειστές και ανοικτές χλωριωμένες πισίνες καθώς και σε ιονισμένες πισίνες με άργυρο και χρυσό (copper-silver), με τις δύο τελευταίες να μη συσχετίζονται με την αύξηση διαφόρων ορμονών όπως η ελεύθερη τεστοστερόνη, εν αντιθέσει με την κολύμβηση στις κλειστές χλωριωμένες πισίνες. Η χρησιμοποίηση του ιονισμού φαίνεται να έχει μικρότερο αντίκτυπο στα πνευμονικά επιθηλιακά των κολυμβητών σε σύγκριση με αυτή του χλωρίου σύμφωνα με τον Fernandez-Luna και συν. (2013). Το νερό της πισίνας που ιονίζεται με χαλκό και άργυρο έχει συγκεντρώσεις χαλκού (0.6-1.2 mg/L) και αργύρου (2-10 µg/L) που είναι σε συμμόρφωση με τις κατευθυντήριες γραμμές για το πόσιμο νερό (World Health Organization, 1996).

Επιπτώσεις του χλωρίου και των ενώσεών του στην υγεία των κολυμβητών

Το χλώριο και οι διάφορες χημικές ενώσεις που δημιουργούνται, από την ένωση του χλωρίου και άλλων χημικών στοιχείων του νερού αλλά και του σώματος και των εκκρίσεων των κολυμβητών, μπορεί να οδηγήσουν έπειτα από έκθεση σε πιθανά επιζήμιες συνέπειες στην υγεία των κολυμβητών. Αυτό το γεγονός έχει ως αποτέλεσμα να παρουσιάζονται από ήπια προβλήματα στην υγεία των κολυμβητών με τη βραχυπρόθεσμη έκθεση όπως ερεθισμοί ή αλλεργίες στα μάτια, στη μύτη, στο λαιμό και στο αναπνευστικό σύστημα, έως κάποιες σοβαρότερες ασθένειες με τη μακροπρόθεσμη έκθεση οι οποίες θα διερευνηθούν σε αυτό το κεφάλαιο (Πίνακας 2). Η αύξηση του χρόνου παραμονής στο κολυμβητήριο είναι πιθανόν να μεγιστοποιεί τις πιθανότητες κινδύνου που διατρέχουν οι κολυμβητές, ενώ η ευπάθεια των μικρών ηλικιακά αθλητών θα πρέπει να συνυπολογιστεί.

Πέραν του χλωρίου, οι σημαντικότερες ενοχοποιημένες χημικές ενώσεις είναι τα τριαλομεθάνια, οι χλωραμίνες, το χλωροφόρμιο, το διχλωροακετονιτριλίο. Οι κρίσιμες τιμές στις οποίες ενέχουν κίνδυνο για την υγεία των κολυμβητών είναι άγνωστες, όμως υπάρχουν αποδεκτές τιμές και θεσπισμένα όρια. Σύμφωνα με την εβδομαδιαία Έκθεση Νοσηρότητας και Θνησιμότητας του 2007 στις ΗΠΑ (Morbidity and Mortality-Weekly Report, MMWR, USA), οι αποδεκτές βιοχημικές τιμές για τις στεγασμένες πισίνες είναι για το ελεύθερο χλώριο 2-10 ppm, για το pH 7.2-7.8 και για την χλωραμίνη ≤ 0.5 ppm, ενώ σύμφωνα με τη βιβλιογραφική έρευνα του Weisel, et al., (2009) οι προτεινόμενες ή ιδανικές τιμές για το ελεύθερο χλώριο ήταν μικρότερες και κυμαίνονταν από 0.3-4 ppm ανάλογα με την κάθε χώρα (Η.Π.Α., Ηνωμένο Βασίλειο, Γερμανία, Ιταλία). Ο Bernard και συν. (2009) αναφέρει ότι τα ελάχιστα επιτρεπτά επίπεδα του ελεύθερου χλωρίου (ενεργού) κυμαίνονται από 0.5-1.5 ppm. Επίσης ότι στη νομοθεσία του Βελγίου το 2003 υπήρξε μείωση του κατώτατου ορίου του συνδυασμένου χλωρίου από <2 ppm σε <0.8 ppm, ενώ οι συγκεντρώσεις των τριχλωραμινών στον αέρα ορίστηκαν <500 µg/m³ σε δείγμα αέρα 1.5 μέτρο πάνω από την επιφάνεια της πισίνας. Η ισχύουσα νομοθεσία στην Ελλάδα, σύμφωνα με το νόμο της υγειονομικής διάταξης Γ1/443/1973 (ΦΕΚ 87/Β/1973) και τις τροποποιήσεις του (υπουργική απόφαση ΔΥΓ2/80825/05/2006 και της υγειονομικής διάταξης Γ4/1150/76) και πιο συγκεκριμένα με το άρθρο 18 που αφορά στην απολύμανση δεξαμενών ορίζεται ότι το ελεύθερο χλώριο μετρούμενο με τη μέθοδο της ορθοτοδιλίνης πρέπει να είναι τουλάχιστον 0.4 mg/l και να μην υπερβαίνουν το όριο των 0.7 mg/L με διπλό έλεγχο πρωί και απόγευμα. Για επιφάνειες δεξαμενών άνω των 300 m³ η απολύμανση συνίσταται να γίνεται με αέριο χλώριο και η κατώτατη θερμοκρασία του εξωτερικού χώρου δεν πρέπει να είναι κάτω από τους 10°C ούτε υπερβολικά υψηλή, ενώ πρέπει να ανανεώνεται ο αέρας 20-30 φορές την ώρα και να γίνεται συνεχής ανά κυκλοφορία του νερού της πισίνας (Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής & Ασφάλειας της Εργασίας). Θα πρέπει να τονισθεί ότι σε έρευνα που έγινε από το Κέντρο Ελέγχου και Πρόληψης Νοσημάτων (Κ.Ε.Λ.Π.Ν.Ο., Μπλουγούρα, Σμέτη & Μαυρίδου, 2011), η συχνότητα των μικροβιολογικών αναλύσεων σε 60 δημόσια κολυμβητήρια κατά τα έτη 2008-2010 (37% ανοικτά, 63% κλειστά, 74% θερμαινόμενα και 26% μη θερμαινόμενα), δεν ήταν σύμφωνα με την προβλεπόμενη νομοθεσία

($p= 0.001$), ενώ για την καλύτερη απολύμανση και μείωση των παρενεργειών της χλωρίωσης προτάθηκε η διόρθωση του επιτρεπτού ορίου του pH από 7.2–8.2 σε 7.2–7.6.

Όσον αφορά στις συγκεντρώσεις του υποχλωριώδους οξέος και των χλωραμινών στο νερό, αυτές συνήθως κυμαίνονται από 0.2-1.5 mg/L, ενώ οι συγκεντρώσεις της τριχλωραμίνης από 0.1–1 mg/m³ (Bernard et al., 2003). Επίσης, σε άλλη έρευνα του Bernard και συν. (2007), για τη συνδυασμένη χλωρίνη το προτεινόμενο όριο κυμάνθηκε αναλόγως με το κάθε κράτος από 0.2-2ppm και η τριχλωραμίνη από 170 έως 540 μg/m³ με εμφανή διαταραχή του επιθήλιου φράγματος των πνευμόνων των κολυμβητών σε συγκεντρώσεις από 355-490 μg/m³. Οι συγκεντρώσεις του χλωροφορμίου στις πισίνες φθάνουν έως και 100 ppb και οι συγκεντρώσεις σε χλωριούχο κυανογόνο έως 140 ppb, με τις τιμές αυτές να καθορίζονται μάλλον για ενήλικες παρά για βρέφη (McMaster, 2011). Ο Charlier και συν. (2003) σε έρευνα που διεξήγαγε σε 25 στεγασμένα κολυμβητήρια διαπίστωσε μέσες συγκεντρώσεις χλωροφορμίου εντός του νερού 49 μg/L (εύρος 15-138) και στον αέρα των κολυμβητηρίων 33 μg/L (εύρος 5-582). Στην έρευνα του Panyakaro και συν. (2008) βρέθηκαν οι εξής συγκεντρώσεις: των τριαλομεθανίων 26.15–65.09 μg/L, του χλωροφορμίου 9.50–36.97 μg/L, του βρωμοδιχλωρομεθανίου 8.90–18.01 μg/L, του διβρωμοχλωρομεθανίου 5.19–22.78 μg/L και του βρωμοφορμίου 6.56 μg/L.

Τρόποι αντιμετώπισης των βλαβερών ιδιοτήτων του χλωρίου

Η βλαπτική επίδραση του χλωρίου είναι καταγεγραμμένη από τους Thomas και Murray (2007), οι οποίοι σημείωσαν ότι τα άμεσα χημικά περιστατικά, εν σχέση με άλλες τοποθεσίες είναι συνηθισμένα στους χώρους των κολυμβητηρίων στο Ηνωμένο Βασίλειο. Οι Jafvert και Valentine, (1992) ερευνήσαν το αποτέλεσμα της επίδρασης του χλωρίου και των οργανικών υλικών στις πισίνες και συμπέραναν ότι μια πρόπλυση των κολυμβητών καθώς και μια μείωση στο pH, βελτιώνοντας παράλληλα την βακτηριακή δραστηριότητα του χλωρίου ως απολυμαντικό και επιτρέποντας έτσι μια χαμηλότερη δόση χλωρίου, θα προάγει στο ελάχιστο τον σχηματισμό τριαλομεθανίων και των επιπέδων της τριχλωραμίνης. Οι Kim, Shim & Lee (2002) ερευνήσαν τον σχηματισμό πέντε πτητικών υποπροϊόντων απολύμανσης από τη χλωρίωση των υλικών ανθρώπινης προέλευσης (μαλλιά, ιδρώτας, ούρα, σάλιο, δέρμα, λοσιόν) και συμπέραναν ότι η μείωση τους με την αλλαγή του νερού και την ανακύκλωσή του μέσα από ένα κατάλληλο σύστημα φιλτραρίσματος, είναι αναγκαία για να προστατεύσει τους κολυμβητές από την έκθεση σ' αυτές τις χημικές ενώσεις. Άλλοι συγγραφείς συστήνουν οι κολυμβητές να καθαρίζουν τα σώματά τους προτού εισέρθουν στο νερό και να μην εφαρμόζουν χημικές ενώσεις στο δέρμα τους πριν την κολύμβηση (Panyakaro, et al., 2008), ενώ σύμφωνα με τον Weaver και συν., (2009) σημαντικό είναι το ντουζ πριν από την είσοδο στο νερό, καθώς και ο τονισμός της αποφυγής της βλαπτικής συνήθειας της ούρησης στη πισίνα. Ο Spivey (2010), προτείνει να γίνεται πρόπλυση με σαπούνι πριν την είσοδο στο νερό και όταν πηγαίνουν τα παιδιά στην τουαλέτα κατά τη διάρκεια του μαθήματος θα πρέπει να πλένονται ξανά με σαπούνι. Σύμφωνα με το Αμερικάνικο Συμβούλιο Ποιότητας Νερού και Υγείας (Water Quality and Health Council, Chlorine Chemistry Division, American Chemistry Council, WQHC, 2009), σε διαδικτυακή έρευνα 1000 Αμερικανών, το 17% παραδέχτηκε ότι είχε ουρήσει εντός του νερού της πισίνας. Όποιος πάσχει από κρυπτοσποριδίωση και διάρροια δεν θα πρέπει να κολυμπάει τουλάχιστον για δύο εβδομάδες αφού η διάρροια έχει σταματήσει.

