



Η υγειονομική σημασία του νερού στις μονάδες αιμοκάθαρσης - τεχνητού νεφρού

Κωνσταντινίδης Θ. Γ.¹, Νικολαΐδης Χ.², Αλεξανδροπούλου Ι.³, Κωνσταντινίδης Θ. Κ.⁴.

¹ Ιατρός Βιοπαθολόγος

² Βιοχημικός

³ Μοριακή Βιολόγος

⁴ Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήματος Ιατρικής, Δημοκρίτειου Παν/μιου Θράκης, Διευθυντής Περιφερειακού Εργαστηρίου Δημόσιας Υγείας Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Κάθε εβδομάδα οι ασθενείς που υποβάλλονται σε αιμοκάθαρση εκτίθενται σε περίπου 400 λίτρα νερού, τα οποία χρησιμοποιούνται για την παρασκευή των υγρών αιμοδιάλυσης. Η μικροβιολογική και χημική ποιότητα του νερού που χρησιμοποιείται στις μονάδες τεχνητού νεφρού (MTN), επομένως, πρέπει να είναι απολύτως άρτια από υγειονομικής άποψης. Ο εργαστηριακός έλεγχος του νερού στις MTN μπορεί να προβλέψει τους μικροβιολογικούς και χημικούς κινδύνους και να προλάβει τις κλινικές εκδηλώσεις (π.χ. λοιμώξεις, φλεγμονώδεις και τοξικολογικές αντιδράσεις) που σχετίζονται με την καθαρότητα των υγρών αιμοδιάλυσης. Στην παρούσα ανασκόπηση περιγράφεται η σημασία του νερού στις MTN, αναλύονται οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στη διασφάλιση της ποιότητας και αναδεικνύεται ο ενεργός ρόλος της εργαστηριακής επιτήρησης στην πρόληψη των εν λόγω κινδύνων.

Λέξεις-Κλειδιά: αιμοκάθαρση, μονάδα τεχνητού νεφρού, ποιότητα νερού, χημικοί και μικροβιολογικοί κίνδυνοι.

INTERSCIENTIFIC HEALTH CARE



The hygienic importance of water quality in renal dialysis units

Costantinidis T. G.¹, Nikolaidis C.², Alexandropoulou I.³, Costantinidis T. K.⁴

¹ MD, Biopathologist

² Biochemist

³ Molecular Biologist

⁴ Assistant Professor, Democritus University of Thrace, Department of Medicine, Director of Regional Laboratory of Public Health , East Macedonia - Thrace

ABSTRACT

The microbiological and chemical quality of water used in haemodialysis units must comply with several hygienic conditions that do not compromise the nephropathic patient's health. Every week patients undergoing renal therapy are exposed to approximately 400 liters of water that are used to manufacture haemodialysis liquids. Efficient monitoring of water quality in Renal Dialysis Units (RDU) can address the microbiological and chemical hazards and prevent complications associated with the impurity of hemodialysis liquids (e.g. inflammatory, infectious and toxicological reactions). This review article aims at elucidating the importance of water quality in RDU, describe the methods used for quality assurance and promote the active role of the laboratory in preventing these hazards through efficient monitoring.

Keywords: renal dialysis unit, water quality, chemical and biological hazards.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Βασικές αρχές της αιμοκάθαρσης

Η αιμοκάθαρση αποτελεί, παγκοσμίως, τη συνηθέστερη μέθοδο για την αντιμετώπιση της χρόνιας νεφρικής ανεπάρκειας. Η μέθοδος αυτή παρέχει τη δυνατότητα καθορισμού του αίματος των νεφροπαθών ασθενών από περιττούς μεταβολίτες και ηλεκτρολύτες (π.χ. ουρία, K^+) καθώς και του πλεονάσματος νερού που συσσωρεύονται στον οργανισμό, με κίνδυνο πρόκλησης κλινικών εκδηλώσεων λόγω τοξικότητας, οσμωτικών διαταραχών (π.χ. υπέρτασης) και άλλων παθολογικών επιπλοκών που είναι άμεσα απειλητικές για τη ζωή του ασθενούς.

