

Τι κάνει το μηχάνημα αιμοκάθαρσης

Τα μηχανήματα της αιμοκάθαρσης είναι μικρού όγκου και εύχρηστα από το νοσηλευτικό προσωπικό, είναι αυτοματοποιημένα και διαθέτουν δικλίδες ασφαλείας, έχουν ελεγχόμενη υπερδιήθηση (αυτόματα) και παρέχουν πληροφορίες για την επιτελούμενη αιμοκάθαρση. Έτσι ενώ στις παλιές οθόνες ορίζονταν κάθε παράμετρος και ελέγχονταν χειρωνακτικά από τη νοσηλεύ-τρια/τή αιμοκάθαρσης, σήμερα τα περισσότερα μηχανήματα έχουν γίνει αυτόματα. Αυτή η εξέλιξη έχει αναμφισβήτητα θετικές επιπτώσεις στην ασφάλεια (λιγότερα ανθρώπινα λάθη) και στην εργονομία και σχετίζεται με μείωση του κόστους εργασίας. Επιπλέον, αυτά τα φιλικά προς τον χρήστη μηχανήματα μπορούν να χρησιμοποιούνται πιο εύκολα. Ωστόσο, η εξέλιξη αυτή έφερε και ορισμένους κινδύνους, όπως ότι οι νοσηλευτές αιμοκάθαρσης και οι νεφρολόγοι που έπρεπε να έχουν σε βάθος γνώσεις της διαδικασίας της αιμοκάθαρσης, σήμερα γενικά δεν γνωρίζουν τις υποκείμενες φυσιολογικές αρχές της.

Τελικά η τεχνολογία της αιμοκάθαρσης έχει οδηγήσει στη δημιουργία μηχανημάτων τεχνικά εξαιρετικά περίπλοκων, ωστόσο λειτουργικά εύχρηστων που προσφέρουν υψηλής ποιότητας αιμοκάθαρση με ασφάλεια και αξιοπιστία, αν τηρούνται οι κανόνες ασφαλείας.

Δυνατότητες μηχανήματος αιμοκάθαρσης:

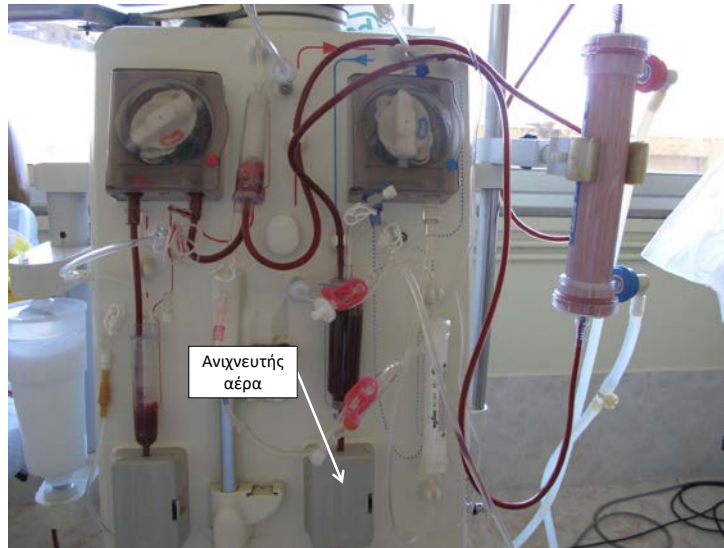
- επιλογής μεθόδου υποκατάστασης (αιμοκάθαρση, αιμοδιήθηση, αιμοδιαδιήθηση, μονή βελόνα),
- παρασκευής διαλυμάτων (αιμοκάθαρσης, υποκατάστατου),
- αντλίες (προωθούν το αίμα, την ηπαρίνη, το υποκατάστατο στον ασθενή),
- ανιχνευτές (αέρα, αίματος και ορού),
- μόνιτορ και συσκευές ασφαλείας (διακόπτουν τη λειτουργία του μηχανήματος σε περιπτώσεις κινδύνου για τον ασθενή),
- διατήρηση θερμοκρασίας αίματος (μέσω του διαλύματος),

- καθορισμό της ροής αίματος, διαλύματος,
- καθορισμό της διάρκειας κάθαρσης,
- ρύθμιση της υπερδιήθησης (TMP),
- προσδιορισμό παραμέτρων (Kt/V, επανακυκλοφορίας),
- προσδιορισμός αγωγιμότητας,
- profiling του Na^+ ,
- μεταβολής των HCO_3^- ,
- ανίχνευσης της υπογκαμίας και χορήγησης ορού και
- διαπίστωσης του τέλους της συνεδρίας και αυτόματης επιστροφής του αίματος στον ασθενή

Αντλίες (προωθούν το αίμα, την ηπαρίνη, το υποκατάστατο στον ασθενή)

Ανιχνευτές Ο ανιχνευτής διαρροής αέρα είναι μία από τις σημαντικότερες δυνατότητες του μηχανήματος αιμοκάθαρσης (Εικ. 1). Τοποθετείται στο φλεβικό τμήμα της γραμμής αιμοκάθαρσης και ανιχνεύει την παρουσία αέρα. Τα πιθανά σημεία εισόδου του αέρα είναι:

- η αρτηριακή βελόνη,
- το τμήμα της αρτηριακής γραμμής πριν από την αντλία,
- ανοιχτός κεντρικός καθετήρας και
- κενές φιάλες και γραμμές ορών (πριν την αντλία).