Στις χλωριωμένες πισίνες πρέπει να προσεχθεί η μείωση της έκλυσης των παράγωγων του χλωρίου στην ατμόσφαιρα και ο έλεγχος τους από εξειδικευμένους τεχνικούς, όπως επίσης και η απομάκρυνση του ελεύθερου χλωρίου από τον αέρα (Bougault & Boulet, 2012). Επομένως, προτείνεται, ειδικά στα κλειστά κολυμβητήρια, η αφύγραση του αέρα και η συχνή ανανέωση του δια μέσω κατάλληλου συστήματος εξαερισμού. Όσον αφορά στις εναλλακτικές του χλωρίου μεθόδους απολύμανσης του νερού των κολυμβητηρίων, ο Fernandez-Luna και συν. (2013) έδειξε ότι η αντιμετώπιση με συνδυασμένες χημικές μεθόδους απολύμανσης σε πισίνες, όπως η χρησιμοποίηση του όζοντος φαίνεται να έχουν μικρότερο αντίκτυπο στα πνευμονικά επιθήλια των κολυμβητών σε σύγκριση με την αντιμετώπιση με χλώριο. Πιο συνολικά, για την υγιεινή των κολυμβητηρίων ο Parrat και συν. (2012) προτείνει: α) τεχνικές προδιαγραφές (συστήματα κροκιδώσης, φίλτρα, ροή του νερού και εξαερισμός), β) κανονισμούς σχετικά με την ποιότητα του νερού (ελεύθερο και δεσμευμένο χλώριο, ουρία, και ποσότητα του γλυκού νερού), γ) δημόσια υγιεινή (ντους πριν την κολύμβηση) και δ) τακτικές εκστρατείες ευαισθητοποίησης του κοινού.

Γαστρεντερικές ασθένειες

Ελάχιστες είναι οι έρευνες που αφορούν στις γαστρεντερικές ασθένειες σε κολυμβητές οι οποίες και αναφέρονται συγκεκριμένα για την κρυπτοσποριδίωση. Η κρυπτοσποριδίωση είναι μια γαστρεντερική ασθένεια (διάρροια) του ανθρώπου και σχετίζεται από ένα παρασιτικό πρωτόζωο το οποίο είναι εξαιρετικά ανθεκτικό στα τυπικά επίπεδα χλωρίου που υπάρχουν στις πισίνες (n=1902 εργαστηριακά επιβεβαιωμένα) (Υπουργείο υγείας, τμήμα επιδημιολογίας, Utah, 2007). Οι ωοκύστες κρυπτοσποριδίωσης είναι εξαιρετικά αν-

θεκτικές στο χλώριο και επιβιώνουν για 3.5 – 10.6 ημέρες στο νερό, όπου τα επίπεδα χλωρίου διατηρούνται στα 1-3 mg/L. Γι' αυτό το λόγο το χλώριο στα επίπεδα τα επιτρεπτά για κολύμβηση (1-3 mg/L) δεν είναι ικανό να αποτρέψει την μετάδοση της ασθένειας κολυμβητών με κρυπτοσποριδίωση. Δεδομένα για την ανθεκτικότητα του παρασιτικού πρωτόζωου δεν υπάρχουν για άλλες μορφές απολύμανσης των κολυμβητηρίων. Τα συμπτώματα που εμφανίζονται όπως εμετός, κούραση, ναυτία, ανορεξία, κράμπες και απώλεια βάρους, έχουν διακυμάνσεις έξαρσης και φθίσης αλλά μετριάζονται σε λιγότερο από 30 μέρες (Υπουργείο υγείας, τμήμα επιδημιολογίας, Utah, 2007). Οι Yoder, Wallace, Collier, Beach και Hlavsa (2012) μελέτησαν την κρυπτοσποριδίωση σε κοινόχρηστους κολυμβητικούς χώρους και εγκαταστάσεις και βρήκαν ότι η αιχμή της έναρξης των συμπτωμάτων ήταν στην αρχή της θερινής περιόδου αναψυχής, με τα παιδιά να μπορούν να μεταδώσουν το παράσιτο. Με γνώμονα τη χαμηλή μολυσματική δόση, την ανθεκτικότητα του ιού και για την αποφυγή πιθανής μετάδοσής του στην πισίνα πρέπει να διακόψουμε την κολύμβηση αν διαγνωστούμε με κρυπτοσποριδίωση και ακόμα να μην κολυμπήσουμε δύο εβδομάδες αφού σταματήσει η διάρροια.

Πνευμονολογικές επιπτώσεις

Η άμεση και έντονη εισπνοή του χλωρίου προκαλεί αρκετές επιπτώσεις που κυμαίνονται από τον ερεθισμό της αναπνευστικής μεμβράνης του βλεννογόνου, μέχρι το πνευμονικό οίδημα με οξεία αναπνευστική ανεπάρκεια (Agabiti, et al., 2001; Parimon, Kanne & Pierson, 2004; Sexton & Pronchik, 1998). Για τις χρόνιες επιπτώσεις σημαντικοί παράγοντες αποτελούν το χρονικό όριο της προπόνησης και η έντασή της, στη διάρκεια της προπονητικής μονάδας ή του ετήσιου προπονητικού πλάνου, που μπορούν να επηρεάσουν ανάλογα την εμφάνιση συμπτωμάτων από την επίδραση του χλωρίου καθώς και η τήρηση και ο έλεγχος της καλής υγιεινής των κολυμβητηρίων.

Για την επίδραση των πνευμονολογικών επιπτώσεων έπειτα από μακροπρόθεσμη έκθεση στο χλώριο παρακολούθησαν επί πέντε έτη αθλητές υψηλού επιπέδου (n=42, ηλικίας 23.9±2.6) και εξετάστηκε η επίδραση της συνέχισης ή της διακοπής της προπόνησης στην φλεγμονή των αεραγωγών, τη βρογχική υπεραντιδραστικότητα και στο άσθμα. Όσοι από τους κολυμβητές που είχαν σταματήσει την προπόνηση υψηλού επιπέδου και είχαν κάποιο αναπνευστικό πρόβλημα, η βρογχική υπεραντιδραστικότητα και το άσθμα εξασθένησε ή ακόμη και εξαφανίστηκε, ενώ αυτοί που παρέμειναν ενεργοί κατά τη διάρκεια πέντε ετών παρακολούθησης με ήπια ή ωσινόφιλική φλεγμονή των αεραγωγών, αυτή επιδεινώθηκε (Helenius, et. al., 2002). Επίσης, ο Bernard και συν. σε έρευνές των (2003, 2007) σε στεγασμένα κολυμβητήρια βρήκε συσχέτιση μεταξύ της τακτικής προσέλευσης των παιδιών και των αναπνευστικών προβλημάτων που δημιουργούνται. Μετά από μακροχρόνια προπόνηση υψηλού επιπέδου κολυμβητών σε "κλειστά" κολυμβητήρια, πιθανά μειώνονται οι αντιοξειδωτικές ιδιότητες των πνευμόνων τους και αυξάνεται το οξειδωτικό στρες (Bougault & Boulet, 2012).

Οι επιπτώσεις στην υγεία των υποπροϊόντων απολύμανσης σε χλωριωμένα κολυμβητήρια, μελετήθηκαν στη βιβλιογραφική μελέτη του Florentin και συν. (2011), και αναφέρθηκε πλήθος δημοσιεύσεων τα οποία τονίζουν τον τοξικό κίνδυνο, ειδικά των αλλεργικών και αναπνευστικών συμπτωμάτων για τα μωρά είτε για τους κολυμβητές υψηλού επιπέδου. Ιδιαίτερα η αύξηση του άσθματος των παιδιών και των ενηλίκων κολυμβητών στην Ευρώπη είναι αναμφισβήτητα απόρροια πολλαπλών παραγόντων, όμως θα πρέπει να εγείρει περισσότερη στοχευμένη έρευνα για τις συνέπειες της παρακολούθησης μαθημάτων σε χλωριωμένες πισίνες. Τονίζεται η σημασία του ελέγχου των μικροβιολογικών κινδύνων, της εφαρμογής μίας ασφαλούς μεθόδου απολύμανσης του νερού και της παρεμπόδισης των επιβλαβών υποπροϊόντων τόσο στο νερό όσο και στον αέρα των κολυμβητηρίων.

Οι έρευνες που υπάρχουν σχετικά με την επίδραση της κολύμβησης στο άσθμα έχουν αντίθετα αποτελέσματα. Συγκεκριμένα υπάρχουν συγγραφείς οι οποίοι καταλήγουν στο συμπέρασμα, ότι η παρακολούθηση μαθημάτων κολύμβησης σε πισίνα κατά τη βρεφική ηλικία συνδέεται με υψηλότερο κίνδυνο βρογχολιτιδίας, με επακόλουθη αύξηση των κινδύνων του άσθματος και της αλλεργικής ευαισθητοποίησης, με τις συγκεκριμένες του ενεργού χλωρίου στον αέρα, τόσο σε ανοικτές όσο και σε κλειστές πισίνες, να κυμαίνονται από 1-2 ppm (Voisin, et. al., 2010). Παρόμοια αποτελέσματα έχουμε και σύμφωνα με τον Bernard και συν. (2008) σε έρευνα που έγινε σε παιδιά στην οποία διαπιστώθηκε ότι η κολύμβηση σε χλωριωμένες ανοικτές πισίνες, συνδέεται με υψηλότερο κίνδυνο άσθματος, φλεγμονής των αεραγωγών και ορισμένες αναπνευστικές αλλεργίες. Εντούτοις, αντίθετα με τα όσα υποστηρίζουν οι συγγραφείς στις δύο προηγούμενες έρευνες, οι Bemanian., Shirkhoda, Nakhjavani και Mozafari (2009) προτείνουν ότι η κολύμβηση σε κλειστές πισίνες είναι χρήσιμη για ασθενείς παρά τον ενδεχόμενο τοξικό ρόλο του χλωρίου, γιατί η κολύμβηση είναι λιγότερο ασθματογενής απ' ό,τι άλλες μορφές άσκησης (Goodman & Hays, 2008) και μπορεί να βελτιώσει τη μηχανική των πνευμόνων. Επιπρόσθετα, διότι η μέγιστη εκπνευστική ροή σε ασθματικούς ασθενείς βελτιώνεται με την κολύμβηση χωρίς να επηρεάζεται από τη μέθοδο απολύμανσης του νερού. Σύμφωνα λοιπόν με τα μέχρι στιγμής ερευνητικά δεδομένα, η κολύμβηση είναι μία ασφαλής μορφή άθλησης για όλους, ειδικά δε για τους ενήλικες πάσχοντες με άσθμα και για τους κολυμβητές που δεν δαπανάνε υπερβολικές ώρες για την προπό-

νησή τους. Ωστόσο υπάρχει μία μικρή επιφύλαξη για τα βρέφη και τα παιδιά λόγω ελλείψεως επαρκών στοιχείων, διότι αυτά είναι πιο ευπαθή εκτιθέμενα στο περιβάλλον της πσιίνας, όσο και για τους κολυμβητές υψηλού επιπέδου διότι είναι εκτεθειμένοι για μεγαλύτερη χρονική διάρκεια. Τέλος, επειδή οι ασθματικοί μπορεί να είναι πιο πιθανό να επιλέξουν την κολύμβηση ως την δραστηριότητα της επιλογής τους και επειδή δεν γίνονται cross-sectional σχεδιασμοί στις έρευνες, είναι μάλλον ανυπόστατη όποια αιτιώδη συνάφεια μεταξύ της κολύμβησης και του άσθματος (Goodman & Hays, 2008).