Η αρχή της αιμοκάθαρσης βασίζεται στη χρήση μιας ημιπερατής μεμβράνης η οποία χρησιμοποιείται για να εξισώσει τις συγκεντρώσεις του νερού και των ηλεκτρολυτών μεταξύ του αίματος του ασθενούς και ενός διαλύματος μεταλλικών ιόντων, ισότονου στη

περιεκτικότητα Na^+ και Cl^- και υπέρτονου στην περιεκτικότητα όξινου ανθρακικού νατρίου ($NaHCO_3$) για τον αποτελεσματικό έλεγχο της πλασματικής οξύτητας. Το διάλυμα ρέει σε αντίθετη φορά από αυτή του αίματος σε εξωσωματική κυκλοφορία υπό πίεση, ώστε να δημιουργείται μια ενεργή βαθμίδωση της συγκέντρωσης υπέρ της απομάκρυνσης του νερού και των υπό κάθαρση ουσιών, από το αίμα προς το διάλυμα, μέσω ωσμωτικής διάχυσης. Η ουρία και τα άλλα προϊόντα του μεταβολισμού, όπως ο φώσφορος, το κάλιο κτλ απομακρύνονται διαδοχικά, καθώς το αίμα κυκλοφορεί μεταξύ της συσκευής διήθησης και του σώματος του αιμοκαθαρούμενου ασθενούς.

Η διάρκεια της διαδικασίας αποτελεί συνάρτηση της συχνότητας με την οποία πραγματοποιείται (π.χ. για 3 αιμοκαθάρσεις ανά εβδομάδα διαρκεί περίπου 4-5 ώρες), ενώ διευρύνεται σημαντικά όταν μεγαλώνουν τα μεταξύ τους διαστήματα. Η αιμοκάθαρση αποτελεί,

επομένως, μια χρονοβόρο και επίπονη διαδικασία που υποβάλει τον νεφροπαθή ασθενή σε έντονο ψυχολογικό και σωματικό στρες. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να προλαμβάνονται όλοι οι επιπλέον κίνδυνοι που μπορεί να θέσουν την υγεία του ασθενούς σε κίνδυνο, ο σημαντικότερος εκ των οποίων αφορά στην καθαρότητα των υγρών αιμοδιάλυσης.

Η χρήση του νερού στην αιμοκάθαρση

Το νερό στις MTN χρησιμοποιείται κατεξοχήν για την παρασκευή των υγρών της αιμοκάθαρσης (διαλυμάτων) που δημιουργούνται με την ανάμιξη κονιορτοποιημένων αλάτων ή συμπυκνωμένων ενώσεων ηλεκτρολυτών. Η παραγωγή γίνεται εντός του οργάνου (on-line) ή σε ανεξάρτητη περιφερειακή μονάδα (off-line). Το ειδικά κατεργασμένο νερό αποθηκεύεται σε δεξαμενές έως ότου χρησιμοποιηθεί, ενώ παράλληλα χρησιμεύει και στο ξέπλυμα των συσκευών πριν την επαναχρησιμοποίησή τους.

Παρόλο που το πόσιμο νερό του δικτύου ύδρευσης υποβάλλεται σε ειδική κατεργασία για την απομάκρυνση των μικροβιακών και χημικών κινδύνων (π.χ. κροκιδωση, καθίζηση, φίλτρανση και χλωρίωση), τα ποιοτικά κριτήρια της χρήσης του για κατανάλωση δεν επαρκούν για ασφαλή διάθεσή του στις MTN. Αφενός οι ασθενείς που υποβάλλονται σε αιμοκάθαρση εκτίθενται σε πολύ μεγαλύτερες συγκεντρώσεις νερού από ότι ο μέσος πληθυσμός, αφετέρου το νερό των υγρών αιμοδιάλυσης περνά απευθείας στην κυκλοφορία του ασθενούς χωρίς τη διαμεσολάβηση του γαστρεντερικού βλεννογόνου.