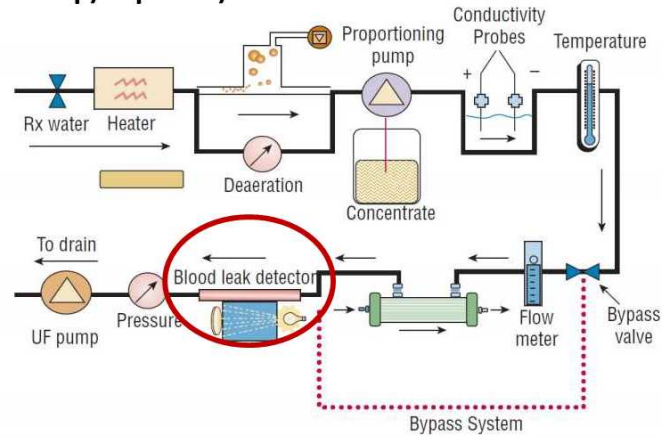
Εικόνα 1: Ανιχνευτής αέρα

Μόνιτορ και συσκευές ασφαλείας (διακόπτουν τη λειτουργία του μηχανήματος σε περιπτώσεις κινδύνου για τον ασθενή). Περιλαμβάνουν τους ανιχνευτές:

- αέρα,
- αίματος,
- αρτηριακής πίεσης,
- φλεβικής πίεσης,
- διαμεμβρανικής πίεσης,
- θερμοκρασίας και
- αγωγιμότητας

Ανιχνευτής αίματος Σε περίπτωση ρήξης των μεμβρανών του φίλτρου μπορεί να περάσει αίμα από το αιματικό διαμέρισμα στο διαμέρισμα του διαλύματος. Γι' αυτό το λόγο η γραμμή του διαλύματος που φεύγει από το φίλτρο περνάει από φωτοηλεκτρικό υποδοχέα, ο οποίος εκτιμά τη μεταβολή της διαφάνειας του διαλύματος και της διάθλασης του φωτός (Εικ. 2).

Ανιχνευτής αίματος



Εικόνα 2: Ανιχνευτής αίματος (κόκκινος κύκλος)

Προσοχή!!!! Οι διακόπτες σίγασης των αλάρμ δεν πρέπει ποτέ να απενεργοποιούνται. Τα περισσότερα λάθη κατά τη θεραπεία της αιμοκάθαρσης οφείλονται στο:

- μηχάνημα (βλάβες) και στο
- προσωπικό (κυρίως).

Μόνιτορ φλεβικής πίεσης (μετά το φίλτρο και την αντλία). Διαβάζει την πίεση στο τμήμα μετά το φίλτρο και πριν την επιστροφή του αίματος στον ασθενή. Δείχνει την αντίσταση που υπάρχει κατά την επιστροφή του αίματος (Εικ. 3).



Εικόνα 3: Μόνιτορ φλεβικής πίεσης

Η φλεβική πίεση μπορεί να αυξηθεί σε:

- υψηλή παροχή αίματος (Qb), λεπτή βελόνη,
- παρουσία θρόμβων στη φλεβική παγίδα, βελόνη ή στο φλεβικό σκέλος,
- σπασμό φλεβικού άκρου αρτηριοφλεβικής αναστόμωσης,
- συστροφή ή τσάκισμα της φλεβικής γραμμής και
- κακή θέση της βελόνης.

Τιμές εκτός ορίων μπορεί να προκαλέσουν διακοπή λειτουργίας της αντλίας του αίματος και ενεργοποίηση ειδικού οπτικο-ηχητικού συναγερμού.

Η φλεβική πίεση μπορεί να μειωθεί σε:

- αποσύνδεση φλεβικής γραμμής από την φλεβική βελόνη και
- σε χαμηλή παροχή αίματος (πρόβλημα πριν από την αντλία)

Για προληπτικούς λόγους έναντι της τυχαίας απομάκρυνσης της φλεβικής φίστουλα:

- δεν πρέπει να τοποθετούνται **ΠΟΤΕ** ευρέα όρια πιέσεων για ενεργοποίηση του αλαρμ (± 50 mmHg),
- πρέπει να ελέγχεται η αγγειακή προσπέλαση (φίστουλα) κάθε φορά που αλλάζουν τα όρια των αλαρμ,
- πρέπει να ελέγχονται οι συνδέσεις και η θέση της φίστουλα και
- πρέπει να είναι πάντοτε η αγγειακή προσπέλαση εμφανής (σημεία παρακεντήσεων) και ΠΟΤΕ κάτω από σκεπάσματα.