Εκτός από τις έρευνες που έχουν γίνει για τις επιπτώσεις στην υγεία των κολυμβητών μετά από μακροχρόνια έκθεση στο χλώριο έρευνες έχουν διεξαχθεί και έπειτα από τη βραχυπρόθεσμη έκθεση, όπως του Font-Ribera και συν. (2010), οι οποίοι μελέτησε τις αλλαγές στους αναπνευστικούς δείκτες σε $n=48$ υγιείς ενήλικες (ηλικίας 18–50), μετά την κολύμβηση σε χλωριωμένη πσιίνα. Η εκκριτική κυτταρική πρωτεΐνη Clara (CC16) παρουσίασε μια μικρή αύξηση στον ορό, η οποία είναι ένας δείκτης της πνευμονικής διαπερατότητας του επιθηλίου, σε υγιείς ενήλικες αφού κολύμπησαν 40' σε μια εσωτερική χλωριωμένη πσιίνα. Η άσκηση και η έκθεση σε υποπροϊόντα απολύμανσης εξήγησε αυτή την αύξηση, χωρίς όμως να εμπλέκονται φλεγμονώδεις μηχανισμοί και πρότεινε περαιτέρω έρευνα τόσο για τα βραχυπρόθεσμα αποτελέσματα, όσο και για τις μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στην υγεία. Τα μέσα επίπεδα του ελεύθερου χλωρίου στο νερό της πσιίνας ήταν 1.17 ± 0.4 mg/L, οι συγκεντρώσεις της διχλωραμίνης ήταν χαμηλές με μέση τιμή 0.43 ± 0.1 mg/L, η τριχλωραμίνη στον αέρα κυμάνθηκε από 0.17 έως 0.43 mg/m³ (μέση τιμή, 0.29 mg/m³) και το pH με μέση τιμή 7.3 ± 0.1 .

Η υψηλή συχνότητα προπόνησης με περισσότερες από 30 ώρες ανά εβδομάδα, σε συνδυασμό με τον υψηλό ανά λεπτό πνευμονικό αερισμό, οδηγεί σε υπεραντιδραστικότητα των αεραγωγών των κολυμβητών. Αν και το προτεινόμενο επίπεδο του τριχλωριούχου αζώτου στον ατμοσφαιρικό αέρα δεν υπερβαίνει τα 0.3–0.5mg/m³, αυτό δεν μετρήθηκε συστηματικά σε πολλές πσιίνες (Bougault & Boulet, 2012). Σε μία άλλη περιπτώσιολογική έρευνα οι Beretta, Vivaldo, Morelli, Carlucci και Zuccotti (2011) αναφέρουν το μεμονωμένο περιστατικό ενός 13χρονου κοριτσιού που παρουσίασε άσθμα εξαιτίας της εισπνοής χλωρίου έπειτα από 2 ώρες προπόνησης σε κλειστό κολυμβητήριο.

Γενοτοξικές επιπτώσεις

Λίγες είναι και οι έρευνες που αφορούν γενοτοξικές επιπτώσεις στην υγεία των κολυμβητών και γι' αυτό δεν μπορούμε να εξάγουμε ασφαλή συμπεράσματα. Η McMaster (2011) εξετάζει περιπτώσιολογικά τη νευρογενή υπόθεση να εξηγήσει πώς οι τοξίνες που παράγονται από το χλώριο μπορούν να δράσουν επιβλαβώς επί του ανώριμου κεντρικού νευρικού συστήματος του βρέφους, που περιλαμβάνει τον εγκέφαλο και τον νωτιαίο μυελό και συνεισφέρει να παράγουν την παραμόρφωση της ιδιοπαθούς εφηβικής σκολίωσης (AIS). Εντούτοις, η υπόθεση αυτή δεν έχει καμία πρακτική τεκμηρίωση σε μεγάλο δείγμα και δεν μπορεί να γενικευθούν τα αποτελέσματα της. Αποτελεί μόνον μία περιπτώσιολογική μελέτη της οποίας ένας σημαντικός εμπλεκόμενος παράγοντας όπως υποθέτει η McMaster (2011) είναι η εσωτερική θερμαινόμενη πσιίνα η οποία επιβαρύνει την ακαταλληλότητα του κολυμβητηρίου. Ο Kogenivas και συν. (2010), στην μελέτη του ($n=49$, μέτρηση πριν και μετά από κολύμβηση 40') υποστήριξε ότι η έκθεση σε κλειστές πσιίνες με υποπροϊόντα απολύμανσης έχουν ενδεχομένως γενοτοξικές επιπτώσεις, ενώ η κολύμβηση δεν συσχετίστηκε με βλάβες στο DNA. Βρέθηκε ότι η μεταβολή της συχνότητας στους μικρο-πυρήνες των λεμφοκυττάρων μετά την κολύμβηση αυξήθηκε, σε σχέση με τις υψηλότερες συγκεντρώσεις των εκπνεομένων βρωμιωμένων THMs ($p = 0.03$ για βρωμοδιχλωρομεθάνιο, $p = 0.05$ για χλωροδιβρωμομεθάνιο, $p = 0.01$ για βρωμοφόρμιο), αλλά όχι το χλωροφόρμιο. Τα βρωμιούχα τριαλομεθάνια σχετίστηκαν με υψηλότερη γενοτοξικότητα, ενώ το χλωροφόρμιο όχι. Ακόμα δεν βρέθηκε σημαντική συσχέτιση στις αλλαγές στους μικροπυρήνες στα επιθηλιακά κύτταρα της ουροδόχου κύστης.

Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι τα ίδια επίπεδα γενοτοξικότητας και μεταλλαξιμότητας των υποπροϊόντων του νερού της πσιίνας ήταν παρόντα με εκείνα του πόσιμου νερού στην έρευνα του Richardson και συν. (2010). Τα ευρήματα αυτά όπως προτείνει ο Kogenivas και συν. (2010) θα έπρεπε να επικυρωθούν σε μεγαλύτερες έρευνες και δεν είναι ικανά για εξαγωγή καθολικών συμπερασμάτων.

Καρκίνος

Ομοίως, όπως οι έρευνες που αφορούσαν στις επιπτώσεις του χλωρίου και των ενώσεών του σε άλλες ασθένειες των κολυμβητών, τοιουτοτρόπως και οι έρευνες που αφορούν τη συσχέτιση μεταξύ των υποπροϊόντων απολύμανσης και του καρκίνου είναι ελάχιστες, ούτως ώστε να μη μπορούμε να εξάγουμε ασφαλή συμπεράσματα εξαιτίας του μικρού αριθμού τους, αλλά και της μικρής διαχρονικότητάς τους. Ο Panyakapo και συν. (2008) εξέτασε για 13 μήνες την εκτίμηση του κινδύνου από καρκίνο κατά την έκθεση σε τριαλομεθάνια, τόσο στο νερό της πσιίνας όσο και από το νερό της βρύσης. Περιορισμός αυτής της έρευνας είναι η αναφορά μόνο στα τριαλομεθάνια, ενώ το νερό της βρύσης και το νερό της πσιίνας αποτελείται από αρκετές

καρκινογόνες ουσίες, όπως τα αλογονικά οξέα, οι αλοκετόνες και οι χλωροφαινόλες. Οι συνολικοί κίνδυνοι σε συνάφεια με τα τριαλομεθάνια, μπορεί να προέρχονται από την πρόσληψη του νερού της βρύσης, από τη δερματική έκθεση στο ντουζ, από την γαστρεντερική έκθεση κατά την κολύμβηση και από τη δερματική έκθεση κατά την κολύμβηση. Η τελευταία περίπτωση συνιστά τον μεγαλύτερο κίνδυνο (93.9%-94.2%) σε σύγκριση με τους αναφερόμενους παράγοντες κινδύνου.

Στο ακατέργαστο νερό τα βρωμιούχα ιόντα υποκαθιστούν τα άτομα του χλωρίου στην CHCl_3 , για να γίνουν βρωμιούχα τριαλομεθάνια, τα οποία είναι ιδιαίτερα ισχυρά καρκινογόνα. Επομένως, συνιστάται οι κολυμβητές να καθαρίζουν τα σώματά τους προτού να εισέλθουν στο νερό και να μη χρησιμοποιούν χημικές ενώσεις (αλείφοντας) στο δέρμα τους πριν την κολύμβηση. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO, 2000a, 2000b) τα τριαλομεθάνια είναι ανθρώπινα καρκινογόνα και προκαλούν ποικίλους κινδύνους με την εισπνοή τους. Εντούτοις, δεν υπάρχουν, τιμές καθορισμένων ορίων των τριαλομεθανίων και των αλογονικών οξέων για τις κολυμβητικές εγκαταστάσεις. Οι τιμές των THM στις πισίνες σε έρευνα του Panyakaro και συν. (2008) στην Ταϊλάνδη κυμάνθηκαν από 26.15 – 65.09 $\mu\text{g}/\text{L}$. Συγκριτικά με την ποσότητα έκθεσης στα τριαλομεθάνια από την κολύμβηση και την χρήση του ντουζ με νερό της βρύσης, η έκθεση των κολυμβητών στα τριαλομεθάνια μπορεί να είναι 141 φορές μεγαλύτερη με κολύμβηση διάρκειας μίας ώρας, απ' ό,τι εάν έκαναν ντουζ με νερό της βρύσης για δέκα λεπτά.

Επίσης, αρνητική επίδραση για την υγεία των κολυμβητών έχουν και τα υποπροϊόντα απολύμανσης σύμφωνα με τον Florentin και συν. (2011), ο οποίος μελέτησε τις επιπτώσεις που έχουν στην υγεία στα χλωριωμένα κολυμβητήρια. Πολλά από αυτά τα προϊόντα(μπορεί να μην είναι και ενώσεις του χλωρίου, κροκιδωτικά, αλκοτόνα κ.λ.π.), υπάρχει υποψία ότι είναι τοξικά είτε ακόμα και καρκινογόνα, με τα επιδημιολογικά δεδομένα για τον καρκίνο να είναι ακόμα αμφιλεγόμενα. Ωστόσο, στο πόσιμο νερό η έκθεση σε υποπροϊόντα απολύμανσης (DBPs) έχουν συσχετιστεί με τον κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου (Kogevinas, et al., 2010).

Σύμφωνα με την Αμερικανική Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος και τα θεσπισμένα όριά της (USA Environmental Protection Agency, 1989, 1999, 2007), ο κίνδυνος του καρκινικού ρίσκου στις τρεις μεθόδους απολύμανσης (χλώριο, όζον/χλώριο, EGMO μέθοδος), έπειτα από την έκθεση στα τριαλομεθάνια από τη στοματική κατάποση και τη δερματική έκθεση ήταν αμελητέος (10^{-6}), ωστόσο οι κολυμβητές μπορεί να βρίσκονται σε μεγαλύτερο κίνδυνο κατά τη διάρκεια των επαναλαμβανόμενων εισπνοών (Lee, et al., 2009). Εργαστηριακά πειράματα σε ζώα εξακρίβωσαν ότι το χλωροφόρμιο, το βρωμοφόρμιο, το βρωμοδιχλωρομεθάνιο και το διβρωμοχλωρομεθάνιο προκαλεί καρκίνο(Villanueva et al., 2007). Επίσης στην ίδια έρευνα του Villanueva και συν. (2007), διαπιστώθηκε αυξημένος κίνδυνος καρκίνου της ουροδόχου κύστης μεταξύ των ατόμων που συμμετείχαν σε μαθήματα κολύμβησης εν συγκρίσει με εκείνα που δεν είχαν κολυμπήσει ποτέ σε πισίνα. Η αύξηση του κινδύνου του καρκίνου της ουροδόχου κύστης είναι σε συσχέτιση με τον χρόνο που δαπανάται στο κολυμβητήριο. Αυτή η αύξηση συσχετίστηκε με την έκθεση στα υποπροϊόντα απολύμανσης και στα τριαλομεθάνια. Εντούτοις, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, σύμφωνα με τον Kogevinas και συν. (2010), δεν βρέθηκε σημαντική συσχέτιση στις αλλαγές στους μικρο-πυρήνες στα επιθηλιακά κύτταρα της ουροδόχου κύστης. Λόγω των αντίθετων ευρημάτων αυτών των δύο μόνο ερευνών και την έλλειψη άλλων δεν μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα.