Παράμετροι που αφορούν στη χρήση του νερού στις MTN

Κατά την επεξεργασία του πόσιμου νερού, διάφοροι χημικοί παράγοντες όπως κροκιδωτικά (π.χ. θειικό αλουμίνιο και άλατα σιδήρου) και απολυμαντικά μέσα (π.χ. χλώριο και χλωραμίνες) προστίθενται στο νερό για έλεγχο των μικροβιακών κινδύνων, της θολερότητας κτλ. Διάφορα άλατα, σωματίδια ιλύος και προϊόντα οργανικής προέλευσης (π.χ. λιγνίνες, τανίνες) που φυσιολογικά περιέχονται στο νερό σε μικρές ποσότητες, αλλά και διάφορα μεταλλικά στοιχεία (π.χ. χαλκός, μόλυβδος και ψευδάργυρος) που μπορεί να εισέλθουν στη ροή του δικτύου από τις σωληνώσεις του δικτύου ύδρευσης πρέπει να απομακρυνθούν. Μικροβιακοί παράγοντες που περιλαμβάνουν βακτήρια και τα προϊόντα της αποικοδόμησής τους (π.χ. ενδοτοξίνες, πεπτιδογλυκάνες) όπως επίσης μύκητες, ιοί και πρωτόζωα, τα οποία είναι ικανά να προκαλέσουν λοιμώξεις ή να προάγουν φλεγμονώδεις αντιδράσεις δεν θα πρέπει να ανιχνεύονται στο νερό που προορίζεται για χρήση στις MTN.

Χημικοί κίνδυνοι

Οι παρουσία διάφορων χημικών ενώσεων στα υγρά αιμοδιάλυσης (π.χ. ασβεστίου, νατρίου, αλουμινίου, χλωραμινών, φθορίου, χαλκού, ψευδαργύρου, θεικών, νιτρικών ιόντων) μπορεί να προκαλέσει μια σειρά από οξείες ή χρόνιες παθολογικές καταστάσεις που περιλαμβάνουν αναιμία, παθήσεις των οστών, νευρολογικές διαταραχές, διαταραχές της οξεοβασικής ισορροπίας και της αρτηριακής πίεσης (Tonelli et al. 2009).

Αλουμίνιο

Το αλουμίνιο χρησιμοποιείται ως κροκιδωτικό μέσο υπό τη μορφή του θειικού αλουμινίου. Σε αλκαλικό pH το αλουμίνιο βρίσκεται ως ανιόν, ενώ σε pH 6-7 υπάρχει σε μη φορτισμένη ή κολλοειδή μορφή που μπορεί να απομακρυνθεί μόνο με τη διαδικασία της αντίστροφης όσμωσης. Η παρουσία αλουμινίου στα υγρά αιμοδιάλυσης μπορεί να προκαλέσει ευρεία τοξικότητα που εκδηλώνεται με διαταραχές της οστεοποίησης και οξεία εγκεφαλοπάθεια (Alfrey et al. 1976, Keef 1980). Το ασφαλές όριο του αλουμινίου στο νερό των MTN είναι 0.01 mg/L.

Χλώριο και χλωραμίνες

Το χλώριο και οι χλωραμίνες χρησιμοποιούνται ως απολυμαντικά μέσα για την απολύμανση το νερού. Παρόλο που είναι εξαιρετικά αποτελεσματικές στην καταπολέμηση των μικροβιακών κινδύνων, οι ενώσεις αυτές είναι τοξικές για τον ανθρώπινο οργανισμό. Η τοξικότητα του χλωρίου οφείλεται κυρίως στην ικανότητά του να σχηματίζει παράγωγα οργανοχλωριομένων ενώσεων (π.χ. τριαλογονομεθανίων, THMs). Οι χλωραμίνες εμποδίζουν το βιοχημικό μονοπάτι σχηματισμού του αντιοξειδωτικού μορίου NADPH που δρα σαν αναγωγικός παράγοντας με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ευπάθεια των πρωτεϊνών στην οξειδωτική βλάβη (Nieuwenhuijsen et al. 2000). Η κλινική εκδήλωση της χλωροτοξικότητας σε ασθενείς που υποβάλλονται σε αιμοκάθαρση αφορά, κυρίως, στην επαγωγή αιμολυτικής αναιμίας (Pyo et al. 1993, Calderago and Heller 2001). Η απομάκρυνση του χλωρίου και των χλωραμινών από το νερό γίνεται με την εφαρμογή φίλτρου ενεργού άνθρακα. Τα προτεινόμενα όρια στις MTN είναι 0.5 mg/L για το χλώριο και 0.1 mg/L για τις χλωραμίνες.