Άλυτο πρόβλημα!!! Αν και έχουν καταβληθεί προσπάθειες για να σχεδιαστούν καινοτόμες λύσεις για την αντιμετώπιση του προβλήματος της απώλειας αίματος (από τη φλεβική γραμμή), που να μπορούν να ενεργοποιήσουν τον φλεβικό αισθητήρα με σκοπό τη διακοπή της αντλίας αίματος, δεν υπάρχει ακόμη και σήμερα λύση στο πρόβλημα αυτό.

Μόνιτορ αρτηριακής πίεσης (πριν το φίλτρο). Βρίσκεται πριν από την αντλία (μετράει την πίεση πριν το φίλτρο), δηλαδή την πίεση ανάμεσα στην αγγειακή προσπέλαση και την αντλία και έχει αρνητική τιμή (αρτηριακή πίεση) (Εικ. 4).



Εικόνα 4: Μόνιτορ αρτηριακής γραμμής

Οι υπερβολικά αρνητικές τιμές πίεσης μπορεί να υποδηλώνουν μειωμένη αρτηριακή παροχή αίματος. Τα αίτια συναγερμού υπερβολικά χαμηλής αρτηριακής πίεσης (πολύ αρνητικής) είναι:

- αποσύνδεση της βελόνης,
- σπασμός αγγείου, στένωση αρτηριοφλεβικής αναστόμωσης,
- «τσάκισμα» της γραμμής του αίματος μεταξύ της βελόνης και αντλίας,
- θρόμβος (ή φυσαλίδες αέρα στη γραμμή),
- προσκόλληση της βελόνης στο τοίχωμα του αγγείου της αγγειακής προσπέλασης (βελόνη χωρίς back-eye) και
- μεγάλη βελόνη (μακριά) με μικρή οπή (G).

Τα αίτια συναγερμού χαμηλής αρτηριακής πίεσης (αρνητικής) είναι:

- απόσπαση αρτηριακής γραμμής (αποσύνδεση),
- ανοιχτή γραμμή παροχής φυσιολογικού ορού και

- διαφυγή αίματος στην περιοχή της αντλίας (σχίσσιμο γραμμής).

Θέρμανση διαλύματος Το διάλυμα αιμοκάθαρσης θα πρέπει να θερμαίνεται στην κατάλληλη θερμοκρασία (34-37 °C). Σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες ο ασθενής παρουσιάζει ρίγος και δυσανεξία, ενώ σε υπερβολικά υψηλές προκαλείται αιμόλυση και υπερπυρεξία. Η θερμοκρασία του διαλύματος της αιμοκάθαρσης παρακολουθείται από ειδικά όργανα. Τυχόν δυσλειτουργία του μηχανισμού θέρμανσης του διαλύματος, προκαλεί την αυτόματη διακοπή της εξωσωματικής κυκλοφορίας. Βεβαίως η μείωση της θερμοκρασίας του διαλύματος είναι αποτελεσματική στη μείωση της συχνότητας των υποτασικών επεισοδίων κατά την συνεδρία αιμοκάθαρσης και δεν επηρεάζει αρνητικά την επάρκεια της αποδιδόμενης κάθαρσης.

Διαμεμβρανική πίεση (TMP) Είναι η διαφορά της πίεσης που υπάρχει μεταξύ αρχής και τέλους φίλτρου (δια δύο), από την οποία αφαιρείται η πίεση στο τέλος του διαλύματος κατά την επιστροφή του από τον ασθενή. Σε τιμή >350 mmHg χτυπά αλάρμ που συμβουλεύει να την μειώσετε. Η τιμή της δεν πρέπει να ξεπερνά τα 500 mmHg (υπάρχει κίνδυνος ρήξης του φίλτρου).

Η TMP έλκει ύδωρ από το αίμα προς το διαμέρισμα του διηθήματος. Αυτό επιτυγχάνεται με την εφαρμογή αρνητικής πίεσης αναρρόφησης στο διαμέρισμα του διηθήματος (ασκείται από την αντλία του αίματος), σε σχέση με τη θετική υδροστατική πίεση στο διαμέρισμα αίματος.