Πίνακας 2. Επιπτώσεις του χλωρίου στην υγεία, με αύξουσα σειρά ως προς το μέγεθος της βλάβης, που εντοπίστηκαν στην βιβλιογραφία (1994-2014)

Συγγραφείς/ έτος	Εκδηλώσεις
Massin, Bohadana, Wild, Hery, Toamain & Hubert, 1998	Ερεθισμοί ματιών, μύτης, και λαιμού
Matalon & Maull, 2010	Δερματολογικές και οφθαλμικές βλάβες
Υπουργείο υγείας, τμήμα επιδημιολογίας, Utah, 2007	Διάρροια, κρυπτοσποριδίωση
Yoder et al., 2012	Διάρροια, κρυπτοσποριδίωση
Beretta, et al., 2011	Δύσπνοια
Helinius, et al., 2010	Φλεγμονή των αεραγωγών
Agabiti, et al., 2001	Ερεθισμός της αναπνευστικής μεμβράνης, δύσπνοια και συριγμός
Parimon, et al., 2004	Δύσπνοια, βήχας, αιμόπτυση και διάχυτη βρογχιολίτιδα
Florentin, et al., 2011	Αλλεργία και αναπνευστικά προβλήματα
Thickett, et al., 2002	Άσθμα
Font-Ribera, et al., 2010	Αύξηση κυτταρικής πρωτεΐνης Clara

Επίδραση του χλωρίου στη βρεφική, παιδική και εφηβική ηλικία

Η κολύμβηση είναι από τα λιγοστά αθλήματα που μπορεί να ξεκινήσει η εκγύμναση από πολύ μικρή ηλικία, ακόμα και από τη βρεφική. Παρ' όλα ταύτα η επίδραση του χλωρίου στο αδιαμόρφωτο και συνεχώς αναπτυσσόμενο σώμα των βρεφών μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα σύμφωνα με συγκεκριμένους ερευνητές (McMaster, 2011; Schoefer, et al., 2008; Voisin, et al., 2010). Δυστυχώς δεν μπορούμε να εξάγουμε ασφαλή συμπεράσματα όσον αφορά στο χλώριο στη βρεφική ηλικία, διότι το εύρος των ερευνών είναι ιδιαίτερα μικρό, μπορεί όμως να αποτελέσει εφιαλτήριο για περισσότερη ενασχόληση με το καίριο αυτό ζήτημα μελλοντικά. Σε συνάφεια όμως με την επίδραση του χλωρίου στην παιδική έως την εφηβική ηλικία, υπάρχει πλειάδα ερευνών. Αποτελέσματα πιθανόν αρνητικών επιδράσεων της κολύμβησης βρεφών στην υγεία των, δεν έχουμε από κολυμβητήρια με εναλλακτικές μορφές απολύμανσης.

Ο Schoefer και συν. (2008) μελέτησε πιθανό ρίσκο στην υγεία από την πρόωμη ενασχόληση με την κολύμβηση και υποδηλώνεται ότι ίσως η βρεφική κολύμβηση δεν είναι τόσο αβλαβής όσο πιστευόταν σε χλωριωμένες πισίνες. Τα μωρά που δεν συμμετείχαν στη βρεφική κολύμβηση είχαν χαμηλότερα ποσοστά μόλυνσης κατά το 1^ο έτος ζωής (διάρροια, μέση ωτίτιδα, λοιμώξεις των αναπνευστικών οδών), ενώ δεν βρέθηκε σαφής συσχέτιση ανάμεσα στους κολυμβητές και στους μη κολυμβητές στην ατοπική δερματίτιδα ή την αλλεργική ρινίτιδα, μέχρι την ηλικία των 6 ετών. Σε άλλες πιθανές επιδράσεις του χλωρίου στην βρεφική ηλικία, η McMaster (2011) εξέτασε την υπόθεση να εξηγήσει πώς οι τοξίνες που παράγονται από το χλώριο μπορούν να δράσουν επιβλαβώς στο ανώριμο κεντρικό νευρικό σύστημα (Κ.Ν.Σ.) του βρέφους πιθανά μέσα από πύλες εισόδου στο αίμα του βρέφους δερματικά, στοματικά ή αναπνευστικά. Όσον αφορά στην εκτίμηση της επίδρασης της κολύμβησης σε χλωριωμένες πισίνες και τους κινδύνους της βρογχιολίτιδας και των παρελκομένων συνεπειών σε 430 παιδιά μέσης ηλικίας 5.7 ετών με τη χρήση ερωτηματολογίων στους γονείς τους (Voisin, et al., 2010), διαπιστώθηκε ότι η συμμετοχή σε εσωτερική ή εξωτερική χλωριωμένη πισίνα πριν από την ηλικία των 2 ετών συσχετίστηκε με αυξημένο κίνδυνο βρογχιολίτιδας ($p=0.03$).

Για παιδιά μεγαλύτερης ηλικίας, όσον αφορά στην κολύμβηση και την επίδραση του χλωρίου εντοπίστηκε μια ευρεία σειρά ερευνών οι οποίες μπορούν να μας δώσουν σαφείς αποδείξεις για το ρόλο του χλωρίου στα κολυμβητήρια και παρουσιάζονται με κλιμάκωση της ηλικίας από τα 2.5 έως τα 18 έτη. Πιο συγκεκριμένα, ο Bernard και συν. (2003) μελέτησε σε στεγασμένες χλωριωμένες πισίνες την υπερδιαπερατότητα του πνεύμονα (χρόνιες επιπτώσεις στο επιθήλιο του πνεύμονα σε $n=226$ παιδιά 2.5 έως 8 ετών και οξείες επιδράσεις στο επιθήλιο του πνεύμονα σε $n=16$ παιδιά 5-14 ετών) και την επικράτηση του άσθματος ($n=1881$ υγιή παιδιά) και βρήκε συσχέτιση στα παιδιά με τακτική προσέλευση, ειδικά σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες κινδύνου. Σημαντική δυσλειτουργία των πνευμόνων παρουσίασαν παιδιά ($n=5$ αγόρια & 5 κορίτσια, 6-12 ετών) που εκτίθενται έντονα στο χλώριο της πισίνας (Bonetto, et al., 2006). Επίσης ο Bernard και συν. (2009) υποθέτει ότι η αυξανόμενη έκθεση των παιδιών σε προϊόντα χλωρίωσης στις εσωτερικές πισίνες μπορεί να είναι μια σημαντική αιτία της αυξανόμενης συχνότητας του παιδικού άσθματος και των αλλεργικών ασθενειών στις βιομηχανοποιημένες χώρες. Μελετήθηκαν 847 μαθητές ηλικίας 13-18 ετών, που παρακολούθησαν μαθήματα σε χλωριωμένη πισίνα και μετρήθηκε η αεροαλλεργιογόνος ανοσοσφαιρίνη E (IgE) και ελέγχθηκε

ο βρογχόσπασμος που προκλήθηκε από την άσκηση. Οι κίνδυνοι που αναλογούν στον πληθυσμό για τη χλωριωμένη πισίνα που σχετίζονται με τη διάγνωση άσθματος, καταρροής και αλλεργική ρινίτιδας ήταν 63.4%, 62.1%, και 35.0%, αντιστοίχως. Επιπρόσθετα, είναι πιθανά να δημιουργηθεί άσθμα σε κολυμβητές κλειστών κολυμβητηρίων και προτείνεται περισσότερη προσοχή στην ποιότητα του αέρα και στο περιεχόμενο της χλωρίνης (Thickett, et al., 2002). Περαιτέρω, ο Bernard και συν. (2007) μελέτησε σε “κλειστό” κολυμβητήριο n=341 παιδιά, 10-13 ετών (μεταξύ των οποίων n=43 είχαν ακολουθήσει βρεφικό πρόγραμμα) και βρήκαν ότι η κολύμβηση των βρεφών συνδέεται με αλλαγές στους αεραγωγούς τους και μαζί με άλλους παράγοντες, φαίνεται να προδιαθέτουν τα παιδιά στην ανάπτυξη του άσθματος και στη διαλείπουσα βρογχίτιδα. Τα παιδιά που είχαν κολυμπήσει ως βρέφη είχαν μια σημαντική μείωση του ορού της πρωτεΐνης του κυττάρου Clara και της αναλογίας του ορού της πρωτεΐνης του κυττάρου Clara/ την επιφανειοδραστική σχετιζόμενη πρωτεΐνη D, η οποία ενσωματώνει τις ζημιές του κυττάρου Clara και μεταβάλλει την περατότητα του φράγματος του επιθηλίου του πνεύμονα. Από τις παραπάνω έρευνες φαίνεται ότι η κολύμβηση των παιδιών σε χλωριωμένα κολυμβητήρια συνδέεται με υψηλότερο κίνδυνο άσθματος και φλεγμονής των αεραγωγών και ορισμένες αναπνευστικές αλλεργίες.

Αντίθετα, ο Bemanian και συν. (2009), χρησιμοποιώντας ερωτηματολόγιο που έδωσε σε 76 κορίτσια, μέσης ηλικίας 9.3 ± 2.4 , τα οποία κολυμπούσαν τρεις φορές την εβδομάδα για δύο μήνες και αξιολογώντας τον ρόλο της κολύμβησης στη μηχανική των πνευμόνων σε υγιείς δοκιμαζόμενους σε ποσοστό 35.4% και σε ασθενείς με άσθμα ή άλλες αποπικές ασθένειες, βρήκαν ότι η κολύμβηση σε κλειστές πισίνες είναι όχι μόνο λιγότερο ασθματογενής σε σύγκριση με άλλα αθλήματα, αλλά επίσης μπορεί να βελτιώσει τη μηχανική του πνεύμονα σε φυσιολογικούς και ασθματικούς ασθενείς. Η μέγιστη εκπνευστική ροή ήταν στατιστικά σημαντική σε υγιή και σε ασθματικά ασθενή ή παχύσαρκα παιδιά, αλλά δεν ήταν στατιστικά σημαντική σε ασθενείς με αλλεργική ρινίτιδα ή έκζεμα. Επιπλέον, σε μία ακόμη έρευνα εξετάστηκε η σχέση της κολύμβησης σε χλωριωμένες πισίνες, τόσο σε ανοικτές όσο και σε κλειστές, με την ανάπτυξη εκζέματος, την επικράτηση του άσθματος, των αλλεργικών παθήσεων και των συμπτωμάτων τους σε 3223 παιδιά ηλικίας 9-12 ετών, χρησιμοποιώντας ερωτηματολόγιο για τον τελευταίο χρόνο που τα παιδιά τους κολυμπούσαν (Font-Ribera, Kogevinas, Zock, Nieuwenhuijsen, Heederik & Villanueva, 2009). Διαπιστώθηκε ότι η κολύμβηση πριν τα 2 έτη συνδέεται με ελαφρώς χαμηλότερη επικράτηση του τρέχοντος άσθματος, της ρινίτιδας και της αλλεργικής ρινίτιδας σε σύγκριση με εκείνα τα παιδιά που άρχισαν να παρακολουθούν μαθήματα στην πισίνα από την ηλικία των 4 ετών και άνω. Μία αυξημένη επικράτηση του εκζέματος σχετίστηκε με τη διάρκεια παρουσίας στην πισίνα. Εντούτοις, και σ' αυτή την έρευνα δεν ενισχύθηκε η υπόθεση ότι η παρακολούθηση μαθημάτων στην πισίνα αυξάνει τον κίνδυνο του άσθματος. Η μέγιστη εκπνευστική ροή ήταν σημαντική σε υγιή, ασθματικά και παχύσαρκα παιδιά, αλλά δεν ήταν σημαντική σε ασθενείς με αλλεργική ρινίτιδα και έκζεμα.

