



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Διπλωματική Εργασία

**Εφαρμογές Κλωστοϋφαντουργικών Προϊόντων στην Ιατρική
και Αξιολόγηση αυτών εν Μέσω Πανδημίας**

Φοιτήτρια :Ελιάνα Ντούρο ΑΜ :44226

Επιβλέποντες:

Γεώργιος Πρινωτάκης, Καθηγητής

Εμμανουέλα Σφυρόερα, Λέκτορας εφαρμογών

ΑΘΗΝΑ 2021



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Thesis

**Applications of Textile Products in Medical Sector and Evaluation
of These in the Middle of a Pandemic**

student :Eliana Ntouro AM :44226

Supervisors:

George Priniotakis, profesor

Emmanouela Sfyroera, Lecturer

ATHENS 2021



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΣΧΟΛΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Εφαρμογές Κλωστοϋφαντουργικών Προϊόντων στην Ιατρική και Αξιολόγηση αυτών εν
Μέσω Πανδημίας

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

Η πτυχιακή/διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική
Επιτροπή:

Α/α	ΟΝΟΜΑΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗΥΠΟΓΡΑΦΗ
1.	Γεώργιος Πρινιωτάκης	Καθηγητής	
2.	Αναστάσιος Γκοτσόπουλος	Επίκουρος Καθηγητής	
3.	Εμμανουέλα Σφυρόερα	Λέκτορας Εφαρμογών	

Copyright ©

Άννα Ντούρο, 2021

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος, All rights reserved

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τους συγγραφείς.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τους συγγραφείς και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής .

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Ελιάνα Ντούρο του Φεστιμ, με αριθμό μητρώου 44226 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής ΠΑΔΑ του ΤΜΉΜΑΤΟΣ Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας και ότι 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 πτυχίου μου».

Η Δηλούσα
Ελιάνα Ντούρο

Περίληψη

Ένα από τα πιο σημαντικά και ραγδαία αναπτυσσόμενα τμήματα της κλωστοϋφαντουργίας είναι ο ιατρικός τομέας καθώς και οι συναφείς τομείς υγειονομικής περίθαλψης και υγιεινής. Η έκταση της ανάπτυξης οφείλεται τόσο στις συνεχείς βελτιώσεις και καινοτομίες στην κλωστοϋφαντουργική τεχνολογία όσο και στις σύγχρονες ιατρικές διαδικασίες. Σκοπός αυτής της εργασίας είναι να επισημανθούν οι ειδικές ιατρικές και χειρουργικές εφαρμογές για τις οποίες χρησιμοποιούνται και να περιγραφούν οι ιδιότητές τους που τα καθιστούν κατάλληλα για αυτές τις εφαρμογές εν μέσω πανδημίας.

Λέξεις – κλειδιά

Εμφυτεύσιμα προϊόντα, Ηλεκτροσυσσωμάτωση, Ίνες, Κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, Μη εμφυτεύσιμα προϊόντα, Νανοΐνες.

Abstract

One of the most important and rapidly growing divisions in the textile sector is the medical sector as well as the related health care and hygiene sectors. The extent of growth is due both to continuous improvements and innovations in textile technology and to modern medical procedures. The purpose of this thesis is to highlight the specific medical and surgical applications for which they are used and to describe their properties which make them suitable for these applications.

Keywords

Electrospinning, Fibers, Implantable products, Nanofibres, Non-implantable products, Textiles.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	6
Abstract.....	7
Κατάλογος Πινάκων.....	10
Κατάλογος Εικόνων.....	10
Κατάλογος Όρων και Συντομογραφιών.....	10
Εισαγωγή.....	11
1 Αντικείμενο της πτυχιακής εργασίας.....	11
2 Μεθοδολογία.....	11
3 Δομή.....	11
1 Ιατρική και κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα.....	13
1.1 Οικονομικά στοιχεία.....	13
1.2 Κατηγοριοποίηση κλωστοϋφαντουργικών ινών.....	15
1.2.1 Φυσικές ίνες.....	16
1.2.2 Τεχνητές ίνες.....	18
1.3 Διαδικασίες πρόσβασης σε ιατρικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα.....	19
1.4 Αντιμικροβιακή κατεργασία.....	21
2 Εξωτερικές εφαρμογές.....	23
2.1 Μη Εμφυτεύσιμα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα.....	23
2.1.1 Επίδεσμος.....	24
2.1.2 Γάζα.....	24
2.1.3 Οπτικές ίνες.....	25
2.1.4 Ιατρική (χειρουργική) μάσκα.....	26
3 Εσωτερικές εφαρμογές κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων για ιατρικές εφαρμογές.....	28
3.1 Εμφυτεύσιμα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα.....	27
3.2 Ράμματα – απορροφήσιμα και μη απορροφήσιμα.....	29
3.3 Τεχνητές αρθρώσεις.....	31
3.4 Αγγειακά εμφυτεύματα.....	31
3.5 Χρήση φυσικών πολυσακχαριτών στην εφαρμογή ιατρικών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων.....	32
4 Αντιμικροβιακή προστασία.....	33
4.1 Μικροοργανισμοί και κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα.....	33
4.2 Αντιμικροβιακά φινιρίσματα.....	35
4.3 Νανοβιοτεχνολογία και αποτροπή τοξικότητας κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων.....	36
5 Νανοΐνες.....	38
5.1 Ηλεκτροσυσσωμάτωση και νανοΐνες.....	38
5.2 Δομές ΡΕΑ.....	40
6 Έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα και ιατρική.....	41
6.1 Έξυπνα υλικά περιποίησης πληγών.....	41
6.2 Αισθητήρες για υγειονομική περίθαλψη.....	43

6.3	Έξυπνες βαφές για ιατρικά υφάσματα.....	44
6.4	Τάσεις στα έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά υφάσματα	45
7 ΚΛΩΣΤΟΥΦΑΝΤΟΥΡΓΙΚΑ ΠΡΟΙΟΝΤΑ & THE CORONAVIRUS (SARS-CoV-2) ...		46
7.1	Ιστορικό	46
7.2.	Η Προστασία των Υφασμάτων Μασκών.....	48
7.3.	Η Απόδοση Φιλτραρίσματος των Υφασμάτων Μασκών.....	50
7.4	Θεωρία της Διήθησης.....	50
7.5	Μέγεθος Σωματιδίων που θα Φιλτραριστούν και Φίλτρα που Χρησιμοποιούνται.....	50
7.6	Αποδοτικότητα Διήθησης Ιατρικών Μασκών.....	50
7.7	Ινώδη Φίλτρα που Χρησιμοποιούνται σε Ιατρικές Μάσκες.....	52
7.7.1.	Απαιτούνται Χαρακτηριστικά Ινών για Μάσκες Υφασμάτων για Βελτιωμένη Απόδοση Φιλτραρίσματος.....	52
8 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΦΑΣΜΑΤΩΝ.....		54
8.1	Τεχνικές Συμβουλές για την Επιλογή Υφασμάτων για Διήθηση Covid-19.....	54
8.2	Μηχανικές Τροποποιήσεις σε Μάσκες Υφασμάτων.....	55
8.3	Ενίσχυση της Αποθηκικότητας των Αναπνευστικών Σταγονιδίων.....	55
8.4	Οφέλη από ένα Αντιμικροβιακό Υφασμάτινο Στρώμα.....	56
8.5	Βελτίωση της Αποτελεσματικότητας Φιλτραρίσματος Χρησιμοποιώντας Κατιονικά Φορτία.....	56
8.6	Ασπίδες Προσώπου.....	57
Συμπεράσματα.....		58
Επίλογος.....		Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης. 59
Βιβλιογραφία		Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Εμφυτεύσιμα προϊόντα [40]	29
Πίνακας 2: Τύποι βακτηρίων και μυκήτων [54]	34
Πίνακας 3: Αντιβακτηριακά χημικά [54]	34

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Δαπάνες υγείας ως ποσοστό του ΑΕΠ [4]	14
Εικόνα 2: Κατηγορίες κλωστοϋφαντουργικών ινών [6]	15
Εικόνα 3: Απεικόνιση πλέγματος ύφανσης της γάζας [29]	25
Εικόνα 4: Απεικόνιση οπτικής ίνας [31]	25
Εικόνα 5: Τυπικές χειρουργικές μάσκες με τρία φύλλα. Το επάνω μέρος έχει τη δεξιά πλευρά προς τα επάνω και το κάτω μέρος προς τα πάνω [35]	27
Εικόνα 6: Τύποι ραμμάτων [43]	30
Εικόνα 7: Ηλεκτροσυσσωμάτωση [60]	39
Εικόνα 8: Παραδείγματα εφαρμογών οπτικών ινών σε έξυπνα υφάσματα για περιβαλλοντική μηχανική [63]	41

Κατάλογος Όρων και Συντομογραφιών

ΑΕΠ: Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν

ΟΟΣΑ: Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης

OECD: Organisation for Economic Co-operation and Development

PEA: Polymers for Engineering Applications

Εισαγωγή

1. Αντικείμενο της διατριβής

Τα ιατρικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα είναι ένας από τους ταχύτερα αναπτυσσόμενους κλάδους στον τομέα της τεχνικής κλωστοϋφαντουργίας, ενώ οι εφαρμογές τους περιλαμβάνονται σε έναν ευρύτατο κατάλογο κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων [1].

Έχει αναπτυχθεί ένα σημαντικό πεδίο εφαρμογής της κλωστοϋφαντουργίας στην ιατρική, όπως η φροντίδα τραυμάτων και η πρόληψη μολύνσεων. Επίδεσμοι και επιθέματα τραυμάτων χρησιμοποιούνται συνήθως επειδή είναι οικονομικά, προσιτά και επαναχρησιμοποιήσιμα. Το ιατρικό κλωστοϋφαντουργικό προϊόν πρέπει να έχει βιοσυμβατότητα, ευελιξία και αντοχή.

Ο συνδυασμός της κλωστοϋφαντουργικής τεχνολογίας και των ιατρικών επιστημών έχει οδηγήσει σε ένα νέο τομέα που ονομάζεται ιατρικά υφάσματα. Νέες περιοχές εφαρμογής για ιατρικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα αναγνωρίστηκαν με την ανάπτυξη νέων ινών και τεχνολογιών παραγωγής νημάτων και υφασμάτων [2]. Η ανάπτυξη στον τομέα των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, είτε φυσικών είτε ανθρωπογενών υφασμάτων, στοχεύει συνήθως στο πως να βελτιώσει την άνεση των χρηστών. Η ανάπτυξη ιατρικών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων μπορεί να θεωρηθεί ως μια τέτοια εξέλιξη, η οποία προορίζεται πραγματικά για τη διευκόλυνση των ασθενών.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να παρουσιαστούν και να αναλυθούν τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα που χρησιμοποιούνται στον τομέα της ιατρικής. Επίσης, στόχοι της εργασίας είναι να κατηγοριοποιηθούν οι κλωστοϋφαντουργικές ίνες, να αναλυθεί η αντιμικροβιακή κατεργασία, τα εμφυτεύσιμα και τα μη εμφυτεύσιμα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, αλλά και να παρουσιαστούν οι νανοΐνες και η ηλεκτροσυσσωμάτωση, αλλά τα έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα που χρησιμοποιούνται στον τομέα της ιατρικής.

2. Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για να ικανοποιηθεί ο σκοπός και οι στόχοι της εργασίας, καθώς και το να προκύψουν αξιολογικά συμπεράσματα είναι η βιβλιογραφική ανασκόπηση.

3. Δομή

Όσον αφορά τη δομή της εργασίας, χωρίζεται σε έξι ενότητες. Η πρώτη ενότητα αναφέρεται σε κάποια γενικά στοιχεία για τον τομέα της κλωστοϋφαντουργίας και την εφαρμογή της στην ιατρική. Ειδικότερα, αναλύονται τα οικονομικά στοιχεία, η κατηγοριοποίηση των κλωστοϋφαντουργικών ινών οι διαδικασίες πρόσβασης σε ιατρικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα και η αντιμικροβιακή κατεργασία. Η δεύτερη ενότητα ασχολείται με τα εμφυτεύσιμα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα (επίδεσμος, γάζα, οπτικές ίνες, ιατρική μάσκα) και με εξωτερικές συσκευές υποβοήθησης (τεχνητό νεφρό και πνεύμονας). Η τρίτη ενότητα αναφέρεται στις εσωτερικές εφαρμογές των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων για ιατρικές

εφαρμογές. Συγκεκριμένα, αναλύονται τα ράμματα, οι τεχνητές αρθρώσεις, τα αγγειακά εμφυτεύματα, η χρήση φυσικών πολυσακχαριτών και τα τρισδιάστατα στημονοπλεκτά ικρίσματα μηχανικής ιστών. Η τέταρτη ενότητα αναφέρεται στην αντιμικροβιακή προστασία, και συγκεκριμένα στους μικροοργανισμούς των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, στα αντιμικροβιακά φινιρίσματα και στη νανοβιοτεχνολογία. Η επόμενη ενότητα αναφέρεται στις νανοϊνες, και αναλύεται η ηλεκτροσυσσωμάτωση και οι δομές PEA (Polymers Engineering Applications). Η έκτη ενότητα αναφέρεται στα έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα που χρησιμοποιούνται στην ιατρική, και ειδικότερα στα έξυπνα υλικά περιποίησης πληγών, στους αισθητήρες για υγειονομική περίθαλψη, στις έξυπνες βαφές για ιατρικά υφάσματα, αλλά και στις τάσεις που επικρατούν στα έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά υφάσματα. Στις τελευταίες ενότητες, στην έβδομη και όγδοη, γίνεται αναφορά στη χρήση των υφασμάτων μάσκων όσον αφορά την αποτελεσματικότητά της προστασίας που παρέχουν έναντι στον COVID -2019. Επίσης γίνεται αναφορά στη σημασία της επίλογής του υφάσματος και των χαρακτηριστικών του ώστε να καθίσταται αποτελεσματικό όταν χρησιμοποιείται για την κατασκευή μάσκων. Τέλος υπάρχουν τα συμπεράσματα καθώς και η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε για την εκπόνηση της εργασίας αυτής.

Κεφάλαιο 1

Ιατρική και κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα

Η ενότητα αυτή παρουσιάζει ορισμένα γενικά στοιχεία για την εφαρμογή των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων στον τομέα της ιατρικής. Αρχικά γίνεται αναφορά σε ορισμένα οικονομικά στοιχεία. Εν συνεχεία, παρουσιάζεται η κατηγοριοποίηση των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων σε φυσικές και τεχνητές ίνες. Έπειτα παρουσιάζονται οι διαδικασίες πρόσβασης σε ιατρικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, και τέλος γίνεται αναφορά στην αντιμικροβιακή κατεργασία.

1.1 Οικονομικά στοιχεία

Οι συνολικές δαπάνες για την υγειονομική περίθαλψη σχετίζονται με τους οικονομικούς πόρους που προορίζονται για την υγεία. Οι δαπάνες για την υγειονομική περίθαλψη αφορούν κατά κύριο λόγο τα αγαθά και τις υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης που χρησιμοποιούνται από τους πολίτες των διάφορων χωρών, ανεξάρτητα από το πού πραγματοποιείται αυτή η χρήση ή ποιος πληρώνει για αυτήν. Ως εκ τούτου, εξαιρούνται οι εξαγωγές αγαθών και υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης (σε μη μόνιμους κατοίκους), ενώ συμπεριλαμβάνονται οι εισαγωγές αγαθών και υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης για τελική χρήση [3].

Σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία των OECD και EU [4] όσο αφορά τον τομέα υγείας και τις δαπάνες αυτής, τις υψηλότερες θέσεις κατέχουν οι ΗΠΑ που δαπανούν το 17,2 % του ΑΕΠ, η Ελβετία με δαπάνες που ανέρχονται στο 12,4 % και η Γερμανία το 11,3 %. Η Ελλάδα καταλαμβάνει την 25η θέση, ξοδεύοντας το 8,3 % του ΑΕΠ της. Στην Εικόνα 1, περιγράφεται αναλυτικά το ποσοστό των δαπανών στον τομέα της υγείας για κάθε χώρα.

Παράλληλα, τα χαμηλότερα ποσοστά δαπανών - λιγότερο από 15,0% - καταγράφηκαν για τη Φινλανδία, το Ηνωμένο Βασίλειο, την Ιρλανδία, τις Κάτω Χώρες, τη Σουηδία και το Λουξεμβούργο. Το χαμηλότερο ποσοστό εμφάνισε η Δανία (10,2%). Αντίθετα, τα υψηλότερα ποσοστά - όπου τα ιατρικά προϊόντα αντιπροσώπευαν κατά μέσο όρο το 30,0% των δαπανών υγειονομικής περίθαλψης- σημειώθηκαν στη Λιθουανία, τη Λετονία, την Ουγγαρία, τη Σλοβακία και τη Ρουμανία, ενώ η Βουλγαρία σημείωσε ποσοστό ίσο με το 43,5%. Το συνολικό κόστος που αφορά τη φαρμακευτική δαπάνη στις χώρες του ΟΟΣΑ ανέρχεται σε πάνω από 800 δισεκατομμύρια δολάρια σύμφωνα με την επίσημη έκθεση [4].

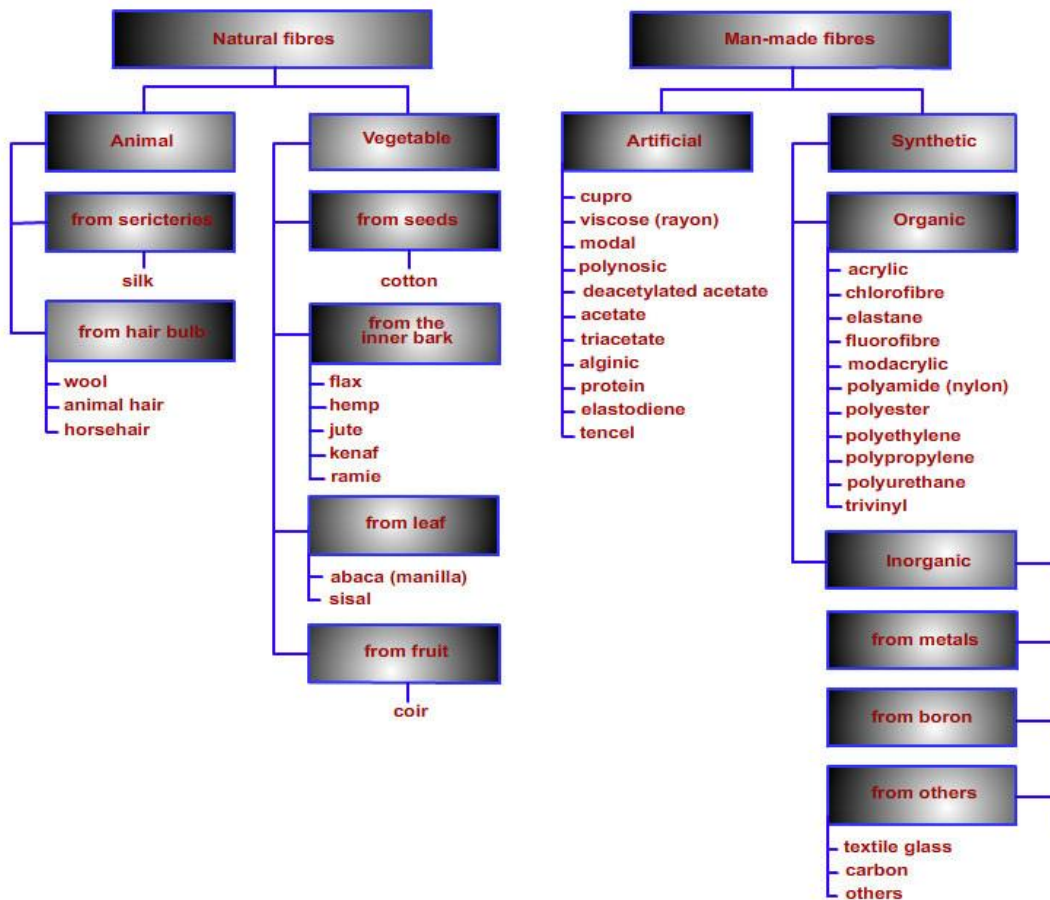
	Σύνολο	Κυβερνητικές/Υποχρεωτικές	Προαιρετικές/Ιδιωτικές	
Ηνωμένες Πολιτείες	17,2	8,5	8,8	
Ελβετία	12,4	7,9	4,5	
Γερμανία	11,3	9,5	1,7	
Σουηδία	11,0	9,2	1,8	
Γαλλία	11,0	8,7	2,3	
Ιαπωνία	10,9	9,1	1,7	
Καναδάς	10,6	7,4	3,1	
Ολλανδία	10,5	8,5	2,0	
Νορβηγία	10,5	8,9	1,5	
Βέλγιο	10,4	8,0	2,4	
Δανία	10,4	8,7	1,7	
Αυστρία	10,4	7,8	2,5	
Ηνωμένο Βασίλειο	9,7	7,7	2,0	
Αυστραλία ¹	9,6	6,5	3,1	
Φινλανδία	9,3	7,0	2,4	
Νέα Ζηλανδία	9,2	7,4	1,8	
Κόστα Ρίκα ²	9,1	6,6	2,5	2014
ΟΟΣΑ35	9,0	6,5	2,5	
Ισπανία	9,0	6,3	2,6	
Πορτογαλία	8,9	5,9	3,0	
Ιταλία	8,9	6,7	2,2	
Νότια Αφρική ²	8,8	4,2	4,6	2014
Ισλανδία ²	8,6	7,1	1,5	
Σλοβενία	8,6	6,1	2,4	
Χιλή	8,5	5,1	3,3	
Ελλάδα	8,3	4,8	3,5	
Ιρλανδία	7,8	5,5	2,3	
Κορέα	7,7	4,3	3,3	
Ουγγαρία	7,6	5,2	2,4	
Ισραήλ ²	7,4	4,5	2,9	
Τσεχική Δημοκρατία	7,3	6,0	1,3	
Κολομβία ²	7,2	5,4	1,8	2014
Δημοκρατία της Σλοβακίας	6,9	5,5	1,4	
Εσθονία	6,7	5,1	1,6	
Λιθουανία	6,5	4,3	2,1	
Πολωνία	6,4	4,4	2,0	
Λουξεμβούργο	6,3	5,3	1,1	
Βραζιλία	6,2	3,4	2,8	2013
Μεξικό	5,8	3,0	2,8	
Λετονία	5,7	3,2	2,5	
Ρωσική Ομοσπονδία	5,6	3,4	2,2	2015
Κίνα ²	5,5	3,1	2,4	2014
Ινδία ²	4,8	1,4	3,3	2014
Τουρκία	4,3	3,4	0,9	
Ινδονησία ²	2,8	1,1	1,8	2014

