



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«Προηγμένα Συστήματα και Μέθοδοι στη Βιοϊατρική Τεχνολογία»

**ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΛΑΒΩΝ
ΟΔΟΝΤΙΑΤΡΙΚΩΝ ΚΛΙΒΑΝΩΝ
ΑΠΟΣΤΕΙΡΩΣΗΣ**

ΑΣΗΜΙΝΑ ΠΕΤΤΑ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΤΡΩΟΥ: 2113

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια

Μαρία Καλλέργη, Καθηγήτρια

Η Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Ο Επιβλέπων Καθηγητής

Μαρία Καλλέργη
Καθηγήτρια

Ιωάννης Βαλαής
Καθηγητής

Χρήστος Μιχαήλ
Αναπληρωτής Καθηγητής

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η υπογράφουσα Ασημίνα Πέττα του Παναγιώτη, με αριθμό μητρώου 2113 φοιτήτρια του Τμήματος Μηχανικών Βιοϊατρικής Τεχνολογίας της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

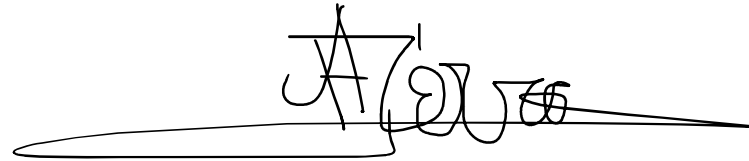
«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου».

Ημερομηνία

01/04/2024

Η Δηλούσα



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την κυρία Καλλέργη Μαρία για την συμπαράσταση και την καθοδήγησή της όλο αυτό τον καιρό. Επίσης κάποια άτομα που ήταν δίπλα μου και με στήριξαν, που δεν ήταν άλλοι από τον άντρα μου και τους γονείς μου.

Η ενθάρρυνση και η υποστήριξη για να ολοκληρώσω τον κύκλο των μεταπτυχιακών μου σπουδών ήταν συγκινητική.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε όλες τις εποχές, από την εποχή του Ιπποκράτη μέχρι και σήμερα, η απολύμανση και η αποστείρωση είναι κρίσιμες διαδικασίες στον τομέα της υγείας. Σκοπός αυτής της εργασίας είναι να περιγραφούν οι διαδικασίες εγκατάστασης, βέλτιστης λειτουργίας, και συντήρησης οδοντιατρικών κλιβάνων και να αναλυθούν οι βλάβες και αποτυχίες των κλιβάνων κατά την διάρκεια της λειτουργίας τους.

Η εργασία αυτή επικεντρώνεται στις μεθόδους υγρής αποστείρωσης με κλιβάνους. Μελετώνται διαφορετικοί κλιβανοί που χρησιμοποιούνται σε οδοντιατρεία από το στάδιο εγκατάστασής μέχρι λειτουργίας και αξιολόγησης. Καταγράφονται επίσης βλάβες και αποτυχίες που διαπιστώθηκαν σε κλιβάνους τριών διαφορετικών κατασκευαστών σε χρονικό διάστημα 6 μηνών και τουλάχιστον ένα έτος μετά την εγκατάστασή τους. Οι βλάβες αναλύονται με την μέθοδο Failure Mode and Effect Analysis (FMEA).

Η ανάλυση FMEA έδειξε ότι τα σημαντικότερα προβλήματα οφείλονται κυρίως σε κακή χρήση των μηχανημάτων όπως η κακή τοποθέτηση των εργαλείων στον κάδο (δεν ξεπλένονται πριν την τοποθέτηση για κλιβανισμό) και η υπερφόρτωση του κάδου με εργαλεία (>2kg). Παρατηρούνται επίσης ηλεκτρονικά προβλήματα λόγω φυσικής φθοράς, τα οποία δεν μπορούν να διορθωθούν στο πεδίο και απαιτούν αντικατάσταση μέρους ή όλου του συστήματος.

Η ανάλυση των βλαβών των κλιβάνων υγρής αποστείρωσης ανέδειξε τον χρήστη και τον τρόπο συντήρησης των συστημάτων σαν τους σημαντικότερους παράγοντες στην εμφάνιση αποτυχιών και καθοριστικούς στην «ζωή» των κλιβάνων ανεξάρτητα κατασκευαστή. Και οι δύο παράγοντες έχουν και το κυριότερο ρόλο στην πρόληψη των αποτυχιών και την αποτελεσματικότητα της αποστείρωσης.

ABSTRACT

From the time of Hippocrates until today, disinfection and sterilization are critical processes in the healthcare. The purpose of this thesis is to describe the procedures of installation, operation, and maintenance of autoclaves used for the sterilization of dental instruments. In addition, failures in autoclave operation are presented and analyzed.

Different autoclaves used in private dental offices were studied. Operation procedures were evaluated and optimum performance was established. Data for failures and faults of the autoclaves were collected for a six-month period after at least one year that the autoclaves have been in service. The Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method was applied for the analysis of the failures of sterilization with these systems.

The FMEA method showed that major problems and failures are due to inappropriate use of the devices independent of the type or the manufacturer. For example, dirty dental tools are placed directly in the autoclave without being cleaned first or autoclaves are overloaded with tools (>2kg) exceeding manufacturers' limits. These problems are usually solved by servicing the autoclaves regularly and, more importantly, they can be prevented by training the users. Electronic problems are also commonly observed for systems that are used either for a long time or many times. Electronic failures are usually solved by replacing the problematic part or parts.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|---|-----------|
| Εισαγωγή..... | 8 |
| 1 Αποστείρωση..... | 10 |
| 1.1 Ορισμοί..... | 10 |
| 1.2 Ιστορική αναδρομή..... | 11 |
| 1.3 Μέθοδοι αποστείρωσης..... | 11 |
| 1.3.1 Υγρή θερμότητα – ατμός υψηλής πίεσης..... | 12 |
| 1.3.2 Ξηρή θερμότητα..... | 12 |
| 1.3.3 Υγρές χημικές μέθοδοι..... | 12 |
| 1.3.4 Αέριες χημικές μέθοδοι..... | 12 |
| 1.3.5 Ιοντίζουσα ακτινοβολία..... | 13 |
| 2 Μέθοδος υγρής αποστείρωσης..... | 14 |
| 2.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά κλιβάνων | 14 |
| 2.2 Διαδικασία υγρής αποστείρωσης..... | 15 |
| 2.3 Εγκατάσταση κλιβάνων..... | 18 |
| 2.3.1 Κλίβανοι αποστείρωσης – αυτόκαυστοι (autoclaves)..... | 18 |
| 2.3.2 Εγκατάσταση κλιβάνων..... | 18 |
| 3 Βλάβες – αποτυχίες..... | 22 |
| 3.1 Στατιστικά βλαβών και αποτυχιών | 22 |
| 3.2 FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)..... | 25 |
| 4 Συμπεράσματα..... | 34 |
| 5 Βιβλιογραφία..... | 36 |

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αποστείρωση είναι μία διαδικασία κατά την οποία καταστρέφονται όλοι οι μικροοργανισμοί πάνω σε επιφάνειες εργαλείων ή μέσα σε υγρά για την πρόληψη της μετάδοσης ασθενειών κατά την χρήση τους. Η αποστείρωση μαζί με την απολύμανση είναι οι βασικές διαδικασίες ελέγχου των μολύνσεων στα νοσοκομεία, τα ιατρεία, τα εργαστήρια, και όλες τις δομές υπηρεσιών υγείας. Στις μέρες μας όλο και περισσότερες χειρουργικές επεμβάσεις γίνονται στα νοσοκομεία και στις κλινικές της χώρας. Αυτό οδηγεί στη χρήση ιατροτεχνολογικού εξοπλισμού περισσότερο απ' ότι συνέβαινε τα προηγούμενα χρόνια, άρα και την καλή αποστείρωση του εξοπλισμού αυτού. Η μεγάλη αύξηση των ενδονοσοκομειακών λοιμώξεων οφείλεται στη μετάδοση από ασθενή σε ασθενή. Ως εκ τούτου το προσωπικό και οι εργαζόμενοι του νοσοκομείου οφείλουν να είναι ενήμεροι για τις τεχνικές πρόσληψης και την εξάπλωση των παθογόνων αυτών μικροοργανισμών. (Mohapatra, 2017)

Στον οδοντιατρικό κλάδο, ένα πλήθος μικροβίων θέτουν σε κίνδυνο τόσο τους ασθενείς όσο και τους παρόχους οδοντιατρικής υγείας. Μικρόβια όπως ο σταφυλόκοκκος, HIV, ιοί ηπατίτιδας, κυτταρομεγαλιός, ιοί έρπητα, μυκοβακτήριο φυματίωσης, γρίπης και άλλα συναντώνται στον χώρο των οδοντιατρείων και μπορούν να μεταδοθούν είτε με άμεση επαφή με μολυσμένο αίμα ή μολυσμένα στοματικά υγρά (μέσω του φτερνίσματος, της ομιλίας ή του βήχα), είτε έμμεσα από μολυσμένα εργαλεία, υλικά, και επιφάνειες. (Mohapatra, 2017)

Στον οδοντιατρικό κλάδο μόλις από το 1991 και μετά έγινε υποχρεωτική η χρήση μάσκας, γαντιών και προστατευτικών γυαλιών στους οδοντιάτρους και τους βοηθούς τους κατά τη διάρκεια της εργασίας τους. Η οδοντιατρική κοινότητα πρέπει να ακολουθεί πλέον κάποια πρότυπα ελέγχου οδοντιατρικών λοιμώξεων και ασφάλειας κατά την εργασία τους για την ασφάλεια των ασθενών αλλά και τη δική τους. Σχετικά με την προστασία του ασθενή και του προσωπικού, το προσωπικό είναι υποχρεωμένο να φοράει μάσκα και πλαστικά γάντια κατά τη διάρκεια της θεραπείας και κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας υλικών και άλλων ενεργειών στον χώρο. Ακολουθείτε συγκεκριμένο πρωτόκολλο απόρριψης αιχμηρών καθώς και των εργαλείων. (Upendran et al, 2023)

Καθαρισμός → Συσκευασία → Αποστείρωση

Η σπουδαιότητα της αποστείρωσης, φαίνεται στην θνησιμότητα, τη νοσηρότητα και την οικονομική επιβάρυνση των ασθενών, των οικογενειών τους και του συστήματος υγειονομικής περίθαλψης. Οι λοιμώξεις που σχετίζονται με την υγειονομική περίθαλψη επηρεάζουν το 3,2% όλων των νοσηλευόμενων ασθενών στις ΗΠΑ και το 6,5% στην Ευρωπαϊκή Ένωση, ενώ σε έρευνα στην Ελλάδα τον Αύγουστο 2023 παρατηρήθηκε λοίμωξη των ασθενών την πρώτη κιόλας ημέρα μετά την νοσηλείας τους κατά 12,1%. (Εθνικός Οργανισμός Δημόσιας Υγείας 2023; Sikora et al, 2023)

Η εργασία αυτή εστιάζει στις μεθόδους αποστείρωσης που εφαρμόζονται στα οδοντιατρεία και κυρίως στους κλιβάνους υγρής αποστείρωσης που είναι μία από τις πιο κοινές διαδικασίες του κλάδου. Ο σκοπός της εργασίας είναι μελετηθεί η λειτουργία και αποτελεσματικότητα των κλιβάνων υγρής αποστείρωσης, να αναλυθούν βλάβες που προκύπτουν στην εφαρμογή τους και τα αίτια αυτών, και να περιγράψουν οι απαραίτητες διαδικασίες συντήρησης και ελέγχου καλής λειτουργίας. Στο πρώτο κεφάλαιο περιγράφεται η διαδικασία της αποστείρωσης και οι μέθοδοι που υπάρχουν και εφαρμόζονται σήμερα. Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται εκτενέστερα οι μέθοδοι υγρής αποστείρωσης, οι διαδικασίες εφαρμογής τους και οι κλιβανοί που χρησιμοποιούνται. Στο τρίτο κεφάλαιο θα αναφερθούν οι βλάβες που μπορεί να προκύψουν στους κλιβάνους υγρής αποστείρωσης καθώς και οι πιθανές αποτυχίες που μπορεί να επιφέρουν στην διαδικασία. Η ανάλυση των βλαβών γίνεται με την Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Τα συμπεράσματα της έρευνας παρατίθενται στο τέταρτο κεφάλαιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΑΠΟΣΤΕΙΡΩΣΗ

Αποστείρωση ορίζεται η διαδικασία με την οποία επιτυγχάνεται η καταστροφή όλων των ζώντων μικροοργανισμών και σπόρων. Η αποστείρωση δεν είναι το ίδιο με την απολύμανση και η διαφοροποίηση είναι απαραίτητη καθώς και ο ορισμός των συναφών όρων και διαδικασιών για να γίνει πλήρως κατανοητό το πεδίο της συγκεκριμένης εργασίας. (Fraise et al, 2020)

1.1 Ορισμοί

Η **μόλυνση** είναι η εισαγωγή βακτηρίων, ιών, μικροβίων και άλλων οργανισμών στο ανθρώπινο σώμα.