Εκτός από κίνδυνο ορισμένων αναπνευστικών προβλημάτων που πιθανόν εγκυμονεί η κολύμβηση σε χλωριωμένη πισίνα, εξετάστηκαν και οι πιθανές ορμονικές αλλαγές των παιδιών. Οι Nickmilder και Bernard (2011) μελέτησαν 361 αγόρια ηλικίας 14-18 ετών και συμπέραναν ότι η κολύμβηση σε κλειστές χλωριωμένες πισίνες κατά την παιδική ηλικία συνδέεται ισχυρά με τα χαμηλότερα επίπεδα (περίπου 20% χαμηλότερα) της ανασταλτίνης Β στον ορό και της ολικής τεστοστερόνης. Η απορρόφηση των τοξικών για την αναπαραγωγή υποπροϊόντων της χλωρίωσης σε ολόκληρο το ιδιαίτερα διαπερατό όσχεο σε σύγκριση με το υπόλοιπο σώμα, μπορεί να εξηγήσει αυτές τις συσχετίσεις. Το ανωτέρω γεγονός ενισχύεται και από την υψηλή θερμοκρασία του νερού η οποία μπορεί να φθάσει και τους 35 βαθμούς Κελσίου σε μικρή πισίνα, για παιδιά που δεν ξέρουν κολύμβηση και παρακολουθούν μαθήματα εκμάθησης, την ενυδάτωση του δέρματος και τις διαταραχές του χλωρίου στο δέρμα (Seki, Morimatsu, Nagahori & Morohashi, 2003). Ο Weinhold (2012) σε βιβλιογραφική ανασκόπηση εντόπισε την παραπάνω μελέτη και βρήκαν ότι τα σεαποτελέσματα των ορμονικών αλλαγών ήταν εμφανή πριν την ηλικία των 7 ετών (μετά την ηλικία των 10 ετών δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές) και με ελάχιστη προπόνηση 30' κάθε 2 εβδομάδες, ενώ δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές ορμονικές αλλαγές στις ανοικτές χλωριωμένες πισίνες.

Επίδραση του χλωρίου στους εργαζομένους

Το χλώριο έχει επίδραση τόσο στους αθλητές όσο και στους εργαζόμενους στα κολυμβητήρια. Εκτός από τους αθλητές κολύμβησης οι οποίοι δαπανούν συγκεκριμένες ώρες για προπόνηση και ασκούνται σε μεγαλύτερες εντάσεις εισπνέοντας ταχύτερα και βαθύτερα, εντούτοις οι εργαζόμενοι στα κολυμβητήρια κινδυνεύουν περισσότερο, αφ' ενός λόγω της καθημερινής πολύωρης έκθεσης τους και αφ' ετέρου εξαιτίας της μακροχρόνιας υποχρεωτικής παρουσίας τους μέσα στους κολυμβητικούς χώρους άθλησης. Υπάρχουν υποψίες για κάποιες ασθένειες που σχετίζονται με τους εργαζομένους όπως τα συμπτώματα που αφορούν το αναπνευστικό, το δερματολογικό, το οφθαλμολογικό ή ακόμα και βαρύτερες ασθένειες όπως ο καρκίνος, χωρίς όμως να μπορούν να τεκμηριωθούν πλήρως σε μακροχρόνιες έρευνες.

Ο Thickett και συν. (2002) ερευνήσε την παρουσία άσθματος σε κλειστές πισίνες και συμπέρανε ότι μπορεί το τριχλωριούχο άζωτο να προκαλέσει άσθμα σε προπονητές κολύμβησης και ναυαγοσώστες, ενώ θεωρήθηκε ότι οι χλωραμίνες είναι υπεύθυνες για συμπτώματα στα μάτια, στη μύτη και στο λαιμό. Αναμφισβήτητα προκαλείται άσθμα στους επαγγελματίες του χώρου (ναυαγοσώστες και δασκάλους κολύμβησης) έπειτα από την έκθεση στις τριχλωραμίνες (Parrat, et, al., 2012; Thickett, et. al., 2002). Οι White και Martin (2010) διαπίστωσαν ότι η έκθεση στο χλώριο οδηγεί σε μια άμεση χημική τοξικότητα στους αεραγωγούς που ενισχύεται από την επακόλουθη φλεγμονώδη απόκριση. Η χρόνια έκθεση στο χλώριο, ομοίως μπορεί να σχετίζεται με σημαντικά μεγαλύτερες πιθανότητες για την απόκτηση ή την ανάπτυξη ρινικής καταρροής και αλλεργικής ρινίτιδας. Ο Massin και συν. (1998), σε δείγμα 334 ναυαγοσωστών (256 άνδρες και 78 γυναίκες), οι οποίοι εργάζονταν σε κλειστά κολυμβητήρια, εντόπισε υψηλό κίνδυνο ανάπτυξης ερεθισμών στα μάτια, στη μύτη και συμπτωμάτων στο λαιμό προκαλούμενα από την έκθεση στο χλώριο, ενώ ο κίνδυνος ανάπτυξης μόνιμης βρογχικής υπερ-αντιδραστικότητας δεν μπορεί να υποστηριχθεί με βεβαιότητα.

Είναι σημαντικό να τονισθεί ότι ο κίνδυνος από την εισπνοή χλωρίου μπορεί να κυμαίνεται από οξεία δηλητηρίαση με συντριπτική οξεία βλάβη του πνεύμονα και/ή θάνατο, σε διαλείπουσα ή επαναλαμβανόμενη τυχαία ή ακούσια έκθεση σε επαγγελματίες στο χώρο του κολυμβητηρίου (π.χ. εργάτες). Όσον αφορά στα όρια των τιμών στην έκθεση τριχλωραμίνης και χλωρίου στον αέρα, ο Parrat και συν. (2012) προτείνει ανώτατο όριο έκθεσης στη τριχλωραμίνη στα 0.3 mg/m³, ενώ διαπίστωσε ότι ακόμα και στα επίπεδα από 0.2 έως και 0.3mg/m³ μπορεί να προκληθούν συμπτώματα (Massin et al., 2007). Για το χλώριο οι τιμές που προτείνονται είναι 1.5 mg/m³ το οποίο είναι ένα καθιερωμένο όριο για τον κίνδυνο των ερεθιστικών επιδράσεων. Εντούτοις, όπως ο Fernandez-Luna και συν. (2013) αναφέρει, οι τιμές του χλωρίου στον αέρα στις περισσότερες από τις είκοσι μία εσωτερικές πισίνες που μέτρησαν (85%) βρέθηκαν να ξεπερνούν τη συγκέντρωση των 1.5 mg/m³ (μέση τιμή 4.3 ± 2.3 mg/m³) στην Ισπανία.

Σχόλια και συζήτηση

Σύμφωνα με την βιβλιογραφική ανασκόπηση σημαντική είναι η επισήμανση των επιζήμιων επιπτώσεων του χλωρίου σε ποικίλες έρευνες που διεξήχθησαν σε μεγάλο ηλικιακό εύρος και με πλήθος ατόμων και ειδικότερα στα στεγασμένα κολυμβητήρια έναντι των “ανοικτών”, χωρίς όμως να μπορούμε να εξάγουμε ασφαλή συμπεράσματα για πολλές απ’ αυτές, λόγω του μικρού αριθμού και της μεγάλης ποικιλίας των ερευνών, της μικρής διαχρονικότητάς τους καθώς και στην χρησιμοποίηση σε μερικές απ’ αυτές δείγματα ζώων και στην εξαγωγή έμμεσων συμπερασμάτων για τον άνθρωπο. Εκτός του χλωρίου, οι διάφορες χημικές ενώσεις που δημιουργούνται από την ένωση του χλωρίου με άλλα χημικά στοιχεία του νερού αλλά και των πρωτεϊνών του σώματος και των εκκρίσεων των κολυμβητών (ιδρώτα, ούρα) μπορούν να οδηγήσουν μετά από έκθεση για μεγάλο διάστημα σε πιθανά επιζήμιες συνέπειες στην υγεία των κολυμβητών και σε ασθένειες. Οι σημαντικότερες ενοχοποιημένες χημικές ενώσεις που προέρχονται από την αντίδραση του χλωρίου και τη δημιουργία υποπροϊόντων είναι τα τριαλομεθάνια, οι χλωραμίνες, το χλωροφόρμιο και το διχλωροακετονιτρίλιο.

Οι ασθένειες αυτές ποικίλουν από ήπιες όπως οι δερματοπάθειες, τα συμπτώματα στη μύτη και στο λαιμό, οι οφθαλμικοί ερεθισμοί (Florentin, et al., 2011; Massin, et al., 1998; Matalon & Maull, 2010) μέχρι σοβαρότερες ασθένειες όπως οι γαστρεντερικές και οι πνευμονολογικές.

Οι έρευνες που αφορούν στις γαστρεντερικές ασθένειες σε κολυμβητές είναι ελάχιστες και αναφέρονται συγκεκριμένα για την κρυπτοσποριδίωση. Η ασθένεια αυτή είναι μεταδοτική, γι’ αυτό οι κολυμβητές πρέπει να προσέξουν και να αποφύγουν για αρκετό διάστημα να κολυμπήσουν στο κολυμβητήριο αφότου θεραπευθούν πλήρως. Επίσης, λίγες είναι οι έρευνες που αφορούν γενετοξικές επιπτώσεις και οι έρευνες που αφορούν στη συσχέτιση μεταξύ των υποπροϊόντων απολύμανσης και του καρκίνου, ούτως ώστε να μη μπορούμε να εξάγουμε ασφαλή συμπεράσματα εξαιτίας του μικρού αριθμού τους, του μικρού αριθμού του δείγματος, αλλά και της μικρής διαχρονικότητάς τους, καθώς και την χρησιμοποίηση δείγματος ζώων στις έρευνες για τον καρκίνο και στην εξαγωγή έμμεσων συμπερασμάτων για τον άνθρωπο. Στις δύο έρευνες που αναφερθήκαμε για τις γενετοξικές επιπτώσεις, η μία εξέτασε περιπτώσιολογικά την υπόθεση να εξηγήσει πως οι τοξίνες που παράγονται από το χλώριο μπορούν να δράσουν επιβλαβώς στο νευρικό σύστημα του βρέφους. Εντούτοις, δεν μπορούν τα αποτελέσματα της να γενικευθούν σε μεγάλο δείγμα (McMaster, 2011). Επιπλέον, και στην άλλη έρευνα στην οποία το δείγμα ήταν μεγαλύτερο (n=49), ο Kogenivas και συν. (2010), αν και υποστήριξε ότι η έκθεση σε κλειστές πισίνες με υποπροϊόντα απολύμανσης έχουν ενδεχομένως γενετοξικές επιπτώσεις, ο ίδιος τελικά προτείνει ότι, τα ευρήματα αυτά θα έπρεπε να επικυρωθούν σε ακόμα μεγαλύτερες έρευνες. Επίσης, θα πρέπει να επισημανθεί ότι στα ίδια επίπεδα γενετοξικότητας των υποπροϊόντων της πισίνας βρέθηκαν με εκείνα του πόσιμου νερού στην έρευνα του Richardson και συν. το 2010, που διεξήχθη στην Ισπανία σε δύο στεγασμένες πισίνες. Επομένως, όποιος κίνδυνος μπορεί να υπάρξει από την

κολύμβηση σε κλειστές πισίνες το ίδιο ίσως και μεγαλύτερος πιθανόν να υφίσταται από την κατανάλωση του πόσιμου νερού.

Περισσότερες έρευνες σ' αυτή την ανασκοπική εργασία βρήκαμε για τις επιπτώσεις του χλωρίου και των παραγόμενων υποπροϊόντων της απολύμανσης στο αναπνευστικό σύστημα. Σύμφωνα με αυτές τις έρευνες φαίνεται ότι, γενικά η άμεση και έντονη καθώς και η χρόνια εισπνοή χλωρίου προκαλεί αρκετές επιπτώσεις που κυμαίνονται από τον ερεθισμό της αναπνευστικής μεμβράνης του βλεννογόνου μέχρι το πνευμονικό οίδημα με οξεία αναπνευστική ανεπάρκεια, ανάλογα με τη χρονική διάρκεια και την ποσότητα εισπνοής χλωρίου (Agabiti, et al., 2001; Parimon, et al., 2004; Sexton & Pronchik, 1998). Σημαντικοί παράγοντες για τις χρόνιες επιπτώσεις και την εμφάνιση συμπτωμάτων από την επίδραση του χλωρίου αποτελούν το χρονικό όριο και η ένταση της προπόνησης στη διάρκεια της προπονητικής μονάδας ή του ετήσιου προπονητικού κύκλου. Εντούτοις, ο σωστός καθημερινός έλεγχος και τήρηση της καλής υγιεινής των κολυμβητηρίων μπορούν να μειώσουν τις επιπτώσεις και την εμφάνιση συμπτωμάτων από την επίδραση του χλωρίου.