Εικόνα 1: Δαπάνες υγείας ως ποσοστό του ΑΕΠ [4]

1.2 Κατηγοριοποίηση κλωστοϋφαντουργικών ινών

Οι κλωστοϋφαντουργικές ίνες ταξινομούνται με βάση τη χημική τους προέλευση και εμπίπτουν σε δύο κατηγορίες: α) τις φυσικές ίνες και β) τις κατασκευασμένες ίνες. Οι κατασκευασμένες ίνες αναφέρονται επίσης ως τεχνητές ή συνθετικές ίνες. Το σύστημα ταξινόμησης που χρησιμοποιείται στις Ηνωμένες Πολιτείες, υπαγορεύεται από το νόμο για την αναγνώριση των κλωστοϋφαντουργικών ινών [5].

Classification of fibres



Εικόνα 2: Κατηγορίες κλωστοϋφαντουργικών ινών [6]

1.2.1 Φυσικές Ίνες

Φυσικές ίνες είναι εκείνες που εμφανίζονται σε μορφή ινών στη φύση. Οι φυσικές ίνες διακρίνονται σε αυτές που [7]:

- προέρχονται από ζώα (δηλαδή ίνες από μετάξι, ίνες από μαλλί, κ.λπ.)
- προέρχονται από ορυκτά (δηλαδή ίνες αμιάντου)
- είναι φυτικής προέλευσης (π.χ. βαμβάκι, γιούτας και ραμί).

Οι ίνες από φυτικές πηγές θεωρούνται ως ίνες με βάση την κυτταρίνη και μπορούν να ταξινομηθούν περαιτέρω από τη φυτική προέλευση. Μπορούν να διαχωριστούν από το μίσχο των φυτών, το στέλεχος, τα φύλλα ή τους σπόρους. Οι ίνες από ζωικές πηγές είναι πιο γνωστές ως ίνες με βάση τις πρωτεΐνες. Προέρχονται από ένα ζώο ή αφαιρούνται από ένα κουκούλι ή ιστό. Οι ορυκτές ίνες είναι εκείνες που εξορύσσονται από τη γη. Εκτός από το μετάξι, όλες οι φυσικές ίνες με βάση την κυτταρίνη και τις πρωτεΐνες λαμβάνονται σε μικρά μήκη και ονομάζονται μη συνεχείς ίνες. Το μετάξι είναι ένα συνεχές νήμα ινών [8].

Οι ίνες με βάση την κυτταρίνη αποτελούνται από ίνες φύλλων και σπόρων, ενώ οι ίνες του βλαστού προέρχονται από το στέλεχος του φυτού. Σε αυτές ανήκουν οι ίνες από: το λινάρι, την κάνναβη, τη γιούτα και το ραμί. Οι φυτικές ίνες αφαιρούνται από τα φύλλα του φυτού και περιλαμβάνουν τη μανίλα και το σιζάλ. Οι ίνες των τριχών σπόρων συλλέγονται από σπόρους ή θήκες σπόρων και περιλαμβάνουν το βαμβάκι και το καπόκ. [9]. Πιο αναλυτικά [5]:

- Το βαμβάκι, που λαμβάνεται από τους σπόρους βαμβακιού, είναι η πιο γνωστή και πιο χρησιμοποιημένη φυσική κυτταρινική ίνα.
- Η ίνα που προέρχεται από το λινάρι, χρησιμοποιείται για την κατασκευή του λινού. Τα φυτά καλλιεργούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να παράγουν μακριούς, λεπτούς μίσχους. Το μη ινώδες υλικό στο στέλεχος ξεχωρίζεται με μια διαδικασία που ονομάζεται "τσίμπημα". Μόλις ολοκληρωθεί αυτή η διαδικασία, η ινώδης μάζα ξεπλένεται και ξηραίνεται. Η ίνα διαχωρίζεται από το τμήμα του αποσυντιθέμενου υλικού με θραύση και "συρρίκνωση" (απόξεση). Στη συνέχεια, η ίνα στρίβεται για να δημιουργηθεί νήμα από λινό.
- Η ίνα από κάνναβη είναι μια χοντρή, ανθεκτική ίνα που προέρχεται από το φυτό *Cannabis sativa*. Μετατρέπεται σε χρησιμοποιούμενη ίνα με τον ίδιο τρόπο όπως και η ίνα από λινάρι. Χρησιμοποιείται κυρίως για βιομηχανικούς και εμπορικούς σκοπούς, σε κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, ειδικά κορδόνια, νήματα και σχοινιά.
- Η γιούτα είναι μια ίνα που προέρχεται από το στέλεχος των φυτών του γένους *Corchorus*, επεξεργασμένο με τον ίδιο τρόπο όπως η ίνα από λινάρι και κάνναβη. Χρησιμοποιείται ευρέως για βιομηχανικές τελικές χρήσεις όπως λινάτσες, και σπάγγους.
- Η ίνα από καπόκ προέρχεται από τους λοβούς σπόρων του δέντρου *kapok Java (Ceiba pentandra)*. Ο σπόρος είναι παρόμοιος με αυτόν του βαμβακιού. Ωστόσο, οι ξηρές ίνες ξεχωρίζονται εύκολα από τους σπόρους. Χρησιμοποιείται κυρίως σε σωσίβια και ως ειδική γέμιση για μαξιλάρια.

- Η Μανίλα είναι από τα στελέχη του φυτού *abacá (Musa textilis)*. Οι ίνες διαχωρίζονται από το σαρκώδες τμήμα του στελέχους των φύλλων. Η Μανίλα χρησιμοποιείται γενικά σε σχοινιά.
- Το Ramie είναι μια ίνα που προέρχεται από το μίσχο του φυτού *ramie (Boehmeria nivea)*, επίσης γνωστό ως "χόρτο της Κίνας". Το φυτό είναι ένας θάμνος που μπορεί να κοπεί αρκετές φορές το χρόνο. Οι μίσχοι των τεμαχισμένων φυτών αποφλοιώνονται ή επανατοποθετούνται για να αφαιρεθεί το εξωτερικό ξύλινο κάλυμμα, αποκαλύπτοντας τις λεπτές ίνες. Έπειτα, ακολουθεί η λεύκανση, η πλύση και η ξήρανση. Η ίνα είναι παρόμοια με το λινάρι, αλλά πιο εύθραυστη.
- Το Sisal προέρχεται από τα φύλλα του φυτού *Agave sisalana*. Τα φύλλα κόβονται όταν το φυτό είναι περίπου τεσσάρων ετών και οι ίνες διαχωρίζονται από το σαρκώδες τμήμα του φύλλου. Το Sisal έχει βιομηχανικές χρήσεις, συνήθως ως υπόστρωμα χαλιού.

Οι ίνες με βάση τις πρωτεΐνες προέρχονται από ζωικές πηγές, συνήθως από τα μαλλιά του ζώου. Οι ίνες των μαλλιών ζώων είναι ίνες μήκους που κυμαίνεται από 2,5 έως 10 ίντσες ή και περισσότερο. Το μετάξι είναι μια φυσική πρωτεϊνική ίνα που εξωθείται από το μεταξοσκώληκα [10].

Το μαλλί είναι μια λεπτή ίνα προερχόμενη συνήθως από πρόβατα. Ο όρος "μαλλί" μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για ίνες που προέρχονται από το τρίχωμα διάφορων ζώων, όπως είναι η κατσίκια Angora, το κατσίκι του κασμίρ, καμήλα, αλπακά, λάμα και η ντικουάνα. Αναλυτικότερα [11]:

- Οι ίνες από μαλλί προβάτου μπορούν να παρθούν από το ζωντανό ζώο ή να τραβηχτούν από το δέρμα μετά τη σφαγή. Το μαλλί από τα πρόβατα συνήθως κόβεται μόνο μία φορά το χρόνο, ενώ το ζώο πρέπει να είναι κάτω των 8 μηνών. Ο όρος «παρθένο μαλλί» χρησιμοποιείται για να επισημαίνει ότι το μαλλί δεν έχει προηγουμένως υποστεί επεξεργασία.
- Η αλπακά είναι η μακριά, λεπτή ίνα τρίχας από την αλπακά, η οποία είναι συγγενής της καμήλας που είναι εγγενής στη Νότια Αμερική. Αποκολλάται από το ζώο μια φορά κάθε δύο χρόνια. Το απαλό, λεπτό υπόστρωμα χρησιμοποιείται σε κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα.
- Η Angora είναι η μακρύτερη, λεπτή ίνα μαλλιών από το κουνέλι της Angora. Δεν πρέπει να συγχέεται με τις ίνες των μαλλιών της κατσίκας Angora που αποτελεί την πηγή του mohair. Τα κουνέλια Angora εκτρέφονται στην εγχώρια αγορά. Η γούνα χτενίζεται και κόβεται από το κουνέλι κάθε τρεις μήνες.
- Τα μαλλιά καμήλας προέρχονται από τη καμήλα Bactrian. Οι ίνες διαχωρίζονται από το ζώο, ενώ παράγονται περίπου (2,7 κιλά) ανά καμήλα. Χρησιμοποιούνται σε κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, καθώς και σε πινέλα ζωγραφικής.
- Το κασμίρ είναι η μαλακή ίνα μαλλιών από την κατσίκια του κασμίρ. Η ίνα συλλέγεται με το χτένισμα του ζώου. Μια κατσίκια παράγει μόνο περίπου 4 ουγγιές (114 γραμμάρια) ινών ετησίως. Το κασμίρ θεωρείται ίνα πολυτελείας.
- Οι ίνες τρίχας lama αφαιρούνται από το ζώο μία φορά το χρόνο. Είναι παρόμοιες με τις ίνες αλπακά, αλλά είναι πιο λεπτές.

- Η Mohair είναι η μακρά, ευθεία, λεπτή ίνα, προερχόμενη από την κατσίκια Angora. Οι ίνες συνήθως κόβονται από το ζώο δύο φορές το χρόνο.
- Η Vicuña είναι η ίνα τρίχας από ένα μικρό μη οικόσιτο ζώο που μοιάζει με λάμα και έχει μέγεθος ενός σκύλου. Το ζώο ζει σε ύψος πάνω από 16.000 μέτρα στη Νότια Αμερική και έχει καταχωρηθεί ως απειλούμενο είδος από το 1969. Η Vicuña είναι η πιο μαλακή από τις ίνες μαλλιού fleece.