Η **λοίμωξη** μπορεί να προκύψει έπειτα από την είσοδο αυτών των οργανισμών. Αυτό δεν είναι απαραίτητο καθώς το ανοσοποιητικό σύστημα μπορεί να αντιμετωπίσει τα μικρόβια – βακτήρια – ιούς και να μην οδηγηθεί σε λοίμωξη.

Στις μέρες μας γίνεται λόγος ότι στα νοσοκομεία υπάρχουν ενδονοσοκομειακές λοιμώξεις. Γιατί όμως οι ευάλωτοι οργανισμοί αρρωσταίνουν πολύ πιο συχνά από τους εργαζόμενους στα νοσοκομεία; Γιατί το ανοσοποιητικό σύστημα των εργαζομένων, λόγω της συχνής έκθεσης σε τέτοιους οργανισμούς ‘έχει μάθει’ να τους πολεμά και να μην εξελίσσεται η μόλυνση σε λοίμωξη;

Πολύ σημαντικό ρόλο λοιπόν παίζουν οι κανόνες υγιεινής, έτσι ώστε να αποφεύγεται η μετάδοση των λοιμώξεων αυτών. Μέσα σε αυτούς τους κανόνες συμπεριλαμβάνεται και η αποστείρωση.

Φλεγμονή από την άλλη πλευρά έπεται της λοίμωξης, καθώς τα κύτταρα που πολλαπλασιάζονται κατά τη λοίμωξη προκαλούν ερυθρότητα, πόνο ή οίδημα στο σημείο της λοίμωξης.

Απολύμανση είναι η μερική καταστροφή μικροβίων και εφαρμόζεται σε αντικείμενα, εργαλεία, και επιφάνειες

Η απολύμανση χωρίζεται σε τρία επίπεδα:

A) Χαμηλού βαθμού: Εφαρμόζεται σε δάπεδα, τοίχους και επιφάνειες που δεν έρχονται σε άμεση επαφή με κάποιο βιολογικό ιστό, ή αν έρθει σε επαφή να είναι υγιής (πχ. δέρμα χωρίς ουλές) η αδρανοποίηση πολλών βλαστικών μορφών

B) Μεσαίου βαθμού: Εφαρμόζεται σε αντικείμενα που έρχονται σε επαφή με βλεννογόνους αλλά όχι ιστούς. Καταστρέφει μύκητες, μικρόβια και άλλα.

Γ) Υψηλού βαθμού: Καταστρέφει όλους τους παθογόνους μικροοργανισμούς και εφαρμόζεται σε εργαλεία που έρχονται σε επαφή με βλεννογόνους ή με δέρμα που έχει λύσει τη συνέχειά του. (Μαλιούκη, 2020)

Αποστείρωση είναι η πλήρης εξάλειψη ή καταστροφή μικροβίων. Επιτυγχάνεται με φυσικά μέσα (ατμός υπό πίεση, ξηρό θερμό αέρα) ή χημικά μέσα (χημικά αποστειρωτικά) ή ιοντίζουσα ακτινοβολία.

Χώροι αποστείρωσης υπάρχουν σε όλους τους χώρους υγειονομικού ενδιαφέροντος. Η κρισιμότητα των διαδικασιών αποστείρωσης καθώς και η συμβολή τους στην σημαντική μείωση και αποφυγή μολύνσεων είναι ευρέως αναγνωρισμένη. (4^η Υγειονομικής Περιφέρειας Μακεδονίας και Θράκης, 2014)

1.2 Ιστορική αναδρομή

Όπως αναφέρθηκε στα προηγούμενα, οι κανόνες αποστείρωσης και απολύμανσης έχουν γίνει αναπόσπαστο και αναγκαίο κομμάτι του κλάδου της υγείας. Ήδη από τα αρχαία χρόνια οι Αιγύπτιοι (2400 π.Χ.) χρησιμοποιούσαν τον χαλκό και το νερό σαν μέσα αποστείρωσης πληγών, καθώς αιθέρια έλαια και σαπούνι. Ο πατέρας της θεραπείας, ο Ιπποκράτης, αναγνώρισε την σημασία της απολύμανσης των πληγών και χρησιμοποιούσε ουσίες όπως ξύδι, κρασί, αλκοόλη και βραστό νερό.

Οι πρώτες προσπάθειες αποστείρωσης έγιναν στην αρχαία Ρώμη, όταν ο Γαληνός (130-200 μ.Χ.) φρόντιζε τραυματίες μονομάχους και έβραζε τα εργαλεία του πριν τα χρησιμοποιήσει. Κατά τη διάρκεια των σκοτεινών χρόνων, σταμάτησε κάθε προσπάθεια αποστείρωσης, απολύμανσης και πρόληψης κατά των λοιμώξεων.

Από το 1861, όταν ο Λουί Παστέρ ανακαλύπτει και δημοσιεύει πώς μικρόβια προκαλούν ασθένειες, ονομάζεται ο πατέρας της παστερίωσης και ταυτόχρονα επιβεβαιώνει ότι τα μικρόβια σκοτώνονται με την υψηλή θερμοκρασία. Η αποστείρωση ξεκίνησε και πάλι από την Γερμανία το 1881 όταν ο Koch μελέτησε την επίδραση του ατμού και του θερμού αέρα πάνω στα μικρόβια.

Το 1933, Αμερικανοί μηχανικοί προόδευσαν στους αυτόκαυστους κλιβάνους, ξεκινώντας έτσι μια νέα εποχή όπου η αποστείρωση θα γινόταν με ατμό.

Το 1968, ο Δρ. Earle Spaulding ταξινόμησε τα ιατροτεχνολογικά προϊόντα όσον αφορά τη διαδικασία της αποστείρωσης. Η ταξινόμηση Spaulding, η οποία χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα, κατηγοριοποιεί τα είδη με βάση τη χρήση τους και την επαφή με τον ασθενή. Αυτό αποτελεί τη βάση για κανονισμούς σχετικά με τον τρόπο διαχείρισης της απολύμανσης και της αποστείρωσης διαφορετικών χειρουργικών συσκευών και εργαλείων. (Steris, 2018; Παπαϊωάννου, 2017)

1.3 Μέθοδοι αποστείρωσης

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται σήμερα για την αποστείρωση κατατάσσονται σε (4^η Υγειονομικής Περιφέρειας Μακεδονίας και Θράκης, 2014; Fraise et al, 2020; Tietjen et al, 1992):

- I. Φυσικές μεθόδους, οι οποίες επιτυγχάνονται είτε με υγρή θερμότητα (κλίβανοι με ατμό υπό πίεση) είτε με ξηρή θερμότητα (ξηροί κλίβανοι) είτε με υπερήχους είτε με διήθηση.

- II. Χημικές μεθόδους, όπου χρησιμοποιούνται αέρια (αιθυλενοξειδίο ή πλάσμα υπεροξειδίου του υδρογόνου) ή υγρά χημικά μέσα.
- III. Ιοντίζουσες ακτινοβολίες όπως υπεριώδεις, ακτίνες X, ακτίνες γ, και σπανιότερα ακτίνες βήτα.

1.3.1 Υγρή θερμότητα - ατμός υψηλής πίεσης

Μέθοδος που χρησιμοποιείται σε μονάδες υγείας (νοσοκομεία, κλινικές, ιατρεία), ιδιαίτερα στα εργαλεία που χρησιμοποιούνται σε χειρουργεία ή νοσηλευτικές μονάδες. Κύριο πλεονέκτημα της διαδικασίας αυτής είναι ότι μπορούν να αποστειρωθούν τα εργαλεία μέσα σε σακουλάκι μέσα σε κλειστή συσκευή με τη διαβίβαση ατμού υπό πίεση, η οποία ονομάζεται **αυτόκαυστο**. Η εργασία εστιάζει σε αυτή την μέθοδο αποστείρωσης, η οποία θα αναλυθεί περισσότερο στο επόμενο κεφάλαιο.

1.3.2 Ξηρή θερμότητα

Μέθοδος που χρησιμοποιείται για αποστείρωση κυρίως γυάλινων και μεταλλικών αντικειμένων, τα οποία αντέχουν στις υψηλές θερμοκρασίες και δεν λιώνουν. Δεν χρησιμοποιείται σαν μέθοδος σε απομακρυσμένες περιοχές γιατί θέλει συνεχή παροχή ρεύματος. Οι κλίβανοι ξηρής θερμότητας διαθέτουν εσωτερικό θερμομόμετρο για να παρακολουθείται η θερμοκρασία, η οποία φτάνει μέχρι 170°C ή 340 F. Λόγω των υψηλών θερμοκρασιών και του θερμού αέρα που δημιουργείται, τα δισκάρια που χρησιμοποιούνται για τα εργαλεία – αντικείμενα πρέπει να είναι διάτρητα για να επιτρέπεται η διέλευση του καυτού αέρα. Τα αντικείμενα αρχίζουν και ζεσταίνονται εξωτερικά και σιγά-σιγά αποκτά και το εσωτερικό τους ενιαία θερμοκρασία.

1.3.3 Υγρές χημικές μέθοδοι

Υπάρχουν περιπτώσεις που τα εργαλεία δεν μπορούν να αποστειρωθούν σε κλιβάνους υγρής ή ξηράς αποστείρωσης γιατί τα υλικά από τα οποία είναι φτιαγμένα δεν αντέχουν τις θερμοκρασίες που αναπτύσσονται σε αυτούς του κλιβάνους. Για αυτό το λόγω χρησιμοποιούνται υγρά ή αέρια χημικά αποστειρωτικά.