Βαρέα μέταλλα και ιχνοστοιχεία

Στους ασθενείς που υποβάλλονται σε αιμοκάθαρση είναι σημαντική η ρύθμιση της οξεοβασικής ισορροπίας (συγκεντρώσεις Na^+/K^+), όπως επίσης και της συγκέντρωσης των ιχνοστοιχείων (π.χ. Ca^{2+} , Mg^{2+} κτλ) που μπορεί να επηρεάσουν δραστικά τα παραπάνω ισοζύγια. Η απομάκρυνση των περισσότερων μετάλλων επιτυγχάνεται με τη συνδυαστική χρήση της αντίστροφης όσμωσης και των φίλτρων ενεργού άνθρακα. Διάφορα τοξικά στοιχεία, όπως μόλυβδος, ψευδάργυρος και χαλκός πρέπει να απομακρύνονται επαρκώς από το νερό που προορίζεται για χρήση στις MTN.

Μικροβιολογικοί κίνδυνοι

Το νερό που χρησιμοποιείται στις MTN δύναται να εμφανίσει μια σειρά από μικροβιολογικούς κινδύνους. Κύρια πηγή μόλυνσης του νερού θεωρείται η κοπρανώδους προέλευσης παρουσία κολοβακτηριδίων και *Escherichia coli*. Τα τελευταία χρόνια έχουν αναγνωριστεί σαν παράγοντες επικινδυνότητας διάφοροι ιοί (HAV, Νορο-ιοί, εντεροϊοί κτλ) και παρασιτικοί οργανισμοί (π.χ. *Cryptosporidium parvum* και *Giardia intestinalis*) που εμφανίζονται ιδιαίτερα ανθεκτικοί στη χλωρίωση (Carey et al. 2004). Το νερό επιφανειακής προέλευσης είναι, επίσης, δυνατό να εμπεριέχει κυανοβακτήρια που παράγουν

δευτερογενείς μεταβολίτες με τοξική δράση (π.χ. μικροκυστίνες, ανατοξίνες κτλ). Ιδιαίτερα αυξημένες συγκεντρώσεις μικροβίων και ενδοτοξινών μπορεί να προκύψουν στα υγρά αιμοδιάλυσης ακόμη και μετά από χλωρίωση και κατεργασία του νερού στις MTN (Arvanitidou *et al.* 1999). Η απομάκρυνση του απολυμαντικού μέσου (π.χ. χλωρίου) από τα συστήματα επεξεργασίας, καθώς και η παρουσία στάσιμων και νεκρών σημείων στο δίκτυο διανομής, αυξάνουν την πιθανότητα σχηματισμού βιοϋμενίου (biofilm). Το βιοϋμένιο αποτελεί υπόστρωμα για την ανάπτυξη μικροοργανισμών (βακτηρίων, μυκήτων και άλγεων) ικανών να παράγουν ενδοτοξίνες και ενώσεις μικρού μοριακού βάρους (0.5-200 kDa), όπως πολυσακχαρίτες και μουραμυλοπεπτιδία του κυτταρικού τοιχώματος, που έχουν τη δυνατότητα να διαπερνούν τις μεμβράνες της αιμοδιάλυσης και να εισέρχονται στην κυκλοφορία του αιμοκαθαριζόμενου ασθενούς με κίνδυνο πρόκλησης φλεγμονωδών αντιδράσεων (Lonnemann 2000, Pegues *et al.* 1992, Lowrie 2002). Η αντιμετώπιση αυτών των κινδύνων είναι εξαιρετικής σημασίας λόγω της υποκλινικής ή/και ασυμπτωματικής τους δράσης που συσσωρεύει την πιθανότητα μιας οξείας αντίδρασης με πολυοργανικές επιπτώσεις.

Πρότυπα καθαρότητας νερού στις MTN

Σε ότι αφορά την ποιότητα του νερού στις MTN έχουν αναπτυχθεί διάφορα νομοθετικά πλαίσια από διεθνείς οργανισμούς π.χ. "Association for the Advancement of Medical Instrumentation (AAMI)" και "European Pharmacopoeia (EP)", ενώ παράλληλα βρίσκονται σε ισχύ τα πρότυπα του Διεθνούς Οργανισμού Τυποποίησης (ISO 13959:2009) που αφορούν στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των υγρών αιμοδιάλυσης.