Το μετάξι με βάση τη πρωτεΐνη είναι μια φυσική πρωτεΐνη που εκκρίνεται από τις προνύμφες διάφορων ειδών περονόσπορου. Οι προνύμφες χρησιμοποιούν τα νημάτια για να κατασκευάσουν ένα κουκούλι, από το οποίο εξάγεται το μετάξι. Δίδυμα νήματα πρωτεϊνικής ινοσίνης, εκκρίνονται και συνδέονται μαζί, σε έναν απλό κλώνο. Κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας, η σερίνη απομακρύνεται αφήνοντας την πρωτεΐνη ινοσίνης. Το μετάξι παράγεται σε πολύ ελεγχόμενες συνθήκες περιβάλλοντος και διατροφής. Το Tussah ή το άγριο μετάξι συλλέγεται από φυσικές πηγές [8].

1.2.2 Τεχνητές ίνες

Οι ίνες που κατασκευάζονται από τον άνθρωπο, όπως το νάιλον, ο πολυεστέρας και το ρεγιόν, παράγονται με χημικές αντιδράσεις που ελέγχονται από τους ανθρώπους. Ο όρος «συνθετικές ίνες» χρησιμοποιείται συχνά για τον χαρακτηρισμό των τεχνητών ινών [12]. Μέχρι στιγμής, είναι αναγνωρισμένες 26 γενικές ομάδες ανθρωπογενών ινών. Οι τεχνητές ίνες διακρίνονται σε [9]:

- Πολυμερή συντιθέμενα από χημικές ενώσεις, π.χ. ίνες πολυαιθυλενίου, ίνες πολυουρεθάνης και ίνες πολυβινυλίου.
- Τροποποιημένα ή μετασχηματισμένα φυσικά πολυμερή, π.χ. ίνες αλγινικού και κυτταρινικού τύπου.
- Ορυκτά, π.χ. γυαλιά. Ο όρος που κατασκευάζεται συνήθως αναφέρεται σε όλες τις χημικώς παραγόμενες ίνες για να τις διακρίνει από τις πραγματικά φυσικές ίνες όπως το βαμβάκι, το μαλλί, το μετάξι, το λινάρι κλπ.

Τρεις προϋποθέσεις πρέπει να πληρούνται πριν από τη δημιουργία μιας νέας γενικής ομάδας [9]:

- Η χημική σύνθεση πρέπει να είναι ριζικά διαφορετική από εκείνη του καταλόγου και η χημική σύσταση πρέπει να παράγει σημαντικά διαφορετικές φυσικές ιδιότητες.
- Μια νέα προτεινόμενη ταξινόμηση πρέπει να έχει σημασία για την πλειονότητα των καταναλωτών και όχι μόνο για μια μικρή ομάδα επαγγελματιών.
- Οι ίνες πρέπει να βρίσκονται σε ενεργή εμπορική ανάπτυξη. Οι ανθρωπογενείς ίνες αναγνωρίζονται ότι κατασκευάζονται από φυσική πολυμερή βάση, κατασκευασμένη από βάση συνθετικού πολυμερούς ή με βάση το ανόργανο ή ειδικό.

Οι ίνες με βάση φυσικό πολυμερές περιλαμβάνουν ίνες κυτταρίνης, πρωτεΐνες, αλγινικά, καουτσούκ και άμυλο. Οι ίνες με βάση την κυτταρίνη περιλαμβάνουν το ρεγιόν και το lyocell. Οι ίνες με βάση το συνθετικό πολυμερές είναι αυτές που κατασκευάζονται από χημικά

πολυμερή που δεν απαντώνται στη φύση. Αυτές οι ίνες είναι κυρίως αδιάλυτες και δεν είναι χημικά αδρανής. Οι πιο συνηθισμένες ίνες συνθετικού πολυμερούς είναι τα ακρυλικά, τα αραμιδία, τα μοντακρυλικά, το νάιλον, οι ολεφίνες, οι πολυεστέρες και το ελαστάνες. Οι ανθρωπογενείς ίνες με βάση τις ορυκτές και ειδικές ίνες περιλαμβάνουν ίνες ειδικής χρήσης όπως ίνες γυαλιού και μεταλλικές ίνες [12].

Οι τεχνητές ίνες αποτελούν το 68% όλων των ινών που παράγονται σε όλο τον κόσμο και το 82% στην Ευρώπη, συμπεριλαμβανομένης της Τουρκίας. Η παγκόσμια παραγωγή ανήλθε σε 58,6 εκατομμύρια τόνους το 2012. Η ευρωπαϊκή παραγωγή ανήλθε σε 4,6 εκατομμύρια τόνους [9].

Η κύρια χρήση τους είναι στα ρούχα, τα χαλιά, τα οικιακά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα και ένα ευρύ φάσμα τεχνικών προϊόντων - ελαστικά, ταινίες, υπνόσακοι και ενδύματα ψυχρού καιρού, φίλτρα για τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα και του νερού στο περιβάλλον, ανθεκτικά υλικά, ενίσχυση σε σύνθετα υλικά που χρησιμοποιούνται για προηγμένη παραγωγή αεροσκαφών και πολλά άλλα. Οι ίνες έχουν σχεδιαστεί με ακρίβεια ώστε να παρέχουν το σωστό συνδυασμό ιδιοτήτων που απαιτούνται για την εν λόγω τελική χρήση: εμφάνιση, λαβή, αντοχή, αντοχή, τέντωμα, σταθερότητα, ζεστασιά, προστασία, εύκολη φροντίδα, απορρόφηση υγρασίας και αξία για τα χρήματα. Σε πολλές περιπτώσεις, χρησιμοποιούνται σε μείγματα με φυσικές ίνες όπως βαμβάκι και μαλλί [8].

Οι τεχνητές ίνες έχουν δύο βασικές μορφές: α) συνεχές νήμα, που χρησιμοποιείται για την ύφανση, το πλέξιμο ή την παραγωγή χαλιών και β) ασυνεχή μήκη ίνας, τα οποία μπορούν να στρίβονται σε νήματα ή να ενσωματώνονται σε μη χρησιμοποιούμενες χρήσεις όπως γέμιση ή μη υφασμένα υφάσματα [12].

1.3 Διαδικασίες πρόσβασης σε ιατρικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα

Η ιατρική κλωστοϋφαντουργία είναι ένας από τους ταχύτερα αναπτυσσόμενους κλάδους στην αγορά της τεχνικής κλωστοϋφαντουργίας. Είναι ένας από τους σημαντικότερους τομείς ανάπτυξης των τεχνικών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και η χρήση υφαντικών υλικών για προϊόντα υγειονομικής περίθαλψης κυμαίνεται από απλά υλικά γάζας ή επιδέσμου μέχρι ικρίσματα για καλλιέργεια ιστών και μια μεγάλη ποικιλία προθέσεων για μόνιμα εμφυτεύματα σώματος. Τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα είναι απανταχού παρόντα στον τομέα της ανθρώπινης υγιεινής και της ιατρικής πρακτικής. Η χρήση τους βασίζεται σε μια σειρά τυπικών βασικών ιδιοτήτων της κλωστοϋφαντουργίας όπως είναι: η μαλακότητα και η ελαφρότητα, η ευκαμψία, η απορρόφηση, το φιλτράρισμα, κ.λπ. [13].

Τα προηγμένα ιατρικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα αναπτύσσονται σημαντικά λόγω της μεγάλης τους επέκτασης σε τομείς όπως η επούλωση πληγών, τα επιθέματα επιδέσμου και πίεσης, οι εμφυτεύσιμες συσκευές καθώς και οι ιατρικές συσκευές και η ανάπτυξη νέων ευφυών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. Η σημερινή κοινωνία υπόκειται σε αλλαγές, που αφορούν το μεγάλο μέγεθος του πληθυσμού, την ανάγκη να αυξηθεί η διάρκεια ζωής του κάθε ατόμου, όπως και διάφορες καταστάσεις και κίνδυνοι ανθρώπινης δραστηριότητας και πολιτισμού, συμπεριλαμβανομένων των ατυχημάτων, του κρυολογήματος, των ασθενειών και

του αθλητισμού. Αυτοί οι παράγοντες αυξάνουν τη ζήτηση ιατρικών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. Έτσι, υπάρχουν πολλές ερευνητικές εργασίες που εκτελούνται σε όλο τον κόσμο, πάνω σε ιατρικά υφαντουργικά υλικά και πολυμερή [13].

Η νανοτεχνολογία έχει αποκτήσει τεράστια ώθηση την τελευταία δεκαετία. Τα προϊόντα με βάση τα νανοϋλικά καθώς και τα υλικά με επίστρωση “nano”, αποτελούν καινοτομίες στον τομέα της ιατρικής. Οι νανοϊνες είναι πολύ ελκυστικές λόγω των μοναδικών ιδιοτήτων τους, του μεγάλου λόγου επιφάνειας προς όγκο, της λεπτότητάς τους, της πορώδους διαμέτρου της δομής, αλλά και του μικρού βάρους. Οι νανοϊνες είναι πορώδεις και η κατανομή του μεγέθους των πόρων μπορεί να είναι ευρέος φάσματος, ώστε να μπορούν να θεωρηθούν ως μηχανικά ικρίσματα με ευρεία εφαρμογή στον τομέα της μηχανικής ιστών. Κάποιες άλλες εφαρμογές, όπως στους επιδέσμους τραυμάτων, αποτελούν τον φορέα διαφόρων φαρμάκων στις συγκεκριμένες τοποθεσίες κλπ. [14].

Η χρήση κλωστοϋφαντουργικών υλικών για ιατρικά προϊόντα και προϊόντα υγειονομικής περίθαλψης, μπορεί να ταξινομηθεί στις ακόλουθες κατηγορίες [13]:

- Ως υλικά φραγής (για έλεγχο της μόλυνσης)
- Ως επίδεσμοι
- Ως υλικό φροντίδας τραύματος
- Ως υγειονομικά υλικά
- Ως εμφυτεύσιμα υλικά (ράμματα, αρθρώσεις, κ.λπ.)
- Ως συσκευές με πρόσθετα όργανα (όπως νεφρά, κ.λπ.)