Η υγρή χημική αποστείρωση είναι μία σχετικά ακριβή διαδικασία, η οποία γίνεται με εμφύσηση των εργαλείων (συνήθως ενδοσκοπίας) σε διάλυμα φορμαλδεΰδης 8% ή διάλυμα γλουταραλδεΰδης 2-4% για τουλάχιστον 10 και 24 ώρες αντίστοιχα. Επειδή είναι ισχυρά χημικά, αφήνουν στίγματα στα επεξεργασμένα εργαλεία. Γι' αυτό χρειάζεται καλή απολύμανση πριν την χημική αποστείρωση για να αποφευχθούν τα στίγματα και να μην θολώσουν μέρη όπως οι φακοί στα λαμπαροσκοπικά εργαλεία.

Επίσης, τα χημικά που χρησιμοποιούνται σε αυτή τη μέθοδο δεν επιτρέπεται να έρθουν σε επαφή με το ανθρώπινο σώμα και απαιτείται από τον χρήστη η χρήση γαντιών, προστατευτικών γυαλιών, και ρόμπα. Επίσης δεν ενδείκνυται η πολύωρη παραμονή στο χώρο των χημικών.

1.3.4 Αέριες χημικές μέθοδοι

Αέρια χημικά μέσα που χρησιμοποιούνται για αποστείρωση περιλαμβάνουν το οξειδίο του αιθυλενίου και το υπεροξειδίο του υδρογόνου σε μορφή πλάσματος.

Οι κλίβανοι οξειδίου του αιθυλενίου προσφέρουν υψηλή αποστείρωση και είναι συμβατοί με τα περισσότερα υλικά των ενδοσκοπίων, λαρυγγοσκοπίων, καθετήρων, κλπ. Ο χρόνος έκθεσης των αντικειμένων κυμαίνεται από 1-6 ώρες ανάλογα με τον κλίβανο. Το αέριο είναι ιδιαίτερα τοξικό και απαιτούνται ειδικές διαδικασίες εφαρμογής μέσα σε θάλαμο αρνητικής πίεσης ενώ τα αποστειρωμένα αντικείμενα πρέπει να αεριστούν με αποστειρωμένο αέρα.

Οι κλίβανοι υπεροξειδίου του υδρογόνου σε μορφή πλάσματος προσφέρουν αποτελεσματική και γρήγορη αποστείρωση για θερμοευαίσθητα υλικά. Η μέθοδος αυτή έχει μεγαλύτερο κόστος από άλλες αλλά δεν προκαλεί φθορές και είναι ασφαλής για τους χρήστες και το περιβάλλον.

1.3.5 *Ιοντίζουσα ακτινοβολία*

Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, υπεριώδης, ακτίνες X και γ, χρησιμοποιούνται για την αποστείρωση υλικών που δεν αντέχουν τη θερμοκρασία της υγρής ή της ξηράς αποστείρωσης (θερμοευαίσθητα υλικά) και συνήθως σε αντικείμενα μιας χρήσης όπως σύριγγες και επιδέσμους. Τα αντικείμενα – εργαλεία πρέπει να μένουν πολλές ώρες εκτεθειμένα σε ακτινοβολία. Οι ακτινοβολίες που χρησιμοποιούνται είναι οι ακτίνες γ από κοβάλτιο 60, οι ακτίνες βήτα που δεν χρησιμοποιούνται τόσο συχνά για αποστείρωση, και η υπεριώδης ακτινοβολία που χρησιμοποιείται κυρίως για απολύμανση.

Οι παράγοντες που καθορίζουν την επιλογή μίας μεθόδου αποστείρωσης περιλαμβάνουν: (α) Το είδος των μικροοργανισμών που πρέπει να αντιμετωπιστούν. Οι μικροοργανισμοί χωρίζονται σε εύκολους και δύσκολους, αναλόγως το πόσο εύκολα μπορούν να εξαλειφθούν. (β) Το μέσο που χρησιμοποιούν οι μικροοργανισμοί για να «κρυφτούν», για παράδειγμα οπές ή σχισμές στα εργαλεία. (*Fraise et al 2020; Tietjen et al, 1992*)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΓΡΗΣ ΑΠΟΣΤΕΙΡΩΣΗΣ

Η υγρή αποστείρωση βασίζεται στην υψηλή θερμοκρασία που αναπτύσσει ο ατμός υπό πίεση. Η υγρή αποστείρωση είναι πιο δραστική από την ξηρή διότι τα μικρόβια καταστρέφονται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες και λιγότερο χρόνο. Οι μύκητες και περισσότεροι ιοί θανατώνονται στους 50°C - 65°C ενώ τα μικρόβια στους 100°C - 121°C. Γι' αυτό το λόγο και οι σύγχρονοι κλίβανοι υγρής αποστείρωσης έχουν ελάχιστη θερμοκρασία αποστείρωσης 121°C .

2.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά κλιβάνων

Οι κλίβανοι υγρής αποστείρωσης ονομάζονται και αυτόκαυστοι (autoclaves) και έχουν κοινά χαρακτηριστικά ανεξάρτητα από τον κατασκευαστή. Βασικό χαρακτηριστικό τους είναι οι δεξαμενές νερών οι οποίες είναι συνολικά δύο (2). Στην μία τοποθετείται το καθαρό νερό και στην άλλη το βρώμικο. Το καθαρό νερό μπορεί να τοποθετηθεί χειροκίνητα, δηλαδή ο χρήστης να βάλει χειροκίνητα απιονισμένο νερό μέσα στην δεξαμενή, ή αυτόματα. Η αυτόματη πλήρωση της καθαρής δεξαμενής γίνεται απευθείας από μια παροχή νερού μεταξύ της οποίας μεσολαβεί ένα φίλτρο το οποίο απιονίζει το νερό.

Όσο αναφορά το «κέντρο ελέγχου» των κλιβάνων, υπάρχει η οθόνη ελέγχου από την οποία μπορεί ο χρήστης να επιλέγει το πρόγραμμα που επιθυμεί και να δει τα σφάλματα που εμφανίζουν οι κλίβανοι.

Όλο το ιστορικό των κλιβάνων πρέπει με κάποιο τρόπο να απεικονίζεται. Στους κλίβανους των τελευταίων 2 ετών η απεικόνιση και η καταγραφή της ιστορικότητας του κάθε κλιβάνου (προγράμματα, σφάλματα, συντηρήσεις) γίνεται σε κάρτες SIM, οι οποίες είναι τοποθετημένες στους κλιβάνους και μπορούν να μεταφερθούν και να απεικονιστεί το περιεχόμενό τους σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή (PC). Σε κλιβάνους παλαιότερης τεχνολογίας αυτό γίνεται με τη μέθοδο του εκτυπωτή. Όταν ολοκληρώνεται ένα πρόγραμμα, “εκτυπώνεται” ένα χαρτί που δείχνει τις τιμές πίεσης και θερμοκρασίας σε κάθε φάση του κλιβάνου. Επίσης σε περίπτωση σφάλματος απεικονίζεται ο κωδικός του σφάλματος.

Σημαντικό στη λειτουργία των κλιβάνων είναι ο κεντρικός διακόπτης, από τον οποίο ανοίγουν και κλείνουν οι κλίβανοι. Επίσης χαρακτηριστικό των κλιβάνων υγρής αποστείρωσης είναι και τα δισκάρια τα οποία τοποθετούνται μέσα στον κάδο του κλιβάνου. Πάνω σε αυτά τοποθετούνται τα εργαλεία για να αποστειρωθούν.

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη παράγραφο, οι κλίβανοι χρειάζονται απιονισμένο νερό για να λειτουργήσουν. Οι καινούριοι κλίβανοι της αγοράς έχουν αισθητήρα ποιότητας νερού, ο οποίος αναγνωρίζει το πόσο καλό είναι το νερό που τοποθετείται στον κάδο. Σε περίπτωση που δεν είναι καλής ποιότητας το νερό σε αυτούς τους κλιβάνους δεν μπορούν να λειτουργήσουν κανένα πρόγραμμα.

Βασικό χαρακτηριστικό των κλιβάνων υγρής αποστείρωσης είναι η δυνατότητα να ανεβάζουν θερμοκρασίες 121°C και 134°C. Πρέπει να υπογραμμιστεί ότι όσα εργαλεία χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια του χειρουργείου είναι κατασκευασμένα για να αποστειρώνονται στους 121°C. Στους 134°C αποστειρώνονται εργαλεία στα οποία πρέπει να αναγράφεται επάνω σε αυτά ότι είναι φτιαγμένα για αποστείρωση στους 134°C.

2.2 Διαδικασία υγρής αποστείρωσης

Κατά τη διάρκεια όλων των μεθόδων αποστείρωσης αυτό που έχει σημασία είναι να ολοκληρωθεί η αποστείρωση των αντικειμένων – εργαλείων και να καταστραφούν εντελώς όλοι οι μικροοργανισμοί. Οι μικροοργανισμοί «κρύβονται» σε γρατζουνιές και οπές που μπορεί να έχουν τα εργαλεία – αντικείμενα, γι' αυτό πριν εκτελεστεί οποιαδήποτε μέθοδο αποστείρωσης χρειάζεται πολύ καλή προετοιμασία.

Στη συνέχεια, θα αναλυθούν τα χαρακτηριστικά των κλιβάνων υγρής αποστείρωσης καθώς και το πρωτόκολλο αποστείρωσης που ακολουθείται στην εφαρμογή τους. Οι κλίβανοι υγρής αποστείρωσης χρησιμοποιούνται τόσο σε τμήματα κεντρικής αποστείρωσης νοσοκομείων όσο και σε κλινικές και ιδιωτικά ιατρεία. Οι διαδικασίες που ακολουθούνται κατά την αποστείρωση είναι οι ίδιες ανεξάρτητα του χώρου εφαρμογής. Στα επόμενα, θα αναλυθούν αποτελέσματα από κλιβάνους που χρησιμοποιούνται σε οδοντιατρεία.

Για να επιτευχθεί η αποστείρωση των εργαλείων με υγρή αποστείρωση, είναι απαραίτητο ο ατμός να έρθει σε επαφή με όλες τις επιφάνειες των εργαλείων – αντικειμένων. Άρα είναι απαραίτητο όλα τα μέρη των αντικειμένων να εκτίθενται στον ατμό. Για τον λόγο αυτό, τα αντικείμενα προς αποστείρωση πρέπει να αποσυναρμολογούνται πλήρως. Επίσης θα πρέπει να γίνεται έλεγχος για τυχόν φθορές των εργαλείων. Μία μικρή φθορά (γρατζουνιά, σπάσιμο) μπορεί να επιτρέψει την είσοδο μικροοργανισμών στο εσωτερικό των εργαλείων περιορίζοντας την αποτελεσματικότητα της αποστείρωσης.

Οι κλίβανοι υγρής αποστείρωσης, όπως εννοείται από την ονομασία τους, χρειάζονται νερό για να λειτουργήσουν και να προχωρήσει η διαδικασία. Το νερό πρέπει να είναι απιονισμένο και η παροχή νερού μπορεί να είναι μόνιμη, κάτι που απαιτεί την χρήση κατάλληλων φίλτρων για τον απιονισμό του νερού που μπαίνει στον κλίβανο, είτε να γίνεται χειροκίνητα από τον χρήστη.

Γενικά οι κλίβανοι υγρής αποστείρωσης έχουν δύο (2) βασικά πρωτόκολλα λειτουργίας, τα οποία διακρίνονται με βάση τη θερμοκρασία τους.