Όσον αφορά στην επίδραση του χλωρίου ως μέσον απολύμανσης των κολυμβητηρίων στην υγεία των κολυμβητών μικρής ηλικίας, έχουμε αποτελέσματα ερευνών σε σχέση με την βρεφική, παιδική και εφηβική ηλικία. Η κολύμβηση είναι από τα λιγοστά αθλήματα που μπορεί να ξεκινήσει η εκγύμναση από πολύ μικρή ηλικία, ακόμα και από τη βρεφική. Εντούτοις, σύμφωνα με συγκεκριμένους ερευνητές (McMaster, 2011; Schoefer, et al., 2008; Voisin, et al., 2010), η επίδραση του χλωρίου στο αδιαμόρφωτο και συνεχώς αναπτυσσόμενο σώμα των βρεφών μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα. Δυστυχώς, όμως και σ' αυτή την περίπτωση όπως και σε άλλες που αναφέραμε σε άλλα μέρη αυτής της βιβλιογραφικής ανασκόπησης δεν μπορούμε να εξάγουμε ασφαλή συμπεράσματα όσον αφορά στην επίδραση του χλωρίου στα βρέφη, διότι το μέγεθος των ερευνών είναι ιδιαίτερα μικρό. Επίσης, αποτελέσματα πιθανόν αρνητικών επιδράσεων της κολύμβησης βρεφών στην υγεία των, δεν έχουμε από κολυμβητήρια με εναλλακτικές μορφές απολύμανσης.

Το χλώριο, εκτός από τους κολυμβητές, έχει επίδραση και στους εργαζόμενους στα κολυμβητήρια. Οι εργαζόμενοι, μάλιστα, στα κολυμβητήρια κινδυνεύουν περισσότερο, αφ' ενός λόγω της καθημερινής πολύωρης έκθεσης τους και αφ' ετέρου εξαιτίας της μακροχρόνιας υποχρεωτικής παρουσίας τους μέσα στους κολυμβητικούς χώρους άθλησης. Υπάρχουν υποψίες για κάποιες ασθένειες που σχετίζονται με τους εργαζόμενους, όπως τα συμπτώματα που αφορούν στο αναπνευστικό, το δερματολογικό, το οφθαλμολογικό (Parrat, et al., 2012; Thickett, et al., 2002) ή ακόμα και βαρύτερες ασθένειες όπως ο καρκίνος (Massin, et al.; White & Martin 2010, 1998), χωρίς όμως να μπορούν να τεκμηριωθούν πλήρως σε μακροχρόνιες έρευνες.

Θα πρέπει να τονίσουμε ότι σε όλες σχεδόν τις έρευνες για τις επιζήμιες επιπτώσεις του χλωρίου στην υγεία των κολυμβητών αναφέρονται στα στεγασμένα κολυμβητήρια και όχι στα ανοιχτά. Όπως στη μέτρηση της κυτταρικής αντιφλεγμονώδους πρωτεΐνης Clara, η οποία έχει προταθεί ως μια μη επεμβατική μέθοδος και ευαίσθητος δείκτης της πνευμονικής βλάβης του επιθηλίου. Στα μη στεγασμένα κολυμβητήρια δεν υπήρχαν σημαντικές συγκεντρώσεις της CC16, ενώ στα στεγασμένα υπήρχαν σημαντικά χαμηλότερες τιμές. Εντούτοις, στα "ανοιχτά" κολυμβητήρια δεν βρέθηκαν σημαντικές συγκεντρώσεις της CC16 πριν ή μετά την άσκηση, ούτε κάποια μείωση στη λειτουργικότητα των πνευμόνων. Η αύξηση του χρόνου παραμονής στο κολυμβητήριο είναι πιθανόν να μεγιστοποιεί τις πιθανότητες κινδύνου που διατρέχουν οι κολυμβητές, ενώ η ευπάθεια των μικρών ηλικιακά αθλητών θα πρέπει να συνοπολογιστεί.

Συνεπώς πρέπει να τονίσουμε ότι όσο πιο εκτεταμένη χρονικά είναι η παραμονή στους κολυμβητικούς χώρους τόσο μεγαλύτερες ενδέχεται να είναι οι βλαβερές συνέπειες του χλωρίου. Πρέπει να αναφέρουμε ότι οι επαγγελματίες, αθλητές ή εργαζόμενοι, που αναλώνουν πολλές ώρες ανά εβδομάδα στα κολυμβητήρια ίσως να βρίσκονται σε σημαντικά μεγαλύτερο κίνδυνο κατά την έκθεσή τους στο χλώριο απ' ό,τι οι ερασιτέχνες αθλητές ή τα άτομα που δεν επισκέπτονται τόσο συχνά τις κολυμβητικές δεξαμενές. Να τονιστεί ότι τα ιονισμένα κολυμβητήρια υπερέχουν των χλωριωμένων και θα πρέπει να γίνουν βήματα προς την σταδιακή αντικατάστασή τους με συνδυασμένους μεθόδους απολύμανσης (όζον & χλώριο), με αποτέλεσμα τη βελτιστοποίηση της ποιότητας του νερού, αλλά και του αέρα που θα αναπνέεται στους περιβάλλοντες χώρους των κολυμβητηρίων.

Τελικά θα πρέπει να υπάρξει μία οργανωμένη καταγραφή των περιστατικών και ενημέρωση των μονάδων υγείας σε συνεργασία με αθλητικούς φορείς για την αποφυγή και πρόληψη των προβλημάτων που απορρέουν από την παρατεταμένη έκθεση στο χλώριο, ούτως ώστε να περιοριστούν στο ελάχιστο αλλά και να αντιμετωπίζονται ως ενδεχόμενη απειλή της δημόσιας υγείας. Ωστόσο δεν θα πρέπει να μη λάβουμε υπόψη μας τα ευεργετικά αποτελέσματα της κολύμβησης.

Πρακτικές εφαρμογές και προτάσεις

Είναι γεγονός ότι το χλώριο ως μέσο απολύμανσης (και τα παράγωγά του) δημιουργεί πολλαπλά προβλήματα στους αθλούμενους και στους εργαζόμενους στους χώρους των κολυμβητηρίων (Spivey, 2010), από

ελαφριά περιστατικά (βήχας, καταρροή, ρινικοί ή δερματικοί ή οφθαλμικοί ερεθισμοί, αλλεργίες) μέχρι και σοβαρότερα, με γαστρεντερολογικά (κρυπτοσποριδίωση, διάρροια) και πνευμονολογικά προβλήματα (άσθμα, ερεθισμός του επιθηλίου του πνεύμονα, δυσλειτουργία πνευμόνων).

Για την ασφαλή χρήση των κολυμβητηρίων πρέπει να λαμβάνονται διάφορα μέτρα που όπως ο Parrat και συν. (2012) προτείνει να κινούνται προς τέσσερις κατευθύνσεις: α) τεχνικές προδιαγραφές (συστήματα κροκιδώσης, φίλτρα, ροή του νερού και εξαερισμός), β) κανονισμούς σχετικά με την ποιότητα του νερού (ελεύθερο και συνδυασμένο χλώριο, ουρία, και ποσότητα του γλυκού νερού), γ) δημόσια υγιεινή (ντους πριν την κολύμβηση) και δ) τακτικές εκστρατείες ευαισθητοποίησης του κοινού.

Σύμφωνα με αυτές τις κατευθύνσεις πρέπει να τηρούνται τα παρακάτω:

Α. Τεχνικές προδιαγραφές. Συνεχής έλεγχος και η διασφάλιση της ποιότητας του νερού. Αλλαγή του νερού και συνεχής ανακύκλωση με ομαλή ροή του μέσα από ένα κατάλληλο σύστημα φιλτραρίσματος για μείωση του σχηματισμού υποπροϊόντων απολύμανσης από τη χλωρίωση των υλικών ανθρώπινης προέλευσης (μαλλιά, ιδρώτας, ούρα, σάλιο, δέρμα, λοσιόν). Συχνός καθαρισμός των φίλτρων. Η χρήση της ηλεκτροχημικής τεχνολογίας απομάκρυνσης των οργανικών και ανόργανων ρύπων από το νερό ή των διάφορων υγρών αποβλήτων (κροκιδώση). Επαρκής εξαερισμός σε λειτουργία έτσι ώστε να διασφαλιστεί η ποιότητα του αέρα και να ελαττωθούν οι ζημιογόνες συνέπειες των αερίων του χλωρίου. Ειδικά στα κλειστά κολυμβητήρια η αφύγρανση του αέρα και η συχνή ανανέωση του δια μέσω κατάλληλου συστήματος εξαερισμού.

Β. Κανονισμός σχετικός με την ποιότητα του νερού. Τόσο στα “ανοικτά” όσο και στα στεγασμένα κολυμβητήρια προτείνονται διπλοί έλεγχοι της ποιότητας του νερού (πρωί και βράδυ), σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία στη χώρα μας που αφορά στα όρια του χλωρίου, με ταυτόχρονες όμως μικροβιολογικές και χημικές εξετάσεις του νερού για την πλήρη διασφάλιση των συνθηκών υγιεινής. Οι αποδεκτές ή προτεινόμενες τιμές είναι για το ελεύθερο χλώριο από 0.3-4ppm ανάλογα με την κάθε χώρα, για το pH 7.2-7.8 και για την χλωραμίνη ≤ 0.5 ppm (Bernard, et al. 2009; MMWR USA 2007; Weisel, et al., 2009). Ο Bernard και συν. (2009), αναφέρει έναν επαρκή καθαρισμό της πισίνας με ενεργή χλωρίνη στα όρια του 0.5-1.0ppm και ακόμα μικρότερες συγκεντρώσεις (0.3-0.7ppm). Σύμφωνα με τα παραπάνω, προτείνουμε την όσο το δυνατόν μικρότερη ποσότητα χρήσης του χλωρίου, ώστε αφ’ ενός να υπάρχει η αρμόζουσα απολύμανση των κολυμβητικών δεξαμενών και αφ’ ετέρου να ελαχιστοποιούνται τα ζημιογόνα χαρακτηριστικά των υψηλών συγκεντρώσεών του. Μια μείωση στο pH, βελτιώνοντας παράλληλα την βακτηριακή δραστηριότητα του χλωρίου ως απολυμαντικό και επιτρέποντας έτσι μια χαμηλότερη δόση χλωρίου, θα προάγει στο ελάχιστο τον σχηματισμό τριαλομεθανίων και των επιπέδων της τριχλωραμίνης. Πάνω από το 50% της απομάκρυνσης των παραπροϊόντων της απολύμανσης μπορεί να επιτευχθεί με την προσαρμογή του pH, την αλλαγή ή μεγαλύτερη δόση του κροκιδωτικού και την βελτίωση των συνθηκών ανάμειξης.

Γ. Δημόσια υγιεινή. Πρόπλυση των κολυμβητών πριν από την είσοδο στο κολυμβητήριο με σαπούνι και κάθε φορά που πηγαίνουν στην τουαλέτα κατά τη διάρκεια του μαθήματος. Αυστηροί κανονισμοί υγιεινής για να αποφευχθεί η επαφή του χλωριωμένου νερού με τα μαλλιά, τον ιδρώτα, τα ούρα, το σάλιο, το δέρμα ή κάποια λοσιόν. Οι κολυμβητές να φοράνε πάντα σκουφάκι, να μην ουρούν, να μην φτύνουν μέσα στο νερό και να μην επιθέτουν καμία κρέμα στο δέρμα τους. Αν είναι άρρωστοι από κρυπτοσποριδίωση (διάρροια) να μην πηγαίνουν στο κολυμβητήριο μέχρι και 2 εβδομάδες αφού γίνουν καλά. Τα στεγασμένα κολυμβητήρια προκαλούν περισσότερα προβλήματα στην υγεία των αθλουμένων. Προτείνεται σύμφωνα με τις υπάρχουσες στην Ελλάδα κλιματολογικές συνθήκες, η κατασκευή ανοικτών κολυμβητηρίων έναντι των στεγασμένων.