Οι απαιτήσεις που σημειώνονται για τη χρήση των κλωστοϋφαντουργικών υλικών στις ιατρικές εφαρμογές είναι οι εξής [13]:

- Βιοσυμβατότητα
- Καλή αντοχή σε αλκάλια, οξέα και μικροοργανισμούς
- Καλή σταθερότητα διαστάσεων
- Ελαστικότητα χωρίς μόλυνση ή ακαθαρσίες
- Απορρόφηση / Εξάντληση
- Διαπερατότητα αέρα

Τα ιατρικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα είναι προϊόντα και κατασκευές που χρησιμοποιούνται για ιατρικές και βιολογικές εφαρμογές και η χρήση τους προορίζεται κυρίως για πρώτες βοήθειες, κλινικούς και υγειονομικούς σκοπούς. Αποτελούνται από όλες τις υφαντικές ύλες που χρησιμοποιούνται σε υγειονομικές εφαρμογές, τόσο στις καταναλωτικές όσο και στις ιατρικές αγορές. Περιλαμβάνει επίσης μια ομάδα προϊόντων με σημαντικές διαφορές, όσον αφορά την απόδοση του προϊόντος και την ενιαία αξία. Λόγω της φύσης της εφαρμογής τους, πολλά ιατρικά προϊόντα είναι αντικείμενα μίας χρήσης. Η αυξημένη χρήση των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων σε σύνθετες εφαρμογές θα προσφέρει σημαντική αύξηση της κατανάλωσης ινών [13].

1.4 Αντιμικροβιακή κατεργασία

Η παγκόσμια κατανάλωση ινών αυξήθηκε για αρκετές δεκαετίες. Από το 1950 έως το 2008, η κατά κεφαλήν κατανάλωση αυξήθηκε από 3,7 kg σε 10,4 kg και με τη συνεχή ανάπτυξη κατέγραψε το 2014 ζήτηση 55,2 εκατ. τόνων συνθετικών ινών, επιπλέον των φυσικών ινών, συμπεριλαμβανομένου του βαμβακιού και του μαλλιού, οι οποίες έχουν ζήτηση 25,4 εκατ. τόνων [15]. Οι κλωστοϋφαντουργικές δομές με βάση τις ίνες, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο σε διάφορες βιομηχανίες σε όλο τον κόσμο και χρησιμοποιούνται καθημερινά για να ικανοποιήσουν διαφορετικούς σκοπούς [16]. Προφανώς, η τεχνολογική πρόοδος των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων αναγνωρίζεται κυρίως στα προϊόντα ένδυσης. Παρόλα αυτά, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο και σε άλλες βιομηχανίες όπως τη συσκευασία τροφίμων, την οικιακή επίπλωση, τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα αυτοκινήτων, τα φίλτρα αέρα, τα συστήματα καθαρισμού των υδάτων, τη θερμική και μηχανική προστασία, τον αθλητικό εξοπλισμό, τα ιατροτεχνολογικά προϊόντα, τις υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης και υγιεινής [17].

Λόγω της μεγάλης επιφάνειας και της ικανότητάς τους να συγκρατούν την υγρασία, τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα είναι γνωστό ότι συμβάλλουν στην ανάπτυξη μικροοργανισμών, όπως είναι τα βακτήρια και οι μύκητες, που βρίσκονται σχεδόν παντού και μπορούν να πολλαπλασιαστούν γρήγορα ανάλογα με την υγρασία, τα θρεπτικά συστατικά και τα επίπεδα της θερμοκρασίας [18]. Ορισμένοι πληθυσμοί βακτηριδίων μπορεί να διπλασιαστούν κάθε 20-30 λεπτά υπό ιδανικές συνθήκες (36 έως 40 °C, pH 5 έως 9), πράγμα που σημαίνει ότι ένα μόνο κύτταρο βακτηρίων μπορεί να αυξηθεί σε 1.048.576 κύτταρα σε μόλις 7 ώρες [19]. Η ανάπτυξη των μικροοργανισμών στα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα προκαλεί μια σειρά ανεπιθύμητων ενεργειών, όχι μόνο για το ίδιο το κλωστοϋφαντουργικό προϊόν, αλλά και για το χρήστη του. Αυτά τα αποτελέσματα περιλαμβάνουν τη δημιουργία δυσάρεστης οσμής, μείωση της μηχανικής αντοχής, λεκέδες, αποχρωματισμό και αυξημένη πιθανότητα μόλυνσης [18].

Ως εκ τούτου, λόγω της αυξανόμενης συνειδητοποίησης των παθογόνων επιδράσεων στη δημόσια υγεία, τα τελευταία χρόνια έχει προωθηθεί εντατική έρευνα και ανάπτυξη προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί ή και να εξαλειφθεί η ανάπτυξη μικροβίων στα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα. Αυτή η μικροβιακή μόλυνση προκαλεί μεγάλη ανησυχία, κυρίως για τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα που χρησιμοποιούνται στα νοσοκομεία ως ιατροτεχνολογικά προϊόντα ή για την υγειονομική περίθαλψη, αλλά και για τα αθλητικά ρούχα, τα συστήματα καθαρισμού των υδάτων, τις ζωοτροφές και τη βιομηχανία τροφίμων. Οι λοιμώξεις που αποκτώνται στα νοσοκομεία μπορεί να προκληθούν από διάφορα είδη, όπως τα *Escherichia coli*, η πνευμονία *Klebsiella*, η *Pseudomonas aeruginosa* και η *Acinetobacter baumannii* [13].

Επομένως, καθώς οι καταναλωτές έχουν όλο και μεγαλύτερη επίγνωση των επιπτώσεων στην προσωπική υγιεινή και τους κινδύνους για την υγεία που σχετίζονται με ορισμένους μικροοργανισμούς, η ζήτηση για αντιμικροβιακά υφάσματα παρουσίασε μεγάλη αύξηση τα τελευταία χρόνια. Το 2000, εκτιμάται ότι η παραγωγή αντιμικροβιακών υφασμάτων έφθασε τους περίπου 30.000 τόνους στη Δυτική Ευρώπη και σε 100.000 τόνους παγκοσμίως. Επιπλέον, μεταξύ 2001 και 2005, στη Δυτική Ευρώπη αναφέρθηκε ετήσια αύξηση της

παραγωγής αντιμικροβιακών υφασμάτων κατά περίπου 15%, γεγονός που αποτελεί έναν από τους ταχύτερα αναπτυσσόμενους τομείς της κλωστοϋφαντουργίας. Σε ένα πρόσφατο τεύχος της αγοράς ειδών ένδυσης, αναφέρεται ότι η παγκόσμια αγορά αντιμικροβιακών παραγόντων αυξήθηκε κατά περίπου 12% ετησίως μεταξύ 2013 και 2018 [4,13,18].

Όσον αφορά την αντιμικροβιακή ικανότητα σε υφάσματα, έχουν μελετηθεί διαφορετικές προσεγγίσεις, οι οποίες μπορούν να χωριστούν κυρίως στην συμπερίληψη αντιμικροβιακών ενώσεων στις πολυμερικές ίνες που μπορούν να διέλθουν από την πολυμερή μήτρα, στον εμβολιασμό ορισμένων οντοτήτων στην επιφάνεια του πολυμερούς ή στην φυσική τροποποίηση της επιφάνειας των ινών [20]. Όσον αφορά τις αντιμικροβιακές ενώσεις, έχουν χρησιμοποιηθεί διαφορετικοί τύποι, όπως ενώσεις τεταρτοταγούς αμμωνίου, τρικλοζάνη, μεταλλικά άλατα, πολυδιγουανίδες ή ακόμη και φυσικά πολυμερή [21]. Οποιαδήποτε αντιμικροβιακή επεξεργασία που εκτελείται σε ένα κλωστοϋφαντουργικό προϊόν πρέπει να ικανοποιεί διαφορετικές απαιτήσεις εκτός από την αποτελεσματικότητα έναντι των μικροοργανισμών, αλλά η κύρια πρόκληση είναι η συνακόλουθη απαίτηση μη τοξικότητας στον καταναλωτή, δηλαδή αλλεργία ή ερεθισμός [18].

Επιπλέον, οι μικροοργανισμοί με την παρουσία ορισμένων αντιμικροβιακών παραγόντων μπορεί να καταστούν ανθεκτικοί και η εμφάνιση βακτηρίων ανθεκτικών σε πολλαπλά φάρμακα αυξάνεται με ανησυχητικό ρυθμό, δεδομένου ότι αποτελεί για τον ιατρικό κόσμο μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις που αντιμετωπίζουν [20]. Έτσι, η ανάπτυξη νέων και αποτελεσματικών αντιμικροβιακών θεραπειών εξακολουθεί να αποτελεί σημαντικό θέμα στις μέρες μας, κυρίως όσον αφορά την εναλλακτική θεραπευτική στρατηγική βασισμένη σε αντιμικροβιακά φυτικά παράγωγα [22]. Για τον έλεγχο της δημιουργίας ανθεκτικών βακτηρίων είναι εξαιρετικά σημαντική όχι μόνο η αποτελεσματική πρόληψη και ο έλεγχος των μολύνσεων αλλά και η παρακολούθηση της πρακτικής και της εφαρμογής των αντιμικροβιακών παραγόντων [23].

Κεφάλαιο 2

Εξωτερικές εφαρμογές

Η ενότητα αυτή αναφέρεται στις εξωτερικές εφαρμογές των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων που χρησιμοποιούνται στην ιατρική. Αρχικά γίνεται αναφορά στα μη εμφυτεύσιμα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, και ειδικότερα στον επίδεσμο, τη γάζα, τις οπτικές ίνες και την ιατρική (χειρουργική) μάσκα. Έπειτα παρουσιάζονται οι εξωτερικές συσκευές υποβοήθησης, και συγκεκριμένα το τεχνητό νεφρό και οι μηχανικοί πνεύμονες.

2.1 Μη Εμφυτεύσιμα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα

Τα ιατρικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα αποτελούν ένα από τα πιο δυναμικά πεδία έρευνας και αφορούν τα τεχνικά υφάσματα αλλά και το εύρος των εφαρμογών τους. Αντιπροσωπεύουν δομές σχεδιαζόμενες και προοριζόμενες για ιατρικές εφαρμογές και χρήσεις. Στην ουσία πρόκειται για υφάσματα που χρησιμοποιούνται σε βιολογικά συστήματα για την εκτίμηση, τη θεραπεία, την αύξηση ή την αναγέννηση ενός ιστού, οργάνου ή ακόμα και για τη σωστή λειτουργία του σώματος [24]. Ανάλογα με τη χρήση τους, τα ιατρικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα διακρίνονται σε [25]:

- Μη εμφυτεύσιμα ιατρικά προϊόντα
- Εμφυτεύσιμα ιατρικά προϊόντα
- Εξωσωματικά ιατρικά προϊόντα

Τα μη εμφυτεύσιμα ιατρικά προϊόντα, χρησιμοποιούνται για εξωτερική εφαρμογή στο σώμα με ή χωρίς επαφή με το δέρμα. Χρησιμοποιούνται επίσης για την προστασία από τη μόλυνση, την απορρόφηση και την έκκριση αίματος και την περίσσεια υγρών, για εφαρμογές επούλωσης κ.λπ. [24]. Εντούτοις, τα μη εμφυτεύσιμα προϊόντα πρέπει να πληρούν κάποιες βασικές προϋποθέσεις για την ασφαλή εφαρμογή τους, όπως [26]:

- Να είναι μη αλλεργιογόνα
- Να είναι αντικαρκινικά
- Να είναι αντιβακτηριακά
- Να είναι βιοσυμβατά
- Να είναι διαπερατά στον αέρα
- Να είναι μη τοξικά
- Να έχουν καλή ικανότητα στο να απορροφούν τα υγρά
- Να επιτρέπουν την μεταφορά της υγρασίας
- Να έχουν τη δυνατότητα να αποστειρωθούν

Τα μη εμφυτεύσιμα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα ιατρικής χρήσης προορίζονται κυρίως για την φροντίδα των πληγών και περιλαμβάνουν τα εξής: επιδέσμους, γάζες, στρώματα επαφής, οπτικές ίνες, ρόμπες, μάσκες, σεντόνια, επιθέματα, κ.λπ.[13].