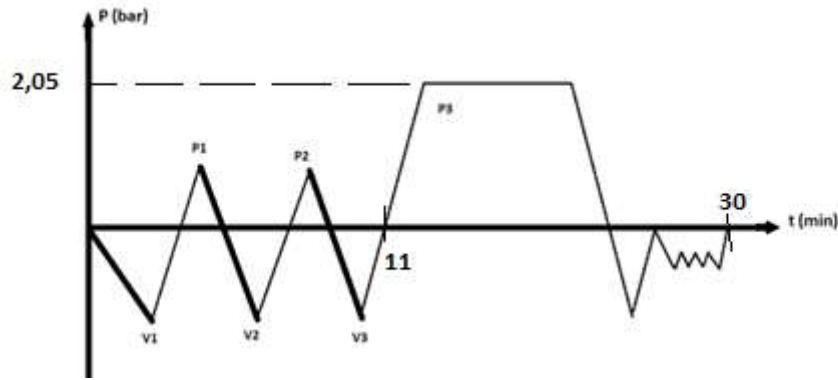
Το πρώτο πρόγραμμα είναι σε θερμοκρασία 121 °C και πίεση 106kPascal. Δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να αποστειρώνει τα αντικείμενα μέσα σε σακουλάκι, με χρόνο κλιβανισμούς τριάντα (30) λεπτά και χωρίς σακουλάκι σε είκοσι (20) λεπτά.

Το δεύτερο πρόγραμμα αποστειρώνει σε θερμοκρασία 132°C και πίεση περίπου 200 kPascal. Η πίεση στο συγκεκριμένο πρόγραμμα εξαρτάται από τον κατασκευαστή, γι' αυτό μπορεί να παρατηρηθούν και διαφορές μεταξύ των τιμών.

Στους σύγχρονους κλιβάνους υπάρχει ένα τρίτο πρωτόκολλο λειτουργίας, το οποίο ονομάζεται rapid. Τα εργαλεία αποστειρώνονται χωρίς σακουλάκι, στους 134 °C και διαρκεί τέσσερα (4) λεπτά.

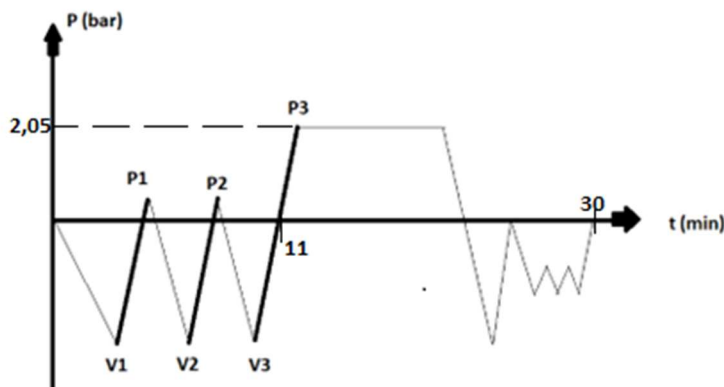
Η διαδικασία της αποστείρωσης όμως έχει συγκεκριμένα βήματα, απαραίτητα για την σωστή και αποτελεσματική αποστείρωση των εργαλείων – αντικειμένων έτσι ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν με ασφάλεια. Τα βήματα είναι τα εξής:

1. Στην αρχή θα πρέπει να απολυμανθούν και να καθαριστούν τα εργαλεία. Ύστερα πρέπει να στεγνώνονται καλά.
2. Όλα τα εργαλεία – αντικείμενα πρέπει να είναι αποσυναρμολογημένα. Ο λόγος είναι για να μπορέσουν να απολυμανθούν σε όλες τις επιφάνειες, ακόμα και εκεί που υπάρχουν συνδέσεις.
3. Τοποθέτηση μέσα στο θάλαμο με έναν από δύο (2) δυνατούς τρόπους τοποθέτησης. Ο ένας είναι να μπουν μέσα σε πακέτα - σακουλάκια όπου μετά το πέρας της αποστείρωσης μπορούν να αποθηκευτούν για μελλοντική χρήση. Ο δεύτερος τρόπος είναι να τοποθετηθούν χωρίς συσκευασία - σακουλάκι, το οποίο σημαίνει ότι μόλις τελειώσει ο κλιβανισμός και βγουν από τον θάλαμο πρέπει να χρησιμοποιηθούν αμέσως.
4. Όταν κλείσει η πόρτα του θαλάμου, πρέπει να επιλεγθεί το πρόγραμμα
5. Ο θάλαμος προθερμαίνεται μέχρι να φτάσει η θερμοκρασία στους 100 °C
6. Αρχίζει και δουλεύει η αντλία κενού και ανοίγει η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα, η οποία επιτρέπει στον ατμό να περάσει μέσα στον κάδο – θάλαμο.
7. Δημιουργείται κενό μέσα στον κάδο και η πίεση φτάνει τα -0.840bar όπως φαίνεται γραφικά στην Εικόνα 1.
8. Αφού φτάσει σε αυτή την πίεση, κλείνει η βαλβίδα που γέμισε με ατμό τον κάδο και ανοίγει η βαλβίδα για να γεμίσει ο κάδος με νερό.
9. Όταν περάσει η σωστή ποσότητα νερού κλείνει η βαλβίδα και η πίεση πάει μέχρι 0,16bar όπως φαίνεται γραφικά στην Εικόνα 2.
10. Τότε ο ατμός που έχει δημιουργηθεί απελευθερώνεται μέσω ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας και καταλήγει στον κάδο «βρώμικων νερών». Στον κάδο αυτό καταλήγουν τα νερά που έχουν περάσει από τον θάλαμο με τα εργαλεία.
11. Η διαδικασία από το 3 μέχρι το 10 επαναλαμβάνεται για 2 φορές.
12. Όταν φτάσει η πίεση 0,05bar, η βαλβίδα διοχέτευσης του ατμού κλείνει και ξεκινάει να δουλεύει η αντλία κενού.
13. Μετά από δύο (2) δευτερόλεπτα ανοίγει η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα που είναι υπεύθυνη να απομακρύνει το νερό, τον αέρα και τους ατμούς, να τα στέλνει σε ένα διαχωριστή και αυτός να ξεχωρίζει τον αέρα από το νερό. Ο λόγος που πρέπει να γίνει αυτός ο διαχωρισμός είναι ότι η απομάκρυνση του νερού, του ατμού και του αέρα γίνεται μέσω σωλήνων, κατά κανόνα σιλικονούχων. Δεν υπάρχουν σιλικονούχοι σωλήνες που να μπορούν να αντέχουν και τη θερμοκρασία των ατμών και την πίεση του νερού ταυτόχρονα. Άλλωστε και ο ατμός αξιοποιείται και στις επόμενες φάσεις του κλιβάνου.



Εικόνα 1. Στην εικόνα απεικονίζεται ολόκληρος ο κύκλος αποστείρωσης με τονισμένες (*bold γραμμές*) τις φάσεις που ο κλίβανος βρίσκεται σε φάση κενού.

12. Έπειτα ο κάδος γεμίζει με νερό.
13. Ύστερα ο κάδος γεμίζει νερό και ατμός εισέρχεται στο κύκλωμα των σωλήνων. Μένει σε αυτή τη φάση ανάλογα το πρόγραμμα που έχουμε επιλέξει.
14. Τέλος ο κάδος αδειάζει και στεγνώνει, φτάνει μέχρι $-0,840\text{bar}$ (κάνει κενό) και μετά ξαναξεσταίνει για να επανέλθει σε φυσιολογική πίεση, έτσι ώστε να μπορεί να ανοίξει η πόρτα.



Εικόνα 2. Στην εικόνα απεικονίζεται ολόκληρος ο κύκλος αποστείρωσης με τονισμένες (*bold γραμμές*) τις φάσεις που ο κλίβανος βρίσκεται υπό πίεση.

2.3 Εγκατάσταση κλιβάνων

2.3.1 Κλίβανοι αποστείρωσης – αυτόκαυστοι (autoclaves)

Οι αυτόκαυστοι είναι μηχανήματα που χρησιμοποιούνται πριν από χειρουργικές επεμβάσεις για την πραγματοποίηση αποστείρωσης και στη χημική βιομηχανία για τη σκλήρυνση επιστρώσεων.

Ένας αυτόκαυστος παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 3). Στην μπροστινή όψη φαίνεται το χερούλι της πόρτας και ακριβώς δίπλα η οθόνη, από την οποία δίνονται οι εντολές για την εκκίνηση των προγραμμάτων, εμφανίζονται τα σφάλματα και δίνονται όλες οι εντολές. Από την πάνω πλευρά βρίσκονται τα δοχεία βρώμικων (αριστερά) και καθαρών (δεξιά) νερών. Είναι ευδιάκριτη άλλωστε η θέση από την οποία μπαίνει το καθαρό νερό χειροκίνητα (πάνω δεξιά, Εικόνα 3). Ο κλίβανος στηρίζεται σε τέσσερα πόδια (στην εικόνα 3 φαίνονται τα δύο) και ο κεντρικός διακόπτης βρίσκεται κάτω δεξιά (υπάρχει πορτάκι που τον προστατεύει).



Εικόνα 3 Κλίβανος γνωστής εταιρίας <https://eurondaspa.sharepoint.com/sites/EUIT-Marketing/Documenti%20condivisi/Forms/AllItems.aspx?id=%2Fsites%2FEUIT>.

Στην συγκεκριμένη εργασία θα μελετηθούν τρεις (3) τύποι κλιβάνων υγρής αποστείρωσης, τριών διαφορετικών κατασκευαστών, οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν για την αποστείρωση οδοντιατρικών εργαλείων. Στην μελέτη αυτή οι κλίβανοι θα αναφέρονται σαν Ε, Ν, και Μ.

2.3.2 Εγκατάσταση κλιβάνων

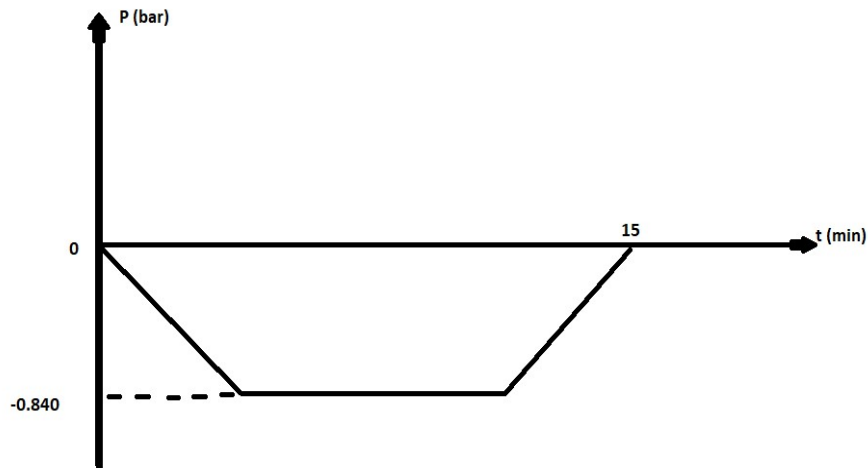
Όσον αφορά την εγκατάσταση όλων των κλιβάνων αυτού του τύπου, οι προδιαγραφές εγκατάστασης δεν διαφέρουν, διότι ακολουθούν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά κατασκευής. Για παράδειγμα, η θέση του κλιβάνου πρέπει να είναι σε πάγκο αντοχής τουλάχιστον 50kg. Επίσης από τη πίσω όψη των κλιβάνων πρέπει να υπάρχει μια

απόσταση τουλάχιστον δέκα (10) εκατοστών, έτσι ώστε να υπάρχει περιθώριο αερισμού στα fans που βρίσκονται στην πίσω πλευρά του κλιβάνου για την ψύξη του. Στις πλευρές δεξιά και αριστερά του κλιβάνου μία απόσταση μεταξύ πέντε (5) και επτά (7) εκατοστών είναι αρκετή για τον ίδιο λόγο που αναφέρθηκε προηγουμένως.