Οι οδηγίες της AAMI επιτρέπουν συγκεντρώσεις 200 cfu/mL για μικροβιακούς παράγοντες και 2 IU/mL για ενδοτοξίνες και καθιερώνουν το όριο των 50 cfu/mL και 1 IU/mL, αντιστοίχως, για την λήψη άμεσων διορθωτικών μέτρων που αφορά στον επανέλεγχο και τη συστηματική εφαρμογή ενεργού πρωτοκόλλου απολύμανσης. Οι οδηγίες του Ευρωπαϊκού Οργανισμού είναι λιγότερο ελαστικές και καθιερώνουν όριο <100 cfu/mL για τους μικροβιακούς παράγοντες και <0.25 IU/mL για τις ενδοτοξίνες.

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 93/42/EEC για τις Ιατρικές Συσκευές (Medical Devices) η ασφάλεια των συσκευών αιμοδιάλυσης οι οποίες είναι πιστοποιημένες (δηλαδή φέρουν την ειδική σήμανση CE) εξασφαλίζεται από τη σωστή χρήση, έλεγχο και συντήρησή τους σε συναρμογή με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

Συστήματα επεξεργασίας νερού στις MTN

Στα πρώτα χρόνια εφαρμογής της αιμοκάθαρσης, η επεξεργασία του νερού στις MTN περιελάμβανε μόνο έλεγχο της σκληρότητας για την απομάκρυνση των ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου. Η επαγωγή ποικίλων κλινικών προβλημάτων (π.χ. μικροβιαμίας, τοξικότητας κτλ) οδήγησε σταδιακά στη βελτίωση των μεθόδων επεξεργασίας, καθώς και στην εφαρμογή τεχνικών α) *απίονισμού* (deionization), β) *αντίστροφης ώσμωσης* (reverse osmosis) και γ) *φίλτρασης με ενεργό άνθρακα* (carbon filtration).

Η διαδικασία της αντίστροφης ώσμωσης είναι ικανή να απομακρύνει 95-98% των διαλυμένων αλάτων, 99% των βακτηριδίων, των ενδοτοξινών και των ενώσεων μοριακού βάρους μεγαλύτερου των 200 kDa (Pontoriero *et al.* 2003). Πολλά συστήματα επεξεργασίας νερού είναι εφοδιασμένα με διπλό σύστημα αντίστροφης ώσμωσης (RO) για βελτιστοποίηση της λειτουργίας τους. Η πλήρης απομάκρυνση του χλωρίου, των χλωραμινών και των άλλων χημικών κινδύνων από την άλλη πλευρά επιτυγχάνεται με τη χρήση φίλτρου ενεργού άνθρακα. Η δομή του δικτύου διανομής ύδατος στις MTN είναι εξαιρετικά σημαντική, διότι δημιουργεί μεγάλες επιφάνειες με κρίσιμα σημεία για τη μικροβιακή ποιότητα του νερού. Ο πιο σίγουρος τρόπος για να προληφθούν οι μικροβιολογικοί κίνδυνοι είναι να ακολουθείται τακτικό πρόγραμμα απολύμανσης (disinfection). Οι μεμβράνες της αντίστροφης ώσμωσης πρέπει να ελέγχονται και να καθαρίζονται σε τακτά χρονικά διαστήματα, ενώ οι σωληνώσεις του δικτύου διανομής, συμπεριλαμβανομένων των γραμμών εισαγωγής των συσκευών αιμοδιάλυσης, πρέπει να απολυμαίνονται επιμελώς. Για να μειωθούν οι κίνδυνοι μόλυνσης του νερού πρέπει να εξασφαλίζεται συνεχής ροή του δικτύου σε 24ώρη βάση και να αποφεύγονται οι νεκρές ζώνες και τα στάσιμα σημεία. Οι σωλήνες πολυβινυλοχλωριδίου (PVC) που χρησιμοποιήθηκαν παραδοσιακά, τείνουν σήμερα να αντικατασταθούν από πιο σύγχρονα υλικά (π.χ. PVDF, PEX) τα οποία απολυμαίνονται ευκολότερα, είναι δομικά πιο ευσταθή και περιέχουν επιφάνειες που εμποδίζουν την προσκόλληση βακτηριδίων. Η αποτυχία λήψης των παραπάνω προληπτικών μέτρων μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία οργανικού πολυμερούς πλέγματος (βιοϋμενίου) στο εσωτερικό των σωληνώσεων του δικτύου, το οποίο λειτουργεί ως υπόστρωμα για την ανάπτυξη μικροοργανισμών. Η απομάκρυνση του βιοϋμενίου μετά το σχηματισμό του αποτελεί ιδιαίτερα δύσκολη υπόθεση και γι' αυτό θα πρέπει να προλαμβάνεται.