2.1.1 Επίδεσμος

Ένας επίδεσμος είναι ένα κομμάτι υλικού που χρησιμοποιείται είτε για τη στήριξη μιας ιατρικής συσκευής όπως ντυσίματος ή νάρθηκα είτε και μόνο του για να παρέχει υποστήριξη ή να περιορίζει την κίνηση ενός μέρους του σώματος. Ένας επίδεσμος μπορεί να εφαρμόζεται απευθείας σε ένα τραύμα. Άλλοι πάλι, όπως οι ελαστικοί επίδεσμοι χρησιμοποιούνται για να μειώσουν το πρήξιμο ή να παρέχουν στήριξη σε ένα διάστρεμμα για παράδειγμα στον αστράγαλο. Σφιχτοί επίδεσμοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να επιβραδύνουν τη ροή του αίματος σε ένα άκρο, όπως όταν ένα πόδι ή ένας βραχίονας αιμορραγεί έντονα [24].

Οι επίδεσμοι προσφέρονται σε ένα ευρύ φάσμα τύπων, από τις γενικές λωρίδες υφασμάτων μέχρι τους εξειδικευμένους επιδέσμους που σχεδιάζονται για συγκεκριμένο άκρο ή μέρος του σώματος. Μερικοί από τους τύπους των επιδέσμων είναι οι κάτωθι [27]:

- Συγκολλητικός επίδεσμος
- Γάζας επίδεσμος
- Επίδεσμος συμπίεσης
- Τριγωνικός επίδεσμος
- Υγρός επίδεσμο

Για την αποτελεσματικότερη χρήση ενός επιδέσμου, θα πρέπει να πληρούνται οι εξής προδιαγραφές [24,27]:

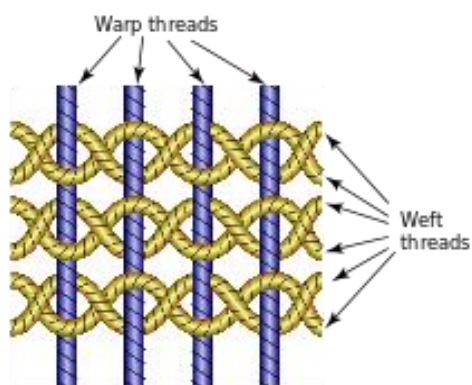
- Να διατηρείται στη θέση του, ανεξάρτητα από την κίνηση του σώματος
- Να τοποθετείται εύκολα σε οποιαδήποτε περιοχή του σώματος (χέρι ή πόδι, κλπ.)
- Να επιτρέπει την κατάλληλη κυκλοφορία του αέρα και να βοηθάει στην πρόληψη της οποιαδήποτε βακτηριακής ανάπτυξης
- Να είναι ευέλικτος για να μπορεί στηρίξει τα σημεία που συγκρατεί αλλά να επιτρέπει την κίνηση.

2.1.2 Γάζα

Η γάζα είναι ένα λεπτό, διαφανές ύφασμα με χαλαρή ύφανση. Με τεχνικούς όρους, η "γάζα" περιγράφεται ως μια δομή ύφανσης στην οποία τα νήματα είναι διατεταγμένα κατά ζεύγη και διασταυρώνονται διατηρώντας την ύφανση σε σταθερή θέση. Αυτός ο τρόπος ύφανσης χρησιμοποιείται για να προσθέσει σταθερότητα στη δομή, κάτι που είναι πολύ σημαντικό όταν χρησιμοποιούνται λεπτά νήματα τα οποία είναι διατεταγμένα χαλαρά σε απόσταση το ένα από το άλλο. Ωστόσο, αυτή η δομή ύφανσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί με οποιοδήποτε βάρος

νήματος και μπορεί να παρατηρηθεί σε διάφορα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα που κατασκευάζονται από χονδροειδή νήματα φυτικής ίνας [28].

Όταν χρησιμοποιείται ως ιατρικός επίδεσμος, η γάζα είναι γενικά κατασκευασμένη από βαμβάκι. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την επικάλυψη τραυμάτων όπου άλλα υφάσματα μπορεί να κολλήσουν στο έγκαυμα ή στη διάτρηση. Πολλές σύγχρονες ιατρικές γάζες είναι καλυμμένες με ένα πλαστικό πορώδες φιλμ όπως το Telfa ή ένα polyblend που εμποδίζει την άμεση επαφή και ελαχιστοποιεί την περαιτέρω πρόσφυση του τραύματος. Επίσης, μπορεί να εμποτιστεί με ένα παχύ, κρεμώδες μείγμα οξειδίου του ψευδαργύρου και καλαμίνης για τη διευκόλυνση της επούλωσης του τραύματος [27].



Εικόνα 3: Απεικόνιση πλέγματος ύφανσης της γάζας [29]

2.1.3 Οπτικές ίνες

Η οπτική ίνα είναι ένα εύκαμπτο, διαφανές νήμα το οποίο κατασκευάζεται από γυαλί (διοξείδιο του πυριτίου) ή πλαστικό με μια διάμετρο ελαφρώς μεγαλύτερη από εκείνη μιας ανθρώπινης τρίχας, (περίπου 8 mm). Οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται συχνότερα ως μέσο μετάδοσης του φωτός μεταξύ των δύο άκρων της και βρίσκουν ευρεία χρήση στις επικοινωνίες, όπου επιτρέπουν τη μετάδοση σε μεγαλύτερες αποστάσεις και με μεγαλύτερες ταχύτητες σε σχέση με συνηθισμένα ηλεκτρικά καλώδια [30].



Εικόνα 4: Απεικόνιση οπτικής ίνας [31]

Οι οπτικές ίνες καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών στον ιατρικό τομέα. Συχνά, τα προϊόντα οπτικών ινών στην ιατρική εφαρμογή τους, έχουν σχεδιαστεί ώστε να ανταπεξέρχονται με τον καλύτερο δυνατό τρόπο σε κάθε απαίτηση. Τα ιατρικά όργανα χρησιμοποιούν οπτικές ίνες σε διάφορες εφαρμογές τους, όπως είναι ο φωτισμός και το λέιζερ [30].

Ένα μεγάλο μέρος των οπτικών ινών που χρησιμοποιείται σε αυτές τις εφαρμογές υποστηρίζει τον φωτισμό θέσης είτε ως ενσωματωμένο στοιχείο ενός οργάνου είτε ως μεμονωμένη φωτεινή πηγή. Κάποιες από τις εφαρμογές είναι [32]:

- Φώτα εξέτασης
- FO προβολέα
- Ωροσκόπιο κτηνιάτρου
- Λαρυγγοσκόπιο (φωτισμός λεπίδας)
- Ανοσοσκόπιο (με δακτυλιοειδή φωτισμό)
- Ωτοσκόπιο
- Διόφθαλμο έμμεσο οφθαλμοσκόπιο
- Αμνιοσκόπιο
- Φωτισμός μικροσκοπίου
- Καρδιακός καθετήρας

2.1.4 Ιατρική (χειρουργική) μάσκα

Μια χειρουργική μάσκα, προορίζεται να φορεθεί από επαγγελματίες υγείας κατά τη διάρκεια μιας χειρουργικής επέμβασης αλλά και σε ορισμένες διαδικασίες υγειονομικής περίθαλψης για να εμποδίσει τους παθογόνους μικροοργανισμούς να μεταφερθούν με τα σταγονίδια του σάλιου. Η πρώτη καταγεγραμμένη χρήση της ήταν από το Γάλλο χειρουργό Paul Berger κατά τη διάρκεια μιας εγχείρησης του το 1897 στο Παρίσι. Οι σύγχρονες χειρουργικές μάσκες κατασκευάζονται από χαρτί ή άλλο μη υφασμένο υλικό και πρέπει να πετάγονται μετά από κάθε χρήση [33].

Προστατεύουν τους χρήστες από τη μετάδοση μολυσματικών ασθενειών και εμποδίζουν τη μετάδοση σωματικών υγρών (π.χ. του ασθενή και του γιατρού). Επίσης, υπενθυμίζουν στους χρήστες να μην αγγίζουν το στόμα ή τη μύτη τους, οι οποίες αποτελούν εστίες μόλυνσης και θα μπορούσαν διαφορετικά να μεταφέρουν ιούς και βακτήρια. Μπορούν επίσης να μειώσουν την εξάπλωση των μολυσματικών σταγονιδίων από το βήχα ή το φτέρνισμα, που μεταφέρουν βακτηρίδια ή ιούς [34].

Ο σχεδιασμός των χειρουργικών масκών εξαρτάται από τη λειτουργία τους. Συνήθως οι μάσκες αποτελούνται από 3 φύλλα / 3 στρώματα. Το μεσαίο στρώμα είναι κατασκευασμένο από ίνες από γυαλί ή συνθετικές μικροΐνες. Οι άλλες δύο πλευρές κατασκευάζονται με ακρυλικό συγκολλημένο παράλληλο υφασμένο ή μη υφασμένο ύφασμα. Το υλικό τριών στρωμάτων αποτελείται από ένα υλικό εμφύσησης τήγματος τοποθετημένο μεταξύ μη υφασμένου υφάσματος. Το υλικό εμφύσησης με τήξη λειτουργεί ως το φίλτρο που εμποδίζει τα μικρόβια να εισέλθουν ή να εξέλθουν από τη μάσκα. Οι περισσότερες χειρουργικές μάσκες έχουν πτυχές. Συνήθως χρησιμοποιούνται 3 πτυχές, που επιτρέπουν στο χρήστη να επεκτείνει τη μάσκα, ώστε να καλύπτει την περιοχή από τη μύτη στο πηγούνι [27].



Εικόνα 5: Τυπικές χειρουργικές μάσκες με τρία φύλλα. [35]

Κεφάλαιο 3

Εσωτερικές εφαρμογές κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων για ιατρικές εφαρμογές

Σε αντίθεση με τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, που χρησιμοποιούνται για εξωτερικές εφαρμογές, τόσο ως προς τα χαρακτηριστικά αλλά και τον τρόπο χρήσης τους, οι εσωτερικές εφαρμογές (εμφυτεύσιμα προϊόντα), χρησιμοποιούνται με σκοπό να επιδιορθώσουν ή να βοηθήσουν την αποκατάσταση σωματικών βλαβών με έναν συγκεκριμένο τρόπο [38].