Οι χλωριωμένες ποσότητες είναι πιο βλαπτικές εν συγκρίσει με τις συνδυασμένες μεθόδους απολύμανσης. Επομένως προτείνεται η αντικατάσταση της μεθόδου απολύμανσης των κολυμβητηρίων με χλώριο με εναλλακτικές μεθόδους απολύμανσης. Καταληκτικά στις πολύ μικρές ηλικίες κάτω των δύο ετών εικάζεται πως το χλώριο μπορεί εν δυνάμει να καταστεί βλαπτικό, διότι η νευρομυϊκή ανάπτυξη δεν έχει επιτευχθεί και η ανωριμότητα τόσο του Κ.Ν.Σ. όσο και του περιφερειακού μπορεί να καταστεί επιζήμια στην ανάπτυξη των βρεφών. Επιπλέον, ίσως μέχρι την ηλικία των επτά ετών ο οργανισμός να είναι πιο ευπαθής εν συγκρίσει με μεγαλύτερης σε ηλικία παιδιά ή ενήλικες, όπως εικάζουν οι Nickmilder και Bernard (2011) και Weinhold (2012). Προτείνεται λοιπόν η λελογισμένη χρήση των κολυμβητηρίων σύμφωνα με την ηλικία, τον χρόνο παραμονής των αθλητών και τη μέθοδο απολύμανσης, καθώς και η ιδιαίτερως κρίσιμη συμπληρωματική ενδελεχής έρευνα ούτως ώστε να αποσαφηνιστεί πλήρως η καταλληλότητα η μη της κολύμβησης στις μικρές ηλικίες. Για τους εργαζόμενους προτείνεται μελλοντικά η χρήση προστατευτικών αναπνευστικών μασκών, λόγω της καθημερινής πολύωρης έκθεσης τους μέσα στους κολυμβητικούς χώρους άθλησης.

Προτάσεις για μελλοντικές έρευνες

Οι κολυμβητές κατά γενική ομολογία είναι πιο ευπαθείς από τις βαθιές εισπνοές κατά τη διάρκεια της άθλησης, όμως η επιζήμια δράση του χλωρίου μεγεθύνεται από την αύξηση του χρονικού ορίου παραμονής στα κολυμβητήρια. Οι χαμηλότερες τιμές, επί της παρουσίας του χλωρίου της εκκριντικής κυτταρικής πρωτεΐνης Clara (CC16) η οποία είναι ένας δείκτης της πνευμονικής διαπερατότητας του επιθηλίου, της ορμόνης ανασταλτίνης Β καθώς και της ανοσοσφαιρίνης Ε (IgE) μπορεί μελλοντικά να προταθεί ως μια μη επεμβατική μέθοδος για την καλύτερη μελέτη των φαινομένων του χλωρίου. Η πιθανή σχέση μεταξύ των ζημιών στα κύτταρα Clara και ποικίλων πνευμονικών ασθενειών (π.χ. άσθμα), θα πρέπει να διερευνηθεί περαιτέρω. Η ανασταλτίνη Β, η οποία αναστέλλει την έκκριση της ωοθυλακιοτρόπου ορμόνης (FSH) και την ρυθμίζει προς τα κάτω, μπορεί να μελετηθεί πιο συστηματικά σε συνάφεια με το χλώριο. Η IgE έχει συνάφεια με την τύπου Ι υπερευαισθησία, η οποία συνδέεται με διάφορες αλλεργίες όπως το άσθμα, η αλλεργική ρινίτιδα, η χρόνια κνίδωση και η ατοπική δερματίτιδα.

Ομοίως θα μπορούσε να προταθεί μια πιο εκτεταμένη έρευνα σε σχέση με το χλώριο και την πρόκληση καρκίνου. Για τους κολυμβητές ο κίνδυνος του καρκίνου μπορεί να είναι αμελητέος από την έκθεση στο χλώριο (Lee, et al., 2009), όμως η εισπνοή του αποτελεί το μεγαλύτερο πρόβλημα. Για να τεκμηριωθεί πλήρως η συνθήκη ότι η κολύμβηση στο χλώριο είναι πιθανόν να προκαλέσει καρκίνο, θα πρέπει να διεξαχθούν πολλές μακροχρόνιες έρευνες. Ακόμα θα μπορούσαν να εντατικοποιηθούν οι έρευνες στα βρέφη και στο χλώριο, όπου παρουσιάζεται σημαντικό βιβλιογραφικό κενό έτσι ώστε να αποδειχθεί αν το άθλημα της κολύμβησης σε αυτή την ηλικία είναι ζημιογόνο ή ευεργετικό.

Επίσης, από την παρούσα μελέτη διαπιστώθηκε ότι η μέθοδος απολύμανσης των κολυμβητηρίων, είναι ιδιαίτερως σημαντική τόσο για την υγεία των κολυμβητών όσο και των εργαζομένων που απασχολούνται σε αυτές. Ωστόσο, απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση της επίδρασης της βραχυχρόνιας και μακροχρόνιας επίδρασης του χλωρίου, σε σύγκριση με τις άλλες μεθόδους απολύμανσης ούτως ώστε να διαπιστωθεί αν η κολυμβητική προπόνηση σε αυτές δυσχεραίνει την υγεία των κολυμβητών. Με τα σημερινά δεδομένα μόνο εικασίες μπορούν να γίνουν, ενώ φαίνεται πως η επίδραση των αρνητικών συνεπειών είναι μάλλον ελάχιστη. Σημαντικό ρόλο για τη μελλοντική διερεύνηση θα διαδραματίσει επιπλέον η σύγκριση μεταξύ στεγασμένων ή μη κολυμβητηρίων, με τα πρώτα να ενοχοποιούνται ίσως περισσότερο για ορισμένες επιβλαβείς συνέπειες. Καταληκτικά η μελλοντική έρευνα θα πρέπει να κατευθυνθεί στην απάντηση του ερωτήματος αν η άθληση στα κολυμβητήρια, όπου μαζικά προσέρχονται άτομα όλων των ηλικιών, είναι ασφαλής ή προξενεί επιπτώσεις στην υγεία.

Σημασία για τον Αγωνιστικό Αθλητισμό

Η σημασία που έχει η βιβλιογραφική αυτή ανασκόπηση για τους καθηγητές φυσικής αγωγής, αλλά και εν γένει για τους ανθρώπους που ασχολούνται με τον αθλητισμό είναι ουσιώδης, διότι αφ' ενός αποσαφηνίζεται ο ρόλος που διαδραματίζει η χλωρίωση στο νερό των κολυμβητηρίων και αφ' ετέρου γιατί απαντώνται καίρια ερωτήματα που αφορούν τη διασφάλιση της υγείας των αθλουμένων με βάση τις υπάρχουσες μελέτες. Σημαντικό είναι το γεγονός ότι πρωτότερα δεν είχαν συλλεχθεί ανάλογα δεδομένα και ως εκ τούτου οι καθηγητές φυσικής αγωγής απαντούσαν εμπειρικά και μη επιστημονικά όταν αντιμετώπιζαν παρόμοια ερωτήματα που αφορούσαν τις μεθόδους απολύμανσης και της χλωρίωσης του νερού των κολυμβητηρίων. Τέλος είναι αξιόλογα τα προληπτικά μέσα που μπορούν να εφαρμοστούν, για να ελαχιστοποιηθούν οι δυνητικά βλαπτικές ιδιότητες του χλωρίου.

Βιβλιογραφία

- Aiking, H., vanAckertb, M. B., Scholtenb, R., Feenstra, J. F., & Valkenburgb, H. A. (1994). Swimmingpool-chlorination: ahealthhazard? *Toxicology Letters*, 72, 375-380.
- Agabiti, N., Ancona, C., Forastiere, F., DiNapoli, A., Presti, E., Corbo, G. & et al. (2001). Short term respiratory effects of acute exposure to chlorine due to a swimming pool accident. *Occupational & Environmental Medicine*, 58(6), 399-404.
- Aggazzotti, G., Fantuzzi, G. Rigbi, E. & Predieri, G. (1998). Blood and breath analyses as biological indicators of exposure to trihalomethanes in indoor swimming pools. *The Science of the Total Environment*, 217, 155-163.
- Bemanian, M., Shirkhoda, S., Nakhjavani, M. & Mozafari, H. (2009). Effect of swimming on peak expiratory flow rate of atopic children. *Iranian Journal of Allergy, Asthma and Immunology*, 8(2), 121-123.

- Bernard, A., Carbonnelle, S., Michel, O., Higuete, S., de Burbure, C., Buchet, J-P. & et al. (2003). Lung hyperpermeability and asthma prevalence in schoolchildren: unexpected associations with the attendance at indoor chlorinated swimming pools. *Occupational and Environmental Medicine*, 60, 385-394.
- Bernard, A., Carbonnelle, S., Dumont, X. & Nickmilder, M. (2007). Infant swimming practice, pulmonary epithelium integrity, and the risk of allergic and respiratory diseases later in childhood. *Pediatrics*, 119(6), 1095-1103.
- Bernard, A., Nickmilder, M. & Voisin, C. (2008). Outdoor swimming pools and the risks of asthma and allergies during adolescence. *European Respiratory Journal*, 32, 979-988.
- Bernard, A., Nickmilder, M., Voisin, C., & Sardella, A. (2009). Impact of chlorinated swimming pool attendance on the respiratory health of adolescents. *Pediatrics*, 124(4), 1110-1118.
- Beretta, S., Vivaldo, T., Morelli, M., Carlucci, P. & Zuccotti, G. (2011). Swimming pool-induced asthma. *Journal of Investigational Allergiology and Clinical Immunology*, 2(3), 240-241.
- Bonetto, G., Corradi, M., Carraro, S., Zanconato, S., Alinovi, R., Folesani, G. & et al. (2006). Longitudinal monitoring of lung injury in children after acute chlorine exposure in a swimming pool. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 174, 545-549.
- Bougault, V. & Bullet L.-P. (2012). Is there a potential link between indoor chlorinated pool environment and airway remodeling/inflammation in swimmers? *Expert Review of Respiratory Medicine*, 6(5), 469-471.
- Charlier G, Burlion N., & Schooten D. (2003). Etude de la qualite de l'air des piscines visant a definir des norms pour le controle regulier des etablissements. ISSeP, Liege, Belgium.
- Chu, H. & Nieuwenhuijsen, M. J. (2002). Distribution and determinants of trihalomethane concentrations in indoor swimming pools. *Occupational Environmental Medicine*, 59, 243-247.
- Fernandez-Luna, A., Gallardo, L., Plaza-Carmona, M., Garcia-Unanue, J., Sanchez-Sanchez, J., Felipe, J. & et al. (2013). Respiratory function and changes in lung epithelium biomarkers after a short-training intervention in chlorinated vs. ozone indoor pools. *Respiratory Health in Ozone and Chlorine Pools*, 8(7), 1-6.
- Fernandez-Luna, A., Burillo, P., Felipe, J., Gallardo, L. & Tamaral, F. (2013). Chlorine concentrations in the air of indoor swimming pools and their effects on swimming pool workers. *Gaceta Sanitaria*, 27(5), 411-417.
- Font-Ribera, L., Kogevinas, M., Zock, J.-P., Nieuwenhuijsen, M., Heederik, D. & Villanueva, C. (2009). Swimming pool attendance and risk of asthma and allergic symptoms in children. *European Respiratory Journal*, 34, 1304-1310.
- Florentin, A., Hautemaniere, A. & Hartemann, P. (2011). Health effects of disinfection by-products in chlorinated swimming pools. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 214, 461- 469.
- Francesco, C. (2010). Market Data 2009, Meeting EUSA – European Union of Swimming Pool and Spa Associations, <http://www.eusaswim.eu/Documentation/downloads/EUSA-market-data.pdf> (Assessed 1st September 2014).
- Font-Ribera, L., Kogevinas, M., Zock, J.-P., Gómez, F., Barreiro, E., Nieuwenhuijsen, M. & et al. (2010). Short-term changes in respiratory biomarkers after swimming in a chlorinated pool. *Environmental Health Perspectives*, 118(11), 1538-1544.
- Goodman, M. & Hays, S. (2008). Asthma and swimming: a meta-analysis. *Journal of Asthma*, 45(8), 639-647.
- Helenius, I., Ryttilä, P., Sarna, S., Lumme, A., Helenius, M., Remes, V. et al. (2002). Effect of continuing or finishing high-level sports on airway inflammation, bronchial hyperresponsiveness, and asthma: A 5-year prospective follow-up study of 42 highly trained swimmers. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 109, 962-968.
- Hery, M., Hecht, G., Gerber, J. M. Gendre, J. C., Hubert, G. & Rebuffaudi, J. (1995). Exposure of chloramines in the atmosphere of indoor swimming pools. *Annual Occupational Hygiene*, 39(4), 427-439.
- Holzwarth, G., Balmer, R. G. & Sony, L. (1984). The fate of chlorine and chloramines in cooling towers. Henry's law constants for flash-off. *Water Research*, 18, 1421-1427.
- Jafvert, C. T. & Valentine, R. L. (1992). Reaction scheme for the chlorination of ammoniacal water. *Environmental Science & Technology*, 26(3), 577-585.
- Jessen, H. J. (1986) Chloraminkonzentration in der Raumluft von Hallenbädern. [Chloramine concentration in the atmosphere of swimming pools]. *Z gesamte Hygiene*, 32, 180-181.
- Judd, S. J., & Bullock, G. (2003). Trihalomethane formation during swimming pool water disinfection using hypobromous and hypochlorous acids. *Water Research*, 29(4), 1203-1206.
- Kim, H., Shim, J. & Lee, S. (2002). Formation of disinfection by-products in chlorinated swimming pool water. *Chemosphere*, 46, 123-130.
- Kogevinas, M., Villanueva, C., Font-Ribera, L., Liviach, D., Bustamante, M., Espinoza, F. & et al. (2010). Genotoxic effects in swimmers exposed to disinfection by-products in indoor swimming pools. *Environmental Health Perspectives*, 118, 1531-1537.