Η συντήρηση των κλιβάνων παίζει σημαντικό ρόλο για την αποφυγή βλαβών που θα προκύψουν λόγω της χρήσης που γίνεται στα μηχανήματα. Βασικοί έλεγχοι και εργασίες που πρέπει να γίνονται στους κλιβάνους παρατίθενται ως εξής:

Ο καθαρισμός των κλιβάνων είναι από τις πιο βασικές ενέργειες που χρειάζεται ο κλιβανός για να αποφευχθούν τυχόν βλάβες. Με την πάροδο του χρόνου οι δεξαμενές – δοχεία που βάζουμε το καθαρό νερό και η δεξαμενές που πάει το «βρώμικο» νερό μετά το πέρας των κλιβανισμών, θέλουν καθάρισμα. Αυτό γίνεται με το άδειασμά τους και το σκούπισμά τους με χαρτί. Επίσης μέσα σε αυτούς του κάδους υπάρχουν φλοτέρ, τα οποία αναγνωρίζουν τότε η στάθμη του νερού είναι αρκετή για να ξεκινήσει ένας κλιβανισμός, καθώς και τότε η στάθμη του νερού είναι πάνω από το επιτρεπτό όριο και θέλει άδειασμα ο κάδος. Και αυτά τα φλοτέρ χρειάζονται καθάρισμα με τον ίδιο τρόπο, γιατί «μαζεύουν βρωμιά» που μπορεί να δημιουργηθεί πρόβλημα στην ένδειξη του φλοτέρ. Επιπλέον καθάρισμα χρειάζεται και ο κάδος που τοποθετούνται τα εργαλεία. Εσωτερικά του κάδου υπάρχουν φίλτρα, τα οποία δεν επιτρέπουν σε μικροαντικείμενα και μεγάλου όγκου βρωμιές να προχωράνε εσωτερικά του κλιβάνου κατά την απομάκρυνση των νερών μετά το πέρας των κλιβανισμών. Σε όλες τις εταιρίες στις οποίες έγιναν δοκιμές, υπάρχει ένα φίλτρο στην μπροστινή πλευρά, το οποίο μπορεί να ξεβιδωθεί για να καθαριστεί εσωτερικά με άφθονο νερό.

Ένας άλλος βασικός έλεγχος που πρέπει να γίνεται είναι ο έλεγχος του κενού στον κλιβανό. Όλοι οι κλιβανοί έχουν ένα πρόγραμμα Vacuum test κατά την διάρκεια του οποίου η πίεση μεταβάλλεται όπως φαίνεται στην Εικόνα 4. Αυτό το πρόγραμμα εφαρμόζεται σε παγωμένο κλιβανό και ελέγχει για τυχόν διαρροές που μπορεί να έχει ο κλιβανός κατά τη διάρκεια του κενού. Ουσιαστικά τρέχει ένα πρόγραμμα που πρεσάρει τον κλιβανό (ανεβάζει την πίεση στο -0.800bar) και το αφήνει σε αυτή την πίεση για λίγη ώρα. Αν υπάρχει διαρροή ο κλιβανός θα βγάλει την ένδειξη σφάλμα (error).



Εικόνα 4. Φάση κενού – vacuum. Όταν γίνεται ο έλεγχος για διαρροές στον κλιβάνο (Vacuum test), η πίεση φτάνει μια συγκεκριμένη τιμή και μένει σταθερή για 10 περίπου λεπτά, ανάλογα την παλαιότητα του κλιβάνου.

Στους πιο σύγχρονους κλιβάνους υπάρχει και βακτηριακό φίλτρο. Αυτό το φίλτρο βρίσκεται στην μπροστινή πλευρά του κλιβάνου. Ο ρόλος του είναι να συλλέγει τα βακτήρια που υπάρχουν στο χώρο με το που ανοίγουμε την πόρτα του κλιβάνου. Θέλει επίσης αλλαγή κάθε φορά που γίνεται συντήρηση. Η τοποθέτησή του είναι πολύ απλή. Βιδώνει και ξεβιδώνει όπως οι κοινές βίδες μόνο με το χέρι.

Τέλος πρέπει να γίνεται έλεγχος για τυχόν βρωμιές στο λάστιχο της πόρτας και στο τύμπανο. Η ύπαρξη βρωμιάς στην πόρτα εμποδίζει την καλή στεγανοποίηση του κλιβάνου και είναι επικίνδυνο να ανοίξει απότομα η πόρτα κατά τον κλιβανισμό. (Εικόνα 5)



Εικόνα 5. Πόρτα κλιβάνου με βρωμιές που δημιουργούν συνήθως διαρροές.

Οι παραπάνω ενέργειες συντήρησης γίνονται από το χρήστη γιατί είναι απλές και εύκολες.

Εκτός από τις ενέργειες που πρέπει να γίνονται από τον χρήστη, υπάρχουν κάποιες διαδικασίες που πρέπει να υλοποιούνται από τους τεχνικούς ανάλογα τους κύκλους που έχει πραγματοποιήσει ο κλιβανός (1 πρόγραμμα = 1 κύκλος) ή το χρόνο που έχει περάσει (κάθε έτος). Στους περισσότερους κλιβάνους κάθε 1000 κύκλους γίνεται συντήρηση.

Τα μηχανικά μέρη του κλιβάνου φθείρονται κατά τη χρήση. Έτσι ο τεχνικός πρέπει να πραγματοποιεί τα εξής:

- Καθάρισμα ηλεκτροβαλβίδων (βάση ηλεκτροβαλβίδας και φλάντζες στεγανοποίησης εμβόλων) με καθαριστικό. Ο τεχνικός δηλαδή πρέπει να λύνει όλες τις ηλεκτροβαλβίδες του κλιβάνου, να απομονώνει τη βάση και το σώμα του και να τα καθαρίζει σε λουτρό υπερήχων (περίπου 3-4 ώρες), αφού πρώτα καθαριστούν από σκόνες και μικρά σωματίδια που είναι ορατά με γυμνό μάτι. Επίσης η φλάντζα της ηλεκτροβαλβίδας πρέπει να αλλάζεται λόγω φθοράς ή σκληρότητας με το πέρασμα του χρόνου κάθε έξι (6) μήνες.
- Σημαντική διαδικασία είναι επίσης και το πρεσάρισμα του κλιβάνου. Είναι ο τρόπος για να διαπιστωθεί η ύπαρξη κάποιας διαρροής. Αυτή η διαδικασία γίνεται και σε περίπτωση που ο κλιβανός δεν ολοκληρώνει το Vacuum test. Αρχικώς πρέπει να απομακρυνθούν τα νερά από τον κλιβανό (καθαρά και βρώμικα). Ο κλιβανός βγαίνει από την πρίζα και κλείνει ο κεντρικός διακόπτης. Απαιτείται το κλείσιμο της πόρτας του κλιβάνου, το άνοιγμα των καπακιών περιμετρικά (πάνω, αριστερά, δεξιά και πίσω όψη) και να πρεσαριστεί με αέρα (-0,500bar) ο κάδος από την πίσω πλευρά (είσοδος ατμού κατά τον κλιβανισμό). Ο σωλήνας μεταξύ του κάδου και της δεξαμενής των βρώμικων νερών τσακίζεται και ελέγχεται αν υπάρχει κάποια διαρροή σε ολόκληρο το σύστημα ύδρευσης του κλιβάνου.

Ανεξάρτητα από την εταιρία στην οποία ανήκει ο κλιβανός η διαδικασία που αναλύθηκε παραπάνω είναι κοινή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΒΛΑΒΕΣ – ΑΠΟΤΥΧΙΕΣ

Κατά τη διάρκεια της έρευνας – παρατήρησης των κλιβάνων των συγκεκριμένων εταιριών παρατηρήθηκαν αρκετές βλάβες – αποτυχίες στους κλιβάνους. Αυτό είναι λογικό, αφού η χρήση των κλιβάνων είναι καθημερινή και ο όγκος των εργαλείων που αποστειρώνονται καθημερινά στα οδοντιατρεία είναι πολύ μεγάλος. Η φθορά των υλικών, η κακή χρήση αλλά και η έλλειψη συντηρήσεών τους είναι κάποιοι από τους λόγους που εμφανίζονται οι βλάβες που θα αναφερθούν παρακάτω.

Η συγγραφέας αυτής της εργασίας ασχολήθηκε επαγγελματικά για δύο περίπου έτη με την εγκατάσταση και το σέρβις/συντήρηση κλιβάνων υγρής αποστείρωσης σε οδοντιατρεία. Σε αυτό το χρονικό διάστημα, εγκαταστάθηκαν και συντηρήθηκαν κλιβανοί από 3 διαφορετικούς κατασκευαστές και καταγράφηκαν όλες οι βλάβες και διαδικασίες συντήρησης και ελέγχου καλής λειτουργίας καθώς και οι συνήθειες και σχετικές εργασίες των χρηστών. Τα στατιστικά που συλλέχθηκαν σε αυτό το διάστημα χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή την ανάλυση.

3.1. Στατιστικά βλαβών και αποτυχιών

Οι περισσότερες βλάβες που παρατηρήθηκαν αφορούσαν το σύστημα του κύκλου νερού, όπως διαρροές. Άλλες βλάβες ήταν σχετικές με ηλεκτρονικά μέρη των συστημάτων. Συχνά έγινε αλλαγή πλακετών ή διακοπών, οι οποίοι χάλασαν λόγω χρήσης ή πτώσης τάσης, αλλά και αντικαταστάσεις ανταλλακτικών, όπως φλάντζες, ηλεκτροβαλβίδες, αισθητήρες πίεσης ή θερμοκρασίας, φλοτέρ ή ακόμα και ολόκληρης αντίστασης του κάδου.



Εικόνα 6 Είδος αντίστασης κάδου, η οποία θερμαίνεται και μεταδίδει τη θερμότητα στον κάδο για να ανεβάσει θερμοκρασία <https://www.jeannot.fr/en-fr/fiche-Tank+heads+to+be+screwed+or+on+a+flange-179.html>.

Οι Πίνακες 1-3 παρουσιάζουν τις βλάβες και τα σφάλματα που εμφανίστηκαν σε διάστημα έξι (6) μηνών για τους κλιβάνους τριών (3) εταιριών, οι οποίες θα αναφέρονται στο κείμενο σαν Ε, Μ και Ν. Περιλαμβάνουν επίσης την συχνότητα εμφάνισης κάθε αποτυχίας και το service που ακολουθήθηκε για την επιδιόρθωση της βλάβης.