Τα εμφυτεύσιμα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, συμπεριλαμβανομένων των ραμμάτων, των βαλβίδων καρδιάς, των δικτυωτών πλεγμάτων, των τεχνητών συνδέσμων, των αγγειακών μοσχευμάτων και των τεχνητών αρθρώσεων, τείνουν να παρέχουν εξαιρετικά εξειδικευμένες, εξ ολοκλήρου βασισμένες σε επιδόσεις, εφαρμογές. Δεδομένου ότι τα εμφυτεύσιμα αυτά προϊόντα πρόκειται να εισαχθούν στο ανθρώπινο σώμα, είναι κατανοητό ότι κάθε συσκευή πρέπει σαφώς να διαθέτει καθορισμένες τεχνικές προδιαγραφές [39].

Στις Ηνωμένες Πολιτείες για παράδειγμα, απαιτούνται εκτεταμένες πιστοποιήσεις, διαδικασίες έγκρισης, όπως και ποιοτικά πρότυπα παραγωγής και ανιχνευσιμότητας. Επίσης, όλες οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή αυτών των προϊόντων, θα πρέπει να περάσουν από παρόμοιους ελέγχους και εγκρίσεις [39].

3.1 Εμφυτεύσιμα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα

Τα εμφυτεύσιμα κλωστοϋφαντουργικά μπορούν να κατασκευαστούν είτε από απορροφήσιμες είτε από μη απορροφήσιμες ίνες. Οι απόρροφήσιμες ίνες σχεδιάζονται και παράγονται από πολυμερή που αποσυντίθενται και απορροφούνται ή περνούν στο ανθρώπινο σώμα. Αντιστρόφως, οι μη απορροφήσιμες ίνες δεν αποσυντίθενται στο σώμα και όταν εμφυτεύονται γίνονται μόνιμες προσθήκες, εκτός αν αφαιρεθούν φυσικά, σε μεταγενέστερη ημερομηνία [38].

Τα εμφυτεύσιμα συστατικά προσπαθούν να μιμηθούν τις φυσικές δομές του σώματος και αποσκοπούν στην προώθηση μιας γρήγορης ολοκλήρωσης, όταν χρησιμοποιούνται. Για να μιμηθούν τη λειτουργικότητα του σώματος, έχουν κατασκευαστεί με σταθερότητα διαστάσεων, ελαστικότητα, είναι πορώδεις και έχουν και άλλες ειδικές φυσικές απαιτήσεις ανάλογα με την εφαρμογή τους. Τα εμφυτεύσιμα κύτταρα πρέπει να είναι βιοσυμβατά, μη τοξικά, αντι-αλλεργικά και αντιβακτηριακά κατά τη διάρκεια της χρήσης του κύκλου ζωής τους [38].

Όλα τα εμφυτεύσιμα προϊόντα συνήθως περνούν από μια εκτεταμένη και συγκεκριμένη διαδικασία πιστοποίησης, η οποία είναι ειδική για κάθε εφαρμογή. Σε πολλές περιπτώσεις, μπορεί να χρειαστούν χρόνια για να χαρακτηριστεί ένα προϊόν, πριν από την παραγωγή του και επίσης μπορεί να είναι πολύ δαπανηρή [38].

Πίνακας 1: Εμφυτεύσιμα προϊόντα [40]

Εφαρμογή προϊόντος	Τύπος ινών	Κατασκευαστικό σύστημα
Ράμματα		
Βιοαποικοδομήσιμο	Κολλαγόνο, πολυλακτίδιο, πολυγλυκολίδιο	Μονόινα νήματα, πλεγμένα
Μη βιοαποικοδομήσιμο	Πολυαμίδιο, πολυεστέρας, PTFE, πολυπροπυλένιο, χάλυβας	Μονόινα νήματα, πλεγμένα
Εμφυτεύματα μαλακών μορίων		
Τεχνητό τένοντα	PTFE, πολυεστέρα, πολυαμίδιο, μετάξι, πολυαιθυλένιο	Υφαντά, πλεγμένα
Τεχνητός σύνδεσμος	Πολυεστέρας, άνθρακας	Πλεκτά
Τεχνητό χόνδρο	LDPE	Μη υφασμένα
Τεχνητό δέρμα	Χιτίνη	Μη υφασμένα
Φακοί επαφής με τα μάτια / τεχνητός κερατοειδής	Πολυμεθυλμεθακρυλικός εστέρας, Cilicone, κολλαγόνο	
Ορθοπαιδικά εμφυτεύματα		
Τεχνητές αρθρώσεις / κόκαλα	Σιλικόνη, πολυακετάλη, πολυαιθυλένιο	
Καρδιαγγειακά εμφυτεύματα		
Αγγειακά μοσχεύματα	PET, PTFE	Πλεκτά, υφασμένα
Βαλβίδες καρδιάς	PET	Πλεκτά, υφασμένα

3.2 Ράμματα – απορροφήσιμα και μη απορροφήσιμα

Τα εμφυτεύσιμα ιατρικά υφαντικά υλικά είναι αυτά τα οποία μπορούν να εμφυτευθούν στο ανθρώπινο σώμα. Αυτά μπορεί να είναι είτε βιοαπορροφήσιμα, είτε μη βιοαπορροφήσιμα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα κλωστουφαντουργικών προϊόντων που προορίζονται για εσωτερική εφαρμογή, αποτελούν τα ιατρικά ράμματα [38].

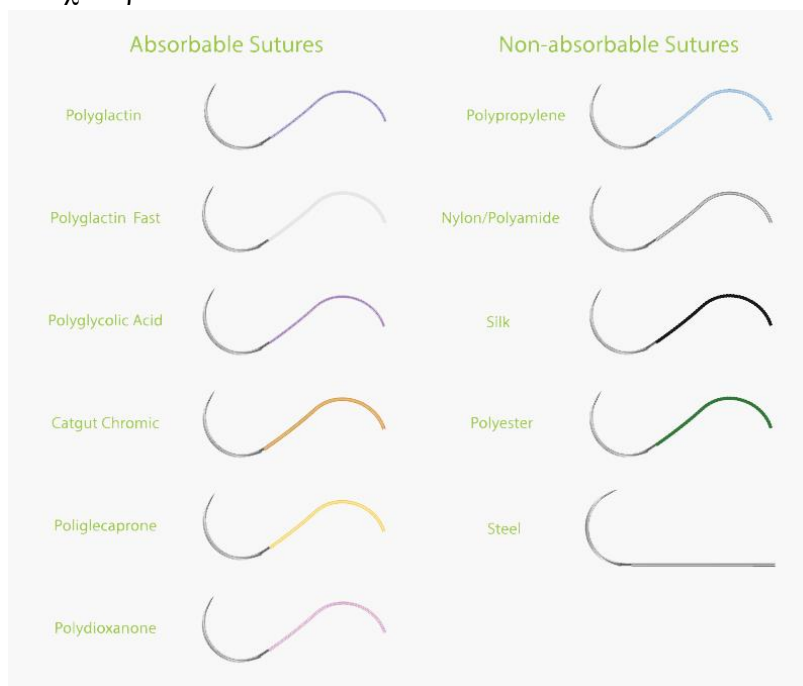
Τα ράμματα είναι μονόκλινα ή πολυκλινα νήματα που χρησιμοποιούνται για να κλείνουν τα τραύματα, να ενώνουν τους ιστούς και να δέχονται τα αιμοφόρα αγγεία. Τα ράμματα μπορούν να χωριστούν σε δύο τύπους: α) τα απορροφήσιμα τα οποία θα διασπαστούν ακίνδυνα στο σώμα με την πάροδο του χρόνου, χωρίς καμία παρέμβαση και β) αυτά που είναι μη απορροφήσιμα και πρέπει να αφαιρεθούν με το χέρι εάν δεν αφεθούν επ' αόριστον [41]. Ο

τύπος ράμματος που χρησιμοποιείται ποικίλλει ανάλογα με τη λειτουργία, με τα κύρια κριτήρια να είναι οι απαιτήσεις της θέσης και του περιβάλλοντος και εξαρτάται κυρίως από τη διακριτικότητα και την επαγγελματική εμπειρία των χειρουργών [42].

Τα ράμματα που θα τοποθετηθούν εσωτερικά απαιτούν εκ νέου άνοιγμα του τραύματος, σε περίπτωση που πρέπει να αφαιρεθούν. Τα ράμματα που βρίσκονται στο εξωτερικό του σώματος μπορούν να αφαιρεθούν μέσα σε λίγα λεπτά και χωρίς να ανοίξει εκ νέου το τραύμα. Ως αποτέλεσμα λοιπόν, τα απορροφήσιμα ράμματα χρησιμοποιούνται συχνά εσωτερικά, ενώ τα μη απορροφήσιμα, εξωτερικά [41].

Τα ράμματα που πρόκειται να τοποθετηθούν σε κάποια όργανα, όπως για παράδειγμα η καρδιά (σταθερή πίεση και κίνηση) ή η ουροδόχος κύστη (δυσμενής χημική παρουσία) μπορεί να απαιτούν εξειδικευμένα ή ισχυρότερα υλικά για να εκτελέσουν το ρόλο τους. Συνήθως αυτά τα ράμματα είτε είναι ειδικά επεξεργασμένα είτε είναι κατασκευασμένα από ειδικά υλικά και συχνά δεν είναι απορροφήσιμα, για να μειώσουν τον κίνδυνο υποβάθμισης. Το υλικό από το οποίο κατασκευάζονται μπορεί να είναι τα κάτωθι [42]:

- Στα απορροφήσιμα ράμματα περιλαμβάνονται: ράμματα Πολυγλυκολικού Οξέος, Polyglactin 910, Catgut, Poliglecaprone 25 και ράμματα Πολυδιοξανόνης.
- Στα μη απορροφήσιμα ράμματα περιλαμβάνονται: ράμματα από πολυπροπυλένιο, νάιλον (πομυλαμίδιο), πολυεστέρα, PVDF, μεταξωτά ράμματα και ράμματα από ανοξείδωτο χάλυβα.



Εικόνα 6: Τύποι ραμμάτων [43]

3.3 Τεχνητές αρθρώσεις

Αν και ο φυσικός τρόπος για την αντικατάσταση ενός ελαττωματικού τμήματος του σώματος θα ήταν η μεταμόσχευση, αυτό δεν είναι πάντοτε εφικτό για πολλούς λόγους. Ως εκ τούτου, οι γιατροί χρησιμοποιούν ένα τεχνητό υποκατάστατο (βιοϋλικά) όπως συνιστούν τα βιοτεχνολογικά. Ένα ξένο ή συνθετικό υλικό ή ένα μέρος που χρησιμοποιείται για την αντικατάσταση ενός τμήματος σώματος αναφέρεται ως πρόθεση. Οι περισσότεροι άνθρωποι χρησιμοποιούν τεχνητά γόνατα ή γοφούς. Πρόσφατες αναφορές δείχνουν ότι 1 στους 10 Αμερικανούς έχει μια εμφυτευμένη ιατρική συσκευή [44].