- Lagerkvist, B., Bernard, A., Blomberg, A., Bergstrom, E., Forsberg, B., Holmstrom, K. & et al. (2004). Pulmonary epithelial integrity in children: Relationship to ambient ozone exposure and swimming pool attendance. *Environmental Health Perspectives*, 112(17), 1768-1771.
- Lee, J., Ha, K.-T. & Zoh, K.-D. (2009). Characteristics of trihalomethane (THM) production and associated health risk assessment in swimming pool waters treated with different disinfection methods. *Science of the Total Environment*, 407, 1990-1997.
- Lee, J., Jun, M.-J., Lee, Man-H., Lee, Min-H., Eom, S.-W. & Zoh, K.-D. (2010). Production of various disinfection byproducts in indoor swimming pool waters treated with different disinfection methods. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 213, 465-474.
- Massin, N., Bohadana, A., Wild, P., Hery, M., Toamain, J. & Hubert G. (1998). Respiratory symptoms and bronchial responsiveness in lifeguards exposed to nitrogen trichloride in indoor swimming pools. *Occupational Environmental Medicine*, 55, 258-263.
- Matalon, S. & Maull, E. (2010). Understanding and treating chlorine-induced lung injury. *Proceedings of the American Thoracic Society*, 7, 253.
- McMaster, M. (2011). Heated indoor swimming pools, infants, and the pathogenesis of adolescent idiopathic scoliosis: a neurogenic hypothesis. *Environmental Health*, 10, 86, 1-6.
- Mood, E. W. (1953). Development and application of high-free residual chlorination in the treatment of swimming pool water. *American Journal of Public Health Nations Health*, 43(10), 1258-1264.
- Morbidity and Mortality Weekly Report (2007). Ocular and respiratory illness associated with an indoor swimming pool, Nebraska, 2006. *MMWR*, 56(36), 929-932.
- Nickmilder, M. & Bernard, A. (2011). Associations between testicular hormones at adolescence and attendance at chlorinated swimming pools during childhood. *International Journal of Andrology*, 34, e446-e458.
- Nievas, D., Castillo, R., Jerez, A. & Montes, A. (2008). Investigation of an outbreak of acute respiratory illness due to exposure to chlorine gas in a public swimming pool. *Gaceta Sanitaria*, 22(3), 287-90.
- NSPF (2006). Certified pool-spa operator handbook. National Swimming Pool Foundation, Colorado Springs, CO.
- Panyakapo, M., Soontornchal, S., & Paopuree, P. (2008). Cancer risk assessment from exposure to trihalomethanes in tap water and swimming pool water. *Journal of Environmental Sciences*, 20, 372-378.
- Parrat, J., Donze, J., Iseli, C., Perret, D., Tomicic, C., & Schenk, O. (2012). Assessment of occupational and public exposure to trichloramine in swiss indoor swimming pools: A proposal for an occupational exposure limit. *Annals of Occupational Hygiene*, 56(3), 264-277.
- Parimon, T, Kanne, J. & Pierson, D. (2004). Acute inhalation injury with evidence of diffuse bronchiolitis following chlorine gas exposure at a swimming pool. *Respiratory Care*, 49, 291-294.
- Richardson, S., DeMarini, D., Kogevinas, M., Fernandez, P., Marco, E., Lourencetti, C. & et al. (2010). What's in the pool? A comprehensive identification of disinfection by-products and assessment of mutagenicity of chlorinated and brominated swimming pool water. *Environmental Health Perspectives*, 118, 1523-1530.
- Santa Marina, L., Ibarluzea, J., Basterrechea, M., Goñi, F., Ulibarrena, E., Artieda, J. & et al. (2009). Indoor air and bathing water pollution in indoor swimming pools in Guipuzcoa (Spain). *Gaceta Sanitaria*, 23, 115-120.
- Seki, T., Morimatsu, S., Nagahori, H. & Morohashi, M. J. (2003). Free residual chlorine in bathing water reduces the water-holding capacity of the stratum corneum in atopic skin. *Journal of Dermatology*, 30, 196-202.
- Sexton, J. D. & Pronchik, D. J. (1998). Chlorine inhalation: the big picture. *Journal of Toxicol Clin Toxicology*, 36(1- 2), 87-93.
- Schoefer, Y., Zutavern, A., Brockow, I., Schafer, T., Kramer, U., Schaaf, B. & et al. (2008). Health risks of early swimming pool attendance. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 211, 367-373.
- Spivey, A. (2010). Swimmer, Protect Thyself: Cleaning Up the Pool Environment. *Environmental Health Perspectives*, 118(11), A477-A482.
- Thickett, K. M., McCoach, J. S., Gerber, J. M., Sadhra, S., & Burge, P. S. (2002). Occupational asthma caused by chloramines in indoor swimming-pool air. *European Respiratory Journal*, 19, 827-832.
- Thomas, L. & Murray, V. (2008). Review of acute chemical incidents involving exposure to chlorine associated with swimming pools in England and Wales, June-October 2007. *Journal of Public Health*, 30(4), 391-397.
- USEPA, (1989). Risk Assessment Guidance for Superfund, Vol. I. Human Health Evaluation Manual, EPA/540/1-89/002. December.
- USEPA, (1999). Alternative Disinfectants and Oxidants. EPA Guidance Manual. April.
- USEPA, (2007). IRIS Database for Risk Assessment. <http://www.epa.gov/iris>.

- Utah Department of Health, Bureau of Epidemiology, (2008). Cryptosporidium Outbreak Linked to Multiple Recreational Water Venues – Utah, 2007.
- Villanueva, C., M., Cantor, K., P., Grimalt, J., O., Malats, N., Silverman, D., Tardon, A. & et al., (2007). Bladder cancer and exposure to disinfection by-products through ingestion, bathing, showering, and swimming in pools, *American Journal of Epidemiology*, 165(2), 148–156.
- Voisin, C., Sardella, A., Marcucci, F. & Bernard, A. (2010). Infant swimming in chlorinated pools and the risks of bronchiolitis, asthma and allergy. *European Respiratory Journal*, 36(1), 41–47.
- Weaver, W., Li, J., Wen, Y., Johnston, J., Blatchley, M. & Blatchley, E. (2009). Volatile disinfection by-product analysis from chlorinated indoor swimming pools. *Water Research*, 43, 3308–3318.
- Weinhold, B. (2012). Disinfection by-products: Can indoor swimming alter hormones in boys? *Environmental Health Perspectives*, 120(1), A18.
- Weisel, C., Richardson, S., Nemery, B., Aggazzotti, G., Baraldi, E., Blatchley, E. & et al. (2009). Childhood asthma and environmental exposures at swimming pools: State of the science and research recommendations. *Environmental Health Perspectives*, 117, 500–507.
- Weng, S. & Blatchley, E. (2011). Disinfection by-product dynamics in a chlorinated, indoor swimming pool under conditions of heavy use: National swimming competition. *Water Research*, 45, 5241–5248.
- White, C. & Martin, J. (2010). Chlorine gas inhalation: Human clinical evidence of toxicity and experience in animal models. *Proceedings of the American Thoracic Society*, 7, 257–263.
- WHO, 2000a. Disinfectant and disinfectant by-product. Environmental Health Criteria 216, Geneva.
- WHO, 2000b. Swimming pools, spas and similar recreational water environment. Guidelines for safe recreational-water environments. Vol 2. World Health Organization, Geneva.
- World Health Organization. (2006). Guidelines for Safe Recreational Water Environments, Volume 2, swimming pools and similar environments. Available: http://www.who.int/water_sanitation_health/bathing/srwe2full.pdf [accessed 1st September 2014].
- Yoder, J., Wallace, R., Collier, S., Beach, M. & Hlavsa, M. (2012). Cryptosporidiosis Surveillance – United States, 2009–2010. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 61(5), 1–12.
- WQHC (2009). Almost Half of Surveyed Americans Admit Unhygienic Pool Behavior. Washington, DC: Water Quality and Health Council, Chlorine Chemistry Division, American Chemistry Council. Available: <http://tinyurl.com/23bbjah> [accessed 1st September 2014]

Υπεύθυνος έκδοσης: Ελληνική Ακαδημία Φυσικής Αγωγής, **Υπεύθυνος συντακτικής επιτροπής:** Γιάννης Θεοδωράκης, **Επιμελητές έκδοσης:** Βάσω Ζήση, Βασίλης Γεροδήμος, Αντώνης Χατζηγεωργιάδης, Θανάσης Τσιόκανος, Αθανάσιος Τζιαμούρτας, Γιώργος Τζετζής, Θωμάς Κουρτέσης, Ευάγγελος Αλμπανιδής, Κων/να Δίπλα. **Διαχείριση-επιμέλεια-στοιχειοθεσία:** Στέφανος Πέρκος, Βασίλης Μπούγλας.

Editor -in- Chief: Hellenic Academy of Physical Education, **Head of the editorial board:** Yannis Theodorakis, **Editorial Board:** Vaso Zissi, Vasilis Gerodimos, Antonis Chatzigeorgiadis, Thanassis Tsiokanos, Athanasios Jamurtas, Giorgos Tzetzis, Thomas Kourteisis, Evangelos Albanidis, Konstantina Dipla. **Editorial management:** Stefanos Perkos, Vasilis Bouglas.