Παρατηρείται από τους πίνακες ότι στην περίοδο των έξι μηνών οι βλάβες που προκύπτουν είναι διαφόρων ειδών. Το πιο συχνό σφάλμα που εμφανίζεται είναι η μη πραγματοποίηση κενού. Στην εταιρία Ε και Ν είναι το πρώτο σε συχνότητα ενώ στην Μ δεν εμφανίζεται καθόλου. Παρατηρείται επίσης σφάλμα όσο αναφορά τη θερμοκρασία του νερού στην εταιρία Ε και Μ. Συμπερασματικά λοιπόν παρατηρείται ότι η εταιρία Μ και Ε έχουν αρκετά κοινά σφάλματα, αλλά και μοναδικά. Για παράδειγμα η κακή μέτρηση της πίεσης στον κάδο είναι σφάλμα που εμφανίζεται μόνο στην εταιρία Ε όπως και το σφάλμα που εμφανίζει χαλασμένο θερμικό μόνο στην εταιρία Μ. Η εταιρία Ν φαίνεται ότι έχει τα λιγότερα σφάλματα αλλά και τα λιγότερα δείγματα. Γι' αυτό το λόγο δεν μπορούμε να τις συγκρίνουμε μεταξύ τους.

Όσον αφορά το service των εταιριών η εταιρία Ε έχει το πιο απαιτητικό σέρβις. Η εταιρία προτείνει μετά από τους πρώτους 200 κύκλους αλλαγή στο βακτηριακό φίλτρο ενώ στους 500 αλλαγή φλάντζας πόρτας και βακτηριακού φίλτρου ξανά. Στους 1000 κύκλους και μετά από κάθε 1000 κύκλους ξεκινάει η αλλαγή επιμέρους ανταλλακτικών, όπως αντλίας νερού και ηλεκτροβαλβίδων. Η εταιρία Μ προτείνει μόνο καθαρισμό κάδων και αλλαγή στη φλάντζα της πόρτας όταν αυτό κριθεί απαραίτητο από τον τεχνικό. Τέλος για τους κλιβάνους της εταιρίας Ν προτείνεται αλλαγή βακτηριακού φίλτρου στους 500 κύκλους και από του 1000 κύκλους τακτικό έλεγχο για τυχόν φθορές. Αξίζει να σημειωθεί ότι η εταιρία Ν προτείνει να γίνεται ένα κύκλος κάθε 100 κύκλους με ειδικό καθαριστικό.

Οι περισσότερες βλάβες υπάρχουν επειδή δεν γίνονται οι συντηρήσεις των κλιβάνων. Για παράδειγμα διαπιστώνονται πολλές διαρροές – (δεν κάνει κενό) σαν βλάβες. Όπως ειπώθηκε και στην ανάλυση των συντηρήσεων πρέπει να γίνεται καλός καθαρισμός και των δοχείων των νερών (καθαρών – βρώμικων) και των εργαλείων πριν την τοποθέτηση στον κάδο και στην φλάντζα της πόρτας. Όταν δεν γίνονται σωστοί καθαρισμοί, σκόνη - μικροοργανισμοί και βρωμιές εισέρχονται στις σωληνώσεις και προκύπτουν οι διαρροές ατμού ή νερού. Όταν οι μικροοργανισμοί αυτοί συσσωρεύονται σε ένα σημείο (πχ. σωλήνας), δεν αφήνουν το νερό ή τον ατμό να διοχετευτεί σε όλο το μήκος του σωλήνα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο σωλήνας σε εκείνο το σημείο να ξεραίνεται και τρυπάει, με αποτέλεσμα την διαρροή του νερού – ατμού.

Όσον αφορά τα ηλεκτρονικά προβλήματα (διακόπτες, πλακέτες, αντιστάσεις) προκύπτουν από πτώσεις τάσεων του δικτύου είτε από λογικές φθορές των ανταλλακτικών κατά τη χρήση.

Πίνακας 1. Τύποι και συχνότητα εμφάνισης σφαλμάτων που παρουσιάστηκαν στους κλιβάνους της εταιρείας E καθώς και οι διαδικασίες αντιμετώπισης/service κάθε βλάβης.

| ΣΦΑΛΜΑΤΑ (A/A) | ΣΦΑΛΜΑ | ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ | SERVICE |
|----------------|---|-----------|--|
| 1 | Δεν κάνει κενό | 5 | Αλλαγή σωλήνων, έλεγχος βαλβίδων, έλεγχος βαλβίδας ασφάλειας |
| 2 | Βουλωμένες βαλβίδες | 2 | Καθάρισμα ή αλλαγή βαλβίδων, καθάρισμα κάδου, έλεγχος ή αλλαγή αντλίας κενού |
| 3 | Πρόβλημα στη μητρική πλακέτα | 1 | Αλλαγή μητρικής |
| 4 | Χαλασμένη αντίσταση | 1 | Μέτρηση αντίστασης, αν δεν είναι μετρήσιμη την αλλάζουμε |
| 5 | Δεν μετράει σωστά τη θερμοκρασία | 2 | Έλεγχος αισθητήρα θερμοκρασίας, αν είναι χαλασμένος αλλαγή |
| 6 | Πρόβλημα κεντρικού διακόπτη on-off | 1 | Αλλαγή διακόπτη |
| 7 | Δεν μετριέται σωστά η πίεση μέσα στον κάδο | 1 | Έλεγχος αισθητήρα πίεσης, αλλαγή |
| 8 | Δεν μετριέται η ποσότητα νερού σε έναν κάδο | 1 | Αλλαγή φλοτέρ |
| 9 | Μυρίζει καμένο | 1 | Έλεγχος εσωτερικού κλιβάνου, διαπίστωση καμένου πηνίου, αλλαγή |

Πίνακας 2. Τύποι και συχνότητα εμφάνισης σφαλμάτων που παρουσιάστηκαν στους κλιβάνους της εταιρείας N καθώς και οι διαδικασίες αντιμετώπισης/service κάθε βλάβης.

| ΣΦΑΛΜΑΤΑ (A/A) | ΣΦΑΛΜΑ | ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ | ΣΕΡΒΙΣ |
|----------------|--|-----------|--|
| 1 | Δεν κάνει κενό | 2 | Αλλαγή σωλήνων, καθάρισμα βαλβίδων, αλλαγή φλάντζας πόρτας |
| 2 | Χαλασμένο αυτοκόλλητο κεντρικού διακόπτη | 1 | Αλλαγή αυτοκόλλητου (κίνδυνος για βραχυκύκλωμα) |

Πίνακας 3 Τύποι και συχνότητα εμφάνισης σφαλμάτων που παρουσιάστηκαν στους κλιβάνους της εταιρείας M καθώς και οι διαδικασίες αντιμετώπισης/service κάθε βλάβης.

| ΣΦΑΛΜΑΤΑ (Α/Α) | ΣΦΑΛΜΑ | ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ | ΣΕΡΒΙΣ |
|----------------|--------------------------|-----------|---|
| 1 | Δεν ανάβει | 2 | Χαλασμένη ασφάλεια ή ασφαλειοθήκη, έλεγχος καλωδίων |
| 2 | Χαλασμένη πλακέτα | 2 | Αλλαγή πλακέτας |
| 3 | Δεν βγάζει νερό | 1 | Αλλαγή ηλεκτροβαλβίδας νερού |
| 4 | Χαλασμένο θερμικό | 1 | Αλλαγή θερμικού |
| 5 | Δεν κλείνει η πόρτα | 1 | Αλλαγή κλειδαριάς και φλάντζας |
| 6 | Ένδειξη πλήρωσης νερού | 2 | Χαλασμένο φλοτέρ, αλλαγή φλοτέρ |
| 7 | Δεν ανεβάζει θερμοκρασία | 2 | Αλλαγή πηνίου |

3.2. FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)

Η FMEA είναι μία μέθοδος διαχείρισης κινδύνων μέσω της ποσοτικής ανάλυσης σφαλμάτων και αποτυχιών. Εφαρμόζεται σε πολλούς και διαφορετικούς κλάδους, το εμπόριο, την οικονομία, και την υγεία. Εφαρμόζεται συχνά σήμερα στην βιοϊατρική τεχνολογία και σε διαφορετικά στάδια από τον σχεδιασμό, την παραγωγή, μέχρι πριν και μετά την εφαρμογή των βιοϊατρικών συστημάτων. Επιτρέπει την ποσοτικοποίηση των αποτυχιών ενός συστήματος ή μιας διαδικασίας, την αξιολόγηση των επιπτώσεων των αποτυχιών, και την επιλογή στόχων βελτίωσης και follow-up. (Sobral et al, 2017)

Υπάρχουν τρεις παράμετροι που καθορίζουν την ποσοτική αξιολόγηση των κινδύνων και αποτυχιών μιας τεχνολογίας ή διαδικασίας:

- 1) **Ανιχνευσιμότητα D:** αξιολογεί πόσο καλά οι μηχανισμοί ελέγχου λειτουργίας ενός συστήματος ή μιας διαδικασίας μπορούν να διαπιστώσουν μία βλάβη και τα αίτια της αφού έχει παρουσιαστεί αλλά πριν επηρεάσει τον χρήστη..
- 2) **Σοβαρότητα S:** εκφράζει το πόσο σοβαρές συνέπειες θα έχει μια αποτυχία στην καλή λειτουργία ενός συστήματος και στο αποτέλεσμα μιας διαδικασίας, στην συγκεκριμένη περίπτωση του κλιβάνου και της αποστείρωσης.
- 3) **Πιθανότητα εμφάνισης P:** εκφράζει το πόσο πιθανό είναι να εμφανιστεί ένα σφάλμα ή μία αποτυχία σύμφωνα με τα δεδομένα του συστήματος και προηγούμενες εφαρμογές.

Οι τιμές αυτών των παραμέτρων κυμαίνονται από το 1-10 αλλά διαφορετικές κλίμακες μπορούν να εφαρμοστούν ανάλογα με το πρόβλημα και την εφαρμογή της FMEA. Οι

τρεις παράμετροι καθορίζουν τον συντελεστή προτεραιότητας κινδύνου, risk priority number (RPN), ο οποίος αποτελεί ένα μέτρο σύγκρισης και κατάταξης των διαφόρων αποτυχιών και καθορίζει την περαιτέρω δράση και ελέγχους. Ο συντελεστής RPN υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας τις τρεις (3) προηγούμενες παραμέτρους (Ορφανουδάκης, 2012)

$$\text{RPN} = \text{S} \times \text{P} \times \text{D}$$

Η εφαρμογή της ανάλυσης FMEA **μετά** την εφαρμογή ενός συστήματος ή διαδικασίας, όπως στην περίπτωση των κλιβάνων υγρής αποστείρωσης που μελετώνται σε αυτή την εργασία, αρχίζει με την καταγραφή όλων των αποτυχιών και των αιτιών τους που παρατηρούνται για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα εφαρμογής τους. Στην εφαρμογή αυτή, οι βλάβες καταγράφηκαν στους Πίνακες 1-3. Ακολουθεί, η επιλογή των κλιμάκων των τριών παραμέτρων και ο υπολογισμός του συντελεστή RPN. Στους Πίνακες 4-6 παρατίθενται οι τιμές που επελέγησαν σε αυτή την εφαρμογή με βάση εμπειρικά δεδομένα για την λειτουργία των κλιβάνων. Τέλος καταρτίζεται ένα πίνακας με βάση τα στοιχεία των βλαβών όπως φαίνεται στον FMEA Πίνακα 7. Από τις 18 συνολικά βλάβες που παρατηρήθηκαν για τους κλιβάνους E, N, και M, 14 παρουσιάζονται στην πίνακα FMEA διότι κάποια σφάλματα είναι κοινά: 1) Δεν κάνει κενό (εταιρία E, N), 2) Χαλασμένη πλακέτα (εταιρία E) – Πρόβλημα στη μητρική (εταιρία M), 3) Δεν μετράει σωστά τη θερμοκρασία (εταιρία E) – Δεν ανεβάζει θερμοκρασία (εταιρία M), 4) Δεν μετριέται η ποσότητα νερού σε έναν κάδο (εταιρία E) – Ένδειξη πλήρωσης νερού (εταιρία M)

Πίνακας 4. Ανιχνευσιμότητα D

| Επίπεδο | Περιγραφή |
|---------|------------|
| 4 | Ακατόρθωτο |
| 3 | Δύσκολο |
| 2 | Μέτριο |
| 1 | Εύκολο |

Πίνακας 5. Σοβαρότητα S

| Επίπεδο | Περιγραφή |
|---------|--------------|
| 5 | Καταστροφικό |
| 4 | Σοβαρό |
| 3 | Μέτριο |
| 2 | Ελάχιστο |
| 1 | Ασήμαντο |

Πίνακας 6. Πιθανότητα P

| Επίπεδο | Περιγραφή |
|---------|-----------------|
| 5 | Συχνά |
| 4 | Πιθανόν |
| 3 | Περιστασιακά |
| 2 | Ελάχιστο |
| 1 | Σχεδόν αδύνατον |

Πίνακας 7. Πίνακας FMEA. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα σφάλματα που παρουσιάστηκαν, με βάση λειτουργία τους. Σε κάθε σφάλμα αναλύεται η επισκευή που χρειάστηκε (επίπτωση), από τι μπορεί να προήλθε η φθορά (Αιτία) καθώς και η σοβαρότητα, η πιθανότητα, ανιχνευσιμότητα και ο αριθμός προτεραιότητας κινδύνου που διατυπώθηκαν παραπάνω.