Η απολύμανση του δικτύου παροχής νερού στις MTN μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση χημικών μέσων (π.χ. υποχλωριώδες, υπεροξικό οξύ), θερμότητας ή όζοντος. Οι χημικές μέθοδοι είναι συνήθως αρκετά περίπλοκες και χρονοβόρες και επιπλέον δύναται να αφήσουν υπολείμματα (τοξικά υποπροϊόντα). Αντιθέτως, η θερμότητα έχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί να φτάσει σε όλες τις επιφάνειες χωρίς να εμπεριέχει κινδύνους τοξικότητας. Σε πολλά συστήματα επεξεργασίας νερού έχει προταθεί η χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) η οποία όμως, παρόλο που είναι εξαιρετικά αποδοτική, συνήθως εφαρμόζεται μόνο τοπικά και δεν καλύπτει το σύνολο του δικτύου διανομής του νερού. Πολλές MTN για να αποφύγουν τους μικροβιακούς κινδύνους είναι εξοπλισμένες με ένα τελικό σύστημα φίλτρασης που περιλαμβάνει μικροφίλτρα πορότητας 0.1-2 μm και υπερφίλτρα αποκλεισμού ενώσεων έως 1000 Da, που είναι ικανά να απομακρύνουν βακτήρια και ενδοτοξίνες.

Τα τελευταία χρόνια έχει προταθεί η χρήση υπερκάθαρου νερού στις MTN (μικροβιολογικής ποιότητας <0.1 cfu/mL και ενδοτοξινών <0.03 IU/mL) το οποίο εμποδίζει την ανάπτυξη βιοϋμενίου, μειώνει αισθητά το ποσοστό φλεγμονωδών αντιδράσεων στους ασθενείς, βελτιώνει την απόκριση της

ερυθροποιητίνης και προλαμβάνει την εμφάνιση αμυλοείδωσης (Hoenich and Levin 2003).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας, γίνεται πλέον αντιληπτό ότι η ποιότητα του νερού στις MTN πρέπει να διασφαλίζεται σε όλα τα στάδια της επεξεργασίας μέσω ενός ενδεδειγμένου συστήματος επιθεώρησης και ελέγχων. Η αρτιότητα της λειτουργίας της μονάδας της αντίστροφης όσμωσης πρέπει να διερευνάται τακτικά σε ότι αφορά τις χημικές και μικροβιολογικές παραμέτρους και την παρουσία ενδοτοξινών. Για την πληρέστερη λειτουργία της μονάδας προτείνονται:

1. Εβδομαδιαία παρακολούθηση της ποιότητας του νερού σε κομβικά σημεία με τη χρήση του τεστ LAL (Limulus Amebocyte Lysate), όπως π.χ. μετά την αντίστροφη όσμωση, στη δεξαμενή αποθήκευσης, πριν και μετά τα φίλτρα.
2. Η εγκατάσταση ειδικών φίλτρων, τόσο στο σύστημα διανομής του νερού όσο και πριν την είσοδό του στις συσκευές παρασκευής των υγρών αιμοδιάλυσης. Τα φίλτρα αυτά είναι ικανά να εξασφαλίσουν συγκέντρωση μικροβίων μικρότερη από 20 cfu/mL και ενδοτοξινών μικρότερη από 0.06 IU/mL. Ο έλεγχος και η αντικατάστασή τους θα πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τις οδηγίες

χρήσης που προβλέπονται από τον κατασκευαστή.