Η υπερδιήθηση ελέγχεται ογκομετρικά. Η/ο νοσηλεύ-τρια/-της ορίζει το επιθυμητό υπερδιήθημα και τη διάρκεια της συνεδρίας. Το μηχάνημα καθορίζει την απαιτούμενη διαμεμβρανική πίεση για να επιτευχθεί το υπερδιήθημα που ορίστηκε (η φλεβική είναι καθορισμένη από μόνη της).

On-line προσδιορισμός KtV Το Kt/V είναι ένας τρόπος υπολογισμού της επάρκειας της κάθαρσης. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι μέτρησης του Kt/V on-line κατά τη διάρκεια της συνεδρίας. Ορισμένα μηχανήματα προσδιορίζουν κυρίως την ουρία στο αποβαλλόμενο διάλυμα (υπεριώδης φασματοσκοπία), ενώ άλλα χρησιμοποιούν την αποτελεσματική ιοντική διαπίδυση του Na⁺ (effective ionic dialysance-EID).

On-line προσδιορισμός επανακυκλοφορίας Η αυξημένη επανακυκλοφορία στην αγγειακή προσπέλαση είναι μία από τις αιτίες ανεπαρκούς κάθαρσης. Ορισμένα σύγχρονα μηχανήματα έχουν τη δυνατότητα να προσδιορίζουν το ποσοστό επανακυκλοφορίας on-line. Υπολογίζεται από τις διαφορές κατά τη μέτρηση της θερμοκρασίας μεταξύ της αρτηριακής και φλεβικής γραμμής του αίματος.

Αγωγιμότητα Είναι η συγκέντρωση όλων των ηλεκτρολυτών του διαλύματος (στην ουσία αποτελεί έκφραση του Na^+ του διαλύματος) (Εικ. 5).

Na^+	Αγωγιμότητα
138	14,0
140	14,2
142	14,6
144	14,8

Εικόνα 5: Σχέση αγωγιμότητας και νατρίου διαλύματος

Η αγωγιμότητα παρακολουθείται συνεχώς και επηρεάζεται κάθε φορά που μεταβάλλεται η συγκέντρωση του Na^+ του διαλύματος ή των HCO_3^- . Εάν η αγωγιμότητα βρεθεί εκτός ορίων ενεργοποιείται συναγερμός.

Διττανθρακικά διαλύματος Τα HCO_3^- μπορούν να τροποποιηθούν ανάλογα με τις ανάγκες του ασθενούς. Τότε η συμβολή του Na^+ του NaHCO_3 στο Na^+ του τελικού διαλύματος αυξάνει, ωστόσο η αγωγιμότητα παραμένει σταθερή (μειώνεται η συμβολή του Na^+ του όξινου διαλύματος).

Ανίχνευσης της υπογκαιμίας και χορήγησης ορού Εφαρμόζεται επικουρικά στον προσδιορισμό του ξηρού σωματικού βάρους σε διάφορα μοντέλα μηχανημάτων αιμοκάθαρσης. Μία μέθοδος χρησιμοποιεί τον προσδιορισμό του αιματοκρίτη (ο οποίος αυξάνεται με την αύξηση της υπερδιήθησης), ενώ άλλη χρησιμοποιεί μία συσκευή υπερήχων για τη μέτρηση του εύρους των φλεβών, το

οποίο μειώνεται με την αύξηση της υπερδιήθησης. Σε πολλά μοντέρνα μοντέλα το ίδιο το μηχάνημα ρυθμίζει το ρυθμό υπερδιήθησης (άρα και τον συνολικό όγκο υπερδιήθησης) ανάλογα με τον κυκλοφορούντα όγκο αίματος που υπολογίζει αυτόματα. Σε περίπτωση που βρεθεί υπογκαιμία (κάτω από ένα όριο που έχει οριστεί από τον νοσηλευτή), το μηχάνημα αυτόματα χορηγεί όγκο ορού που επίσης έχει προκαθοριστεί.

Διαπίστωση του τέλους της συνεδρίας και αυτόματης επιστροφής του αίματος στον ασθενή Υπάρχουν μηχανήματα που μπορούν 5 λεπτά πριν το τέλος της συνεδρίας (ορίζεται από τον νοσηλευτή) να ειδοποιούν ηχητικά ότι τελειώνει η συνεδρία. Μόλις τελειώσει ο χρόνος διακόπτεται η λειτουργία της αντλίας αίματος και χορηγείται αυτόματα ορός, μέχρι να επιστραφεί όλο το αίμα του κυκλώματος στον ασθενή. Ο χορηγούμενος όγκος για την επιστροφή του αίματος έχει προκαθοριστεί από τον νοσηλευτή, ωστόσο υπάρχει και έλεγχος με οπτική ίνα που βλέπει αν υπάρχει στις γραμμές αίμα, οπότε όταν υπάρχει ακούγεται ηχητικό μήνυμα και είναι πλέον στην ευχέρεια του νοσηλευτή να χορηγήσει ή όχι επιπλέον ορό.