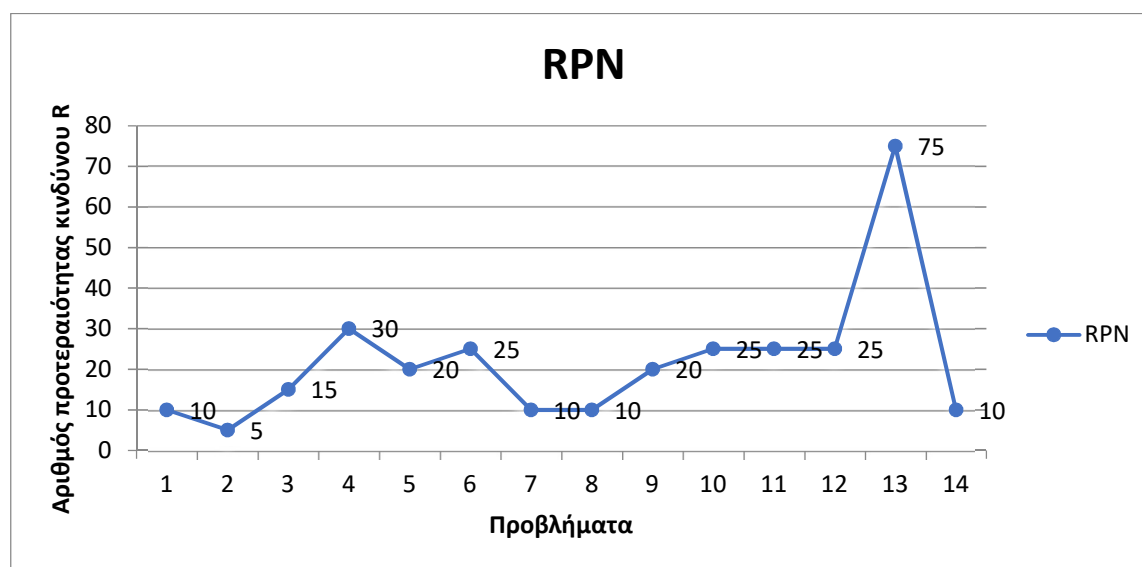
| A/A | Λειτουργία / Παράμετρος | Πρόβλημα | Επίπτωση | Σοβαρότητα (S) | Αιτία | Πιθανότητα (P) | Ανιχνευσιμότητα (D) | Αριθμός προτεραιότητας κινδύνου(R) |
|-----|-------------------------|------------------------------------|--|----------------|----------------------------------|----------------|---------------------|------------------------------------|
| 1 | Ηλεκτρονικά | Πρόβλημα στη μητρική πλακέτα | Δεν επισκευάζεται, αλλαγή | 5 | Φθορά λόγω χρήσης | 2 | 1 | 10 |
| | | Χαλασμένη αντίσταση | Μέτρηση αντίστασης, δεν δείχνει μέτρηση, αλλαγή | 5 | Υπέρταση ή πτώση τάσης δικτύου | 1 | 1 | 5 |
| | | Πρόβλημα κεντρικού διακόπτη on-off | Αλλαγή διακόπτη | 5 | Κακή χρήση ή πτώση τάσης δικτύου | 3 | 1 | 15 |
| | | Μυρωδιά καμένου | Έλεγχος στο εσωτερικό του κλιβάνου, υπάρχει καμένο πηνίο, αλλαγή | 5 | Φθορά λόγω χρήσης | 2 | 3 | 30 |
| | | Δεν ανάβει | Έλεγχος σε ασφάλεια και ασφαλειοθήκη, αλλαγή ασφάλειας | 5 | Υπέρταση ή πτώση τάσης δικτύου | 4 | 1 | 20 |

| A/A | Λειτουργία / Παράμετρος | Πρόβλημα | Επίπτωση | Σοβαρότητα (S) | Αιτία | Πιθανότητα (P) | Ανιχνευσιμότητα (D) | Αριθμός προτεραιότητας κινδύνου(R) |
|-----|-------------------------|---------------------------------------|--|----------------|------------------------------|----------------|---------------------|------------------------------------|
| 2 | Θερμοκρασία - Πίεση | Δεν μετράει σωστά τη θερμοκρασία | Έλεγχος αισθητήρα θερμοκρασίας, αλλαγή | 5 | Αισθητήρας σε κακή κατάσταση | 5 | 1 | 25 |
| | | Δεν μετράει σωστά την πίεση στον κάδο | Έλεγχος αισθητήρα πίεσης, αλλαγή | 5 | Φθορά λόγω χρήσης | 2 | 1 | 10 |
| | | Δεν ανεβάζει θερμοκρασία | Αλλαγή πηνίου φόρτισης | 5 | Φθορά λόγω χρήσης | 2 | 1 | 10 |
| | | Χαλασμένο θερμικό | Αλλαγή θερμικού | 5 | Φθορά λόγω χρήσης | 2 | 2 | 20 |

| A/A | Λειτουργία / Παράμετρος | Πρόβλημα | Επίπτωση | Σοβαρότητα (S) | Αιτία | Πιθανότητα (P) | Ανιχνευσιμότητα (D) | Αριθμός προτεραιότητας κινδύνου(R) |
|-----|-------------------------|---------------------------|--|----------------|--|----------------|---------------------|------------------------------------|
| 3 | Υδραυλικά | Δεν κάνει κενό | Αλλαγή σωλήνων, έλεγχος βαλβίδων, έλεγχος βαλβίδων ασφάλειας | 5 | Κακή συντήρηση σωλήνων και τοποθέτηση βρώμικων εργαλείων στον κάδο | 5 | 1 | 25 |
| | | Δεν βγάζει νερό | Αλλαγή ηλεκτροβαλβίδας νερού | 5 | Τοποθέτηση βρώμικων εργαλείων στον κάδο | 5 | 1 | 25 |
| | | Δεν δείχνει πλήρωση νερού | Χαλασμένο φλοτέρ, αλλαγή | 5 | Δεν καθαριζόταν ο κάδος από τα νερά και κόλλησαν τα φλοτέρ | 5 | 1 | 25 |

| A/A | Λειτουργία / Παράμετρος | Πρόβλημα | Επίπτωση | Σοβαρότητα (S) | Αιτία | Πιθανότητα (P) | Ανιχνευσιμότητα (D) | Αριθμός προτεραιότητας κινδύνου(R) |
|-----|-------------------------|---------------------|--|----------------|---|----------------|---------------------|------------------------------------|
| 4 | Πνευματικά | Βουλωμένες βαλβίδες | Καθάρισμα ή αλλαγή βαλβίδων, καθάρισμα κάδου, έλεγχος ή αλλαγή αντλίας κενού | 5 | Τοποθέτηση βρώμικων εργαλείων στον κάδο | 5 | 3 | 75 |
| | | Δεν κλείνει η πόρτα | Αλλαγή κλειδαριάς και φλάντζας πόρτας | 5 | Φθορά λόγω χρήσης | 2 | 1 | 10 |




Η αξιολόγηση των βλαβών του Πίνακα 7 έγινε εμπειρικά. Η Εικόνα 7 παρουσιάζει την διακύμανση του συντελεστή RPN για 14 βλάβες. Παρατηρούμε ότι η βλάβη 13 που αντιστοιχεί στο πρόβλημα των βουλωμένων βαλβίδων έχει σημαντικά τον μεγαλύτερο συντελεστή και άρα την σοβαρότερη επίπτωση από όλες τις αποτυχίες των κλιβάνων. Αρχικώς παρατηρείται ότι η ανιχνευσιμότητα D στο συγκεκριμένο πρόβλημα είναι αυξημένη. Το συγκεκριμένο πρόβλημα μπορεί, εκτός από το να θέσει τον κλιβάνο εκτός λειτουργίας μέχρι να αποκατασταθεί, μπορεί να δημιουργήσει πρόβλημα και σε άλλα σημεία του κλιβάνου εκτός από τις βαλβίδες. Για παράδειγμα μπορεί το πρόβλημα να οφείλεται όντως σε βουλωμένες ηλεκτροβαλβίδες αλλά να ανιχνευθεί πρόβλημα σε σημείο κάποιου σωλήνα. Άρα θα πρέπει να λύσουμε και το πρόβλημα στο σωλήνα και στην ηλεκτροβαλβίδα.



Εικόνα 7. Γράφημα RPN σε σχέση με σφάλματα των εταιριών που αναλύθηκαν στους πίνακες 1,2,3.

Σύμφωνα με τις τιμές του συντελεστή RPN και τον τύπο της βλάβης είναι δυνατή η κατάταξη των βλαβών σε τρεις κατηγορίες όπως φαίνεται στον Πίνακα 8 ανάλογα με τις επιπτώσεις τους στην διαδικασία της αποστείρωσης. Αρχικά να επισημανθεί ότι όταν παρουσιάζεται ένα σφάλμα στους οδοντιατρικούς κλιβάνους σταματάει η διαδικασία της αποστείρωσης και δεν συνεχίζεται μέχρι να σταματήσει να εμφανίζεται το σφάλμα. Όταν το RPN ενός σφάλματος είναι «οριακό» αυτό σημαίνει ότι μπορεί να προκύψει ανά πάσα στιγμή, είτε κακής ποιότητας ανταλλακτικών είτε υλικών. Το κόστος δεν σχετίζεται με το εάν είναι οριακό, μέτριο ή υψηλό το RPN. Στην περίπτωση του «μέτριου» RPN ο χρήστης δεν κάνει σωστή χρήση του κλιβάνου αποστείρωσης και έτσι προκύπτουν τα σφάλματα. Τις περισσότερες φορές οφείλεται σε θέματα κακού πλυσίματος εργαλείων ή μη καθαρισμού του κάδου που τοποθετούνται τα εργαλεία. Τέλος το «υψηλό» RPN οφείλεται σε κακή χρήση του κλιβάνου από τον χρήστη και στο ότι ο τεχνικός δεν έχει κάνει τις απαραίτητες αλλαγές ανταλλακτικών που σύμφωνα με την εκάστοτε εταιρία πρέπει να γίνονται.