3. Αποστολή δειγμάτων σε διαπιστευμένο εργαστήριο για έλεγχο των χημικών και μικροβιολογικών παραμέτρων σε μηνιαία/εβδομαδιαία βάση. Η καταγραφή (monitoring) των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού στις MTN είναι εξαιρετικά σημαντική. Ο ρόλος της είναι διττός: αφενός στοχεύει στη βελτίωση των παρεχόμενων υπηρεσιών υγείας και αφετέρου παρέχει υγειονομικά οφέλη στους ασθενείς που υποβάλλονται σε αιμοκάθαρση. Έρευνες έχουν δείξει ότι η βελτίωση της ποιότητας του νερού στις MTN σχετίζεται με την αύξηση του τίτλου της αιμοσφαιρίνης, της αλβουμίνης και της φερριτίνης στους ασθενείς και μείωση της CRP (C-reactive protein) και της κρεατινίνης (Hoenich and Levin 2003).
4. Προγράμματα απολύμανσης πρέπει να καθιερωθούν τουλάχιστον σε ημι-ετήσια βάση και σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Παρόλα αυτά οι τακτικές καθαρισμού του δικτύου πρέπει να εφαρμόζονται κάθε φορά που παρατηρούνται προβλήματα όπως π.χ. παραβάσεις στις συγκεντρώσεις μικροβιακών παραγόντων ή ενδοτοξινών.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Alfrey AC, Le Gendre GR and Kaehny WD (1976). *The dialysis encephalopathy syndrome. Possible aluminum intoxication*. N Engl J Med 294: 184-188.
2. Arvanitidou M, Spaia S, Askepidis N, Kanetidis D, Pazarloglou M, Katsouyannopoulos V, Vayonas G (1999). Endotoxin concentration in treated water of all hemodialysis units in Greece and inquisition of influencing factors. *J Nephrol* 12: 32-37.
3. Calderaro RV and Heller L (2001). Outbreak of hemolytic reactions associated with chlorine and chloramine residuals in hemodialysis water. *Rev Saude Publica* 35: 481-6.
4. Carey CM, Lee H, Trevors JT (2004). Biology, persistence and detection of *Cryptosporidium parvum* and *Cryptosporidium hominis* oocyst. *Water Res* 38: 818-62.
5. Hoenich NA and Levin R (2003). The implications of water quality in Hemodialysis. *Semin Dial* 16: 492-497.
6. Kerr DN (1980). Clinical and pathophysiologic changes in patients on chronic dialysis: the central nervous system. *Adv Nephrol Necker Hosp* 9: 109-132.
7. Lonnemann G (2000). The quality of dialysate: an integrated approach. *Kidney Int Suppl* 76: S112-119.
8. Lowrie EG (2002). Chronic inflammation and clinical outcome in adult hemodialysis patients. *Kidney Int Suppl* 80: 94-8.
9. Nieuwenhuijsen MJ, Toledano MB, Elliott P (2000). Uptake of chlorination disinfection by-products; a review and a discussion of its implications for exposure assessment in epidemiological studies. *J Expo Anal Environ Epidemiol* 10: 586-99.
10. Pegues DA, Oettinger CW, Bland LA, Oliver JC, Arduino MJ, Aguero SM, McAllister SK, Gordon SM, Favero MS, Jarvis WR (1992). A prospective study of pyrogenic reactions in hemodialysis patients using bicarbonate dialysis fluids filtered to remove bacteria and endotoxin. *J Am Soc Nephrol* 3: 1002-1007.
11. Pontoriero G, Pozzoni P, Andrulli S, Locatelli F (2003). The quality of dialysis water. *Nephrol Dial Transplant Suppl* 7: vii21-25.
12. Pyo HJ, Kwon YJ, Wee KS, Kwon SY, Lee CH, Kim S, Lee JS, Cho SH, Cha CW (1993). An outbreak of Heinz body positive hemolytic anemia in chronic hemodialysis patients. *Korean J Intern Med* 8: 93-8.
13. Tonelli M, Wiebe N, Hemmelgarn B, Klarenbach S, Field C, Manns B, Thadhani R, Gill J; Alberta Kidney Disease Network (2009). Trace elements in hemodialysis patients: a systematic review and meta-analysis. *BMC Med* 19: 25.