Πίνακας 8. Όρια τιμών συντελεστή RPN που καθορίζουν την σοβαρότητα των αποτυχιών και σφαλμάτων των κλιβάνων υγρής αποστείρωσης. Ο αντίστοιχος χρωματικός κώδικας (πράσινο, πορτοκαλί, κόκκινο) παρατηρείται και στον Πίνακα 7.

| RPN | | |
|-----------------------|--------|---|
| $5 \leq RPN \leq 10$ | Οριακό |  |
| $15 \leq RPN \leq 25$ | Μέτριο |  |
| $30 \leq RPN \leq 75$ | Υψηλό |  |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο σκοπός αυτής της εργασίας ήταν η ανάλυση των αποτυχιών των οδοντιατρικών κλιβάνων συμπεριλαμβανομένων των αιτιών και των επιπτώσεων των αποτυχιών και των διαδικασιών που ακολουθούνται για τη συντήρησή τους. Σημαντικό ρόλο στην εμφάνιση αποτυχιών παίζουν η προετοιμασία που γίνεται στα εργαλεία ακόμα και η σωστή τοποθέτηση των κλιβάνων στο χώρο των ιατρείων, των κλινικών και των νοσοκομείων.

Τα περισσότερα από τα σφάλματα και τις βλάβες που διαπιστώθηκαν οφείλονταν στην κακή χρήση των κλιβάνων όπως ελλιπής καθαρισμός τμημάτων των κλιβάνων. Για παράδειγμα αμέλεια να καθαριστούν οι κάδοι των νερών (καθαρών και βρώμικων) μπορεί να οδηγήσει σε κακή λειτουργία του φλοτέρ ή ακόμα στην μη πραγματοποίηση της φάσης του κενού (Vacuum test). Οι βρωμιές και τα υπολείμματα μπορούσαν να τρυπήσουν σωλήνες και να υπάρχει διαρροή ή να κολλήσουν μια ηλεκτροβαλβίδα και να μην μπορεί να ανοίξει με αποτέλεσμα την παύση λειτουργίας του κλιβάνου.

Ο χρήστης επίσης είναι υπεύθυνος για την καθαριότητα της πόρτας του κλιβάνου. Όπως φάνηκε και στην Εικόνα 5, η βρωμιά που συσσωρεύεται εκεί μπορεί να μην επιτρέπει στον κλίβανο να κάνει κενό (πχ. να έχει διαρροή) ή να δημιουργήσει και πρόβλημα στο κλείσιμο της πόρτας.

Η καθαριότητα των εργαλείων είναι επίσης σημαντική. Τα εργαλεία πρέπει να τοποθετούνται στον κλίβανο πλυμένα και όχι βρώμικα κατευθείαν από το στόμα κάποιου ασθενή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, τα υπολείμματα βιολογικών ιστών που βρίσκονται στα εργαλεία να δημιουργήσουν πρόβλημα στον κλίβανο όπως αναφέρθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια.

Η συντήρηση των κλιβάνων απαιτεί αλλαγές ανταλλακτικών σε τακτά διαστήματα, συνήθως μετά από κάποιον αριθμό κύκλων (500, 1000, 2000 κα). Αν οι κλίβανοι συντηρούνται στα προβλεπόμενα όρια, αποφεύγονται ακόμα μεγαλύτερα προβλήματα. Για παράδειγμα, κάθε 1000 κύκλους προβλέπεται αλλαγή ηλεκτροβαλβίδας που διώχνει το νερό από τον κάδο και το διοχετεύει στο δοχείο των βρώμικων νερών. Με αυτόν τον τρόπο προστατεύουμε την αντλία κενού, τους σωλήνες που μπορεί να τρυπήσουν λόγω φθοράς με αποτέλεσμα να υπάρχει διαρροή νερού στα ηλεκτρονικά μέρη του κλιβάνου. Επίσης σημαντική συντήρηση αποτελεί η αλλαγή της φλάντζας της πόρτας. Με τον καιρό η φλάντζα φθείρεται και σκληραίνει με αποτέλεσμα να έχουμε διαρροές ή και ατυχήματα, να ανοίξει για παράδειγμα η πόρτα κατά τη διάρκεια του κλιβανισμού.

Σύμφωνα με τους πίνακες RPN και τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την έρευνα που έγινε, έχουμε τα εξής συμπεράσματα:

- Τα προβλήματα οφείλονται κυρίως σε κακή χρήση των μηχανημάτων από τους χρήστες.
- Τα προβλήματα τα ηλεκτρονικά κυρίως είναι φυσικής φθοράς που προκύπτει. Δεν είναι εφικτό να γίνει κάποια παρέμβαση για καλύτερευση από τεχνικό ή χρήστη.
- Η κακή τοποθέτηση των εργαλείων στον κάδο (δεν ξεπλένονται πριν την τοποθέτηση για κλιβανισμό)
- Υπερφόρτωση του κάδου με εργαλεία (>2kg)

Μέσα από αυτή την εργασία και την εμπειρία μου στον κλάδο των οδοντιατρικών κλιβάνων διαπιστώθηκε ότι οι κλιβάνοι που ερευνήθηκαν είναι αρκετά αξιόπιστοι και χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα στη «ζωή» τους. Ο πολύ μεγάλος όγκος ηλεκτρονικών (αισθητήρες για τη βέλτιστη ποιότητα νερού, πολύ σύνθετη μητρική πλακέτα για αναγνώριση αισθητήρων και οθόνης τελευταίας τεχνολογίας) όμως που είναι απαραίτητος στην αγορά ζήτησης και προσφοράς προκαλεί κάποια προβλήματα που ευτυχώς αντιμετωπίζονται.

Η ανάλυση των βλαβών έδειξε ότι οι γιατροί, και οι άνθρωποι που εργάζονται στο χώρο των οδοντιατρείων και χρησιμοποιούν κλιβάνους υγρής αποστείρωσης έχουν βασικές ελλείψεις σε θέματα υγιεινής. Δεν αποστειρώνουν καλά τα εργαλεία, χρησιμοποιούν απλό αντισηπτικό, δεν τοποθετούν πλυμένα εργαλεία στους κλιβάνους, και αυτό έχει ως συνέπεια ανεπαρκή αποστείρωση και άρα επαναχρησιμοποίηση «βρώμικων» εργαλείων. Τα εργαλεία αυτά τις περισσότερες φορές έρχονται σε επαφή με ιστούς και βλεννογόνους των ασθενών με αποτέλεσμα μολύνσεις, φλεγμονές, και μακροχρόνια προβλήματα υγείας που μπορούν εύκολα να αποφευχθούν. Απαιτείται λοιπόν ενημέρωση των χρηστών όχι τόσο για την λειτουργία των κλιβάνων και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους όσο για την σωστή προετοιμασία και την εφαρμογή βασικών κανόνων υγιεινής με αυστηρή τήρηση πρωτοκόλλων σε όλες τις μονάδες υγείας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

4^η Υγειονομικής Περιφέρειας Μακεδονίας και Θράκης, 2014. *Βασικές αρχές αποστείρωσης* [online] Διαθέσιμο από: www.4ype.gr/uploads/e_paper/beltiosi/nos-prot/Vasikes_arxes_aposteirwsis.pdf [Πρόσβαση 10/01/2024]

Εθνικός Οργανισμός Δημόσιας Υγείας 2023. *Αποτελέσματα Επιτήρησης Μικροβιακής Αντοχής, Κατανάλωσης Αντιβιοτικών και Λοιμώξεων που σχετίζονται με φροντίδα Υγείας* [online] Διαθέσιμο από: <https://eody.gov.gr/wp-content/uploads/2023/08/AMR-HAI-REPORT-EODY-28-8-2023.pdf> [Πρόσβαση 14/02/2024]

Μαλιούκη, 2020. *Αποστείρωση – απολύμανση* [online] Διαθέσιμο από: http://iek-patras.ach.sch.gr/openeclass/openeclass/modules/document/?course=NURSE_C1101 [Πρόσβαση 10/01/2024]

Ι. Ορφανουδάκης, 2012. *Περιγραφή Μεθόδων Ανάλυσης Επικινδυνότητας και Εφαρμογή στις Διαδικασίες Νοσοκομειακού Εργαστηρίου Τμήματος* [online] Διαθέσιμο από: https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/7647/orfanoudakisi_sensitivity.pdf?sequence=3 [Πρόσβαση: 22/03/2024]

Α. Παπαϊωάννου, 2017. *Απολύμανση – Αντισηψία – Αποστείρωση* [online] Διαθέσιμο από: <http://0317.syzefxis.gov.gr/wp-content/uploads/2017/06/%CE%91%CE%A0%CE%9F%CE%9B%CE%A5%CE%9C%CE%91%CE%9D%CE%A3%CE%97-%E2%80%93-%CE%91%CE%A0%CE%9F%CE%A3%CE%A4%CE%95%CE%99%CE%A1%CE%A9%CE%A3%CE%97-%CE%91%CE%9D%CE%A4%CE%99%CE%A3%CE%97%CE%A8%CE%99%CE%91.pdf> [Πρόσβαση 15/02/2024]

A. Fraise, JY. Maillard, and SA. Sattar. *Αρχές και μέθοδοι απολύμανσης, συντήρησης, και αποστείρωσης* (5^η Έκδοση). Επιμέλεια ΧΚ. Κούτης, ΦΠ. Μπαμπάτσικου, και Κ. Ντελέζος. Επιστημονικές Εκδόσεις Παρισιάνου Α.Ε., 2020.

S. Mohapatra, 2017. *Sterilization and Disinfection* [online] Διαθέσιμο από: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128052990000592?via%3Dihub> [Πρόσβαση 23/02/2024]

A. Sikora and F. Zahra, 2023. *Nosocomial Infections* [online] Διαθέσιμο από: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK559312/#:~:text=Nosocomial%20infections%20also%20referred%20to,during%20the%20time%20of%20admission.> [Πρόσβαση 14/02/2024]

J. Sobral, D. Teixeira, H. Morais and M. Neves, 2017. *Methodology to assess medical processes based on a failure mode and effects analysis* [online] Διαθέσιμο από:

[Methodology to assess medical processes based on a Failure Mode and Effects Analysis \(FMEA\) | IEEE Conference Publication | IEEE Xplore](#) [Πρόσβαση 19/01/2024]

Steris, Instrument Management Services, 2018 *The History of Sterilization Part 1 & 2* [online] Διαθέσιμο από: <https://www.steris-ims.co.uk/blog/the-history-of-sterilisation/> [Πρόσβαση 15/02/2024]

Tietjen LG, Cronin W, and McIntosh N. Sterilization, 1992 *Infection Prevention Guidelines for Family Planning Programs: A Problem-Solving Reference Manual*. Durant, OK, Essential Medical Information Systems, Inc., pp 52–73, Διαθέσιμο από: https://rwjms.rutgers.edu/research/core_facilities/ses/documents/SterilizationConcepts.pdf [Πρόσβαση 07/03/2024]

A. Upendran, R. Gupta, and Z. Geiger, 2023 *Dental infection control* [online] Διαθέσιμο από: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470356/#:~:text=Infections%20could%20be%20transmitted%20in,nasal%2C%20or%20oral%20mucosa%20with> [Πρόσβαση 14/02/2024]