Οι ορθοπεδικές αρθρώσεις χρησιμοποιούνται για ασθενείς που πάσχουν από αρθρίτιδα και τυχαία βλάβη των αρθρώσεων. Οι αρθρώσεις κατασκευάζονται έτσι ώστε να είναι συμβατές με το ανθρώπινο σώμα. Οι τεχνητές αρθρώσεις κατασκευάζονται κυρίως από τιτάνιο, ανοξείδωτο χάλυβα, κοβάλτιο και χρώμιο, υλικά τα οποία παρουσιάζουν συμβατότητα με το ανθρώπινο σώμα. Το τεχνικό κλωστοϋφαντουργικό εξάρτημα στις αρθρώσεις, είναι το υλικό πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας και υψηλού μοριακού βάρους. Για την κατασκευή των τεχνητών αρθρώσεων ή οστών, χρησιμοποιούνται κυρίως πολυαιθυλένιο υψηλής περιεκτικότητας, υψηλού μοριακού βάρους, άνθρακας ή πολυακετάλη [44].

3.4 Αγγειακά εμφυτεύματα

Ο αριθμός των αγγειακών εμφυτευμάτων που χρησιμοποιούνται στη χειρουργική θεραπεία ασθενειών αυξάνεται σταθερά τα τελευταία 20 χρόνια και πλέον θεωρείται μια κοινή διαδικασία. Τα αγγειακά εμφυτεύματα αντικαθιστούν ή παρακάμπτουν μέρος ενός αιμοφόρου αγγείου, κυρίως αρτηρίες και λειτουργούν με παρόμοιο τρόπο με τα φυσικά αιμοφόρα αγγεία. Το αγγειακό μόσχευμα στην ουσία είναι μια τεχνητή φλέβα ή αρτηρία που χρησιμοποιείται για την αντικατάσταση τμημάτων του φυσικού καρδιαγγειακού συστήματος που είναι αποκλεισμένα ή εξασθενημένα. Τα μοσχεύματα εμφυτεύονται για να παρακάμψουν τα μπλοκαρίσματα και να επαναφέρουν την κυκλοφορία [40].

Ωστόσο, ενώ έχει σημειωθεί πρόοδος στη χειρουργική επέμβαση αγγειακών νόσων, τα αγγειακά εμφυτεύματα είναι ακόμη ευαίσθητα σε θρομβώσεις, αποφράξεις και μολύνσεις που προκαλούνται από την προσρόφηση πρωτεϊνών και κυττάρων και την ενεργοποίηση της πήξης. Σοβαρά μεταχειρουργικά προβλήματα εμφανίζονται σε περίπου 10% των χειρουργικών ασθενών, οι οποίες περιλαμβάνουν περίπου 2% ποσοστό λοιμώξεων αγγειακού μοσχεύματος. Ως αποτέλεσμα, ορισμένα μοσχεύματα πρέπει να αντικατασταθούν μόνο λίγους μήνες μετά την εμφύτευσή τους. Τα μοσχεύματα με ευθεία ή διακλάδωση, χρησιμοποιούν κυρίως την τεχνολογία πλεξίματος υφασμιού. Τα πλεκτά αγγειακά μοσχεύματα έχουν πορώδη δομή, που επιτρέπουν στο μόσχευμα να εγκλείεται με νέο ιστό. Το μειονέκτημα είναι ότι αυτό μπορεί να προκαλέσει αιμορραγία μέσω των διαστημάτων, αμέσως μετά την εμφύτευση [40].

3.5 Χρήση φυσικών πολυσακχαριτών στην εφαρμογή ιατρικών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων

Οι πολυσακχαρίτες αποτελούνται από πολλές μονάδες μονοσακχαριτών που συνδέονται το ένα με το άλλο με μια σύνδεση ακετάλης, για να δώσουν μια μακρά αλυσίδα. Πολυσακχαρίτες, όπως για παράδειγμα η κυτταρίνη, το άμυλο, η χιτίνη, συγκαταλέγονται στα πολυμερή που αποτελούν τα θεμελιώδη συστατικά της ζωής και συνιστούν ένα σημαντικό ποσοστό της βιομάζας της Γης. Αυτά τα πολυμερή υδατανθράκων αποτελούν το μεγαλύτερο τμήμα όλων των διαθέσιμων πολυμερών και ως εκ τούτου παρουσιάζουν το μεγαλύτερο δυναμικό ως εναλλακτικές πηγές πρώτης ύλης, στις προσπάθειες αντικατάστασης των πολυμερών με βάση το πετρέλαιο [45].

Δύο από τους πιο συνηθισμένους πολυσακχαρίτες που έχουν χρησιμοποιηθεί σε ιατρικές εφαρμογές σε κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα είναι η χιτοζάνη και η β-κυκλοδεξτρίνη. Η χιτοζάνη έχει χρησιμοποιηθεί ως νέος παράγοντας φινιρίσματος στην εφαρμογή ιατρικών υφασμάτων. Επίσης έχει χρησιμοποιηθεί και ως αντιμικροβιακός παράγοντας επίστρωσης στη σύγχρονη οδοντιατρική για τη θεραπεία της στοματικής οδοντοστοιχίας [45].

Η β-κυκλοδεξτρίνη (β-CD) έχει χρησιμοποιηθεί για την απελευθέρωση φαρμάκου σε φαρμακευτική εφαρμογή. Η πολύ χαμηλή υδατοδιαλυτότητα αμφοτέρων των αντιμυκητιασικών παραγόντων (νιτρική εκοναζόλη και κυκλοπυροξαλαμίνη) δεν επιτρέπει την παρασκευή ενός συμπυκνωμένου αποθέματος διαλύματος. Επομένως, η συμπλοκοποίηση με β-CD έχει βελτιώσει τις υδατικές διαλυτότητες αμφοτέρων των φαρμάκων χωρίς τροποποίηση των αρχικών δομών τους, και ως εκ τούτου αυξάνει τη βιοδιαθεσιμότητα τους. Επιπλέον τα συμπλέγματα β-κυκλοδεξτρίνης εμφανίζουν αντιμυκητιακή επίδραση έναντι του *Candida albicans* DSM 11225 και της *Candida krusei* ATCC 6258 [46].

Κεφάλαιο 4

Αντιμικροβιακή προστασία

Το αντιμικροβιακό είναι ένας παράγοντας που σκοτώνει τους παθογόνους μικροοργανισμούς ή αναστέλλει την ανάπτυξή τους. Οι αντιμικροβιακές ίνες συνιστούν υφάσματα στα οποία έχουν εφαρμοστεί αντιμικροβιακοί παράγοντες, είτε στην επιφάνειά τους, είτε μέσα στις ίνες. Τα πρόσθετα μπορούν να εισαχθούν στην ίνα κατά την περιστροφή ή την εξώθηση, σε συνδυασμό με χρωστικές ή να εφαρμοστούν ως διαδικασία φινιρίσματος. Η επιλεγείσα μέθοδος προσδιορίζεται από διάφορους παράγοντες που περιλαμβάνουν την τελική χρήση του υφάσματος, την ικανότητα του κατασκευαστή και τον προϋπολογισμό [52].

4.1 Μικροοργανισμοί και κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα

Τα Εθνικά Ινστιτούτα Υγείας αναφέρουν ότι τα μικρόβια υπερβαίνουν κατά πολύ τα κύτταρα των ανθρώπων και συγκεκριμένα σε αναλογία 10 προς 1. Εντούτοις, δεν είναι όλα τα μικρόβια επιβλαβή, αλλά η αναστολή της μη ελεγχόμενης ανάπτυξης τους στη σύγχρονη κοινωνία μπορεί να έχει κρίσιμη σημασία. Οι μύκητες πολλαπλασιάζονται γρήγορα και μπορούν να οδηγήσουν σε δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία [53]. Μια μελέτη του 2016 από τον Morais και τους συνεργάτες του διαπίστωσε ότι μερικοί πληθυσμοί βακτηρίων μπορεί να διπλασιάζονται κάθε 20 έως 30 λεπτά υπό ιδανικές συνθήκες, πράγμα που σημαίνει ότι ένα μόνο κύτταρο βακτηριδίων μπορεί να αυξηθεί σε 1.048.576 κύτταρα σε μόλις επτά ώρες [52].

Η μεγάλη επιφάνεια των υφασμάτων και η ικανότητα συγκράτησης της υγρασίας επιτρέπουν την ανάπτυξη μικροοργανισμών. Αυτή η ανάπτυξη οδηγεί σε πλήθος δυσάρεστων επιδράσεων τόσο για το υλικό όσο και για τον τελικό χρήστη. Η ανάπτυξη μικροοργανισμών μειώνει τη μηχανική αντοχή, λερώνει το ύφασμα και επιτρέπει σε άλλες, πιο επιβλαβείς οικογένειες μικροβίων να αναπτυχθούν. Αυτός είναι ένας από τους λόγους για τους οποίους τα ενδύματα συσκευάζονται σε αεροστεγείς δέσμες. Ένα επιβλαβές μικρόβιο σε ένα περιβάλλον με υψηλά ποσοστά υγρασίας (π.χ. εμπορευματοκιβώτιο) μπορεί να καταστρέψει ολόκληρη την αποστολή κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων [52].

Η επίδραση στην υγεία του τελικού χρήστη είναι ακόμα πιο σημαντική. Η ανεξέλεγκτη ανάπτυξη μικροβίων οδηγεί σε οσμές, μόλυνση και πιθανότητα σε εκδήλωση ασθενειών. Δεδομένου ότι τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, ιδιαίτερα αυτά που κατασκευάζονται από φυσικές ίνες, παρέχουν ένα εξαιρετικό περιβάλλον για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών, η ανάγκη προστασίας και διατήρησής τους είναι θεμελιώδης [53]. Επομένως, αυτές οι ίνες έχουν καίρια σημασία στις ιατρικές εφαρμογές.

Η σαφής κατανόηση των μικροοργανισμών, ποιοι είναι, από που προέρχονται και γιατί αναπτύσσονται σε ορισμένα κλωστοϋφαντουργικά υλικά, μας παρέχουν μια βάση για τον έλεγχο αυτών και των αρνητικών επιπτώσεών τους. Αυτή η δυνατότητα ελέγχου, με τη σωστή τεχνολογία, μπορεί να προσφέρει ένα πολύτιμο χαρακτηριστικό σε ένα ευρύ φάσμα υφασμάτων [54].

Πίνακας 2: Τύποι βακτηρίων και μυκητών [54]

	Τύπος βακτηρίων	Τύπος μυκήτων
1	Staphylococcus pyogens	PenicilliumFuniculosum
2	Η ασθένεια του σταφυλοκοκου	Aspergillusniger
3	Pseudomonas aeruginosa	Chaetomiunglolosum
4	Αρνητικοί στην πηκτίνη Staphylococci	Aureobasidiumpullulans
5	Εντερόκοκκοι	TrichodermaSporogenes
6	Escherichia coli	Επιδερμοφύλλη

Πίνακας 3: Αντιβακτηριακά χημικά [54]

Τύποι	Χημικές ουσίες
Ανόργανες χημικές ουσίες και ενώσεις μετάλλων	Αργυρός ζεόλιθος, οξειδιο τιτανίου, πυριτικό άργυρο, διαλυτή σκόνη από γυαλί με μεταλλικά ιόντα, σουλφονικό άλας αργύρου, σουλφονικό χαλκό-φθαλοζυανικό άλας
Tenside	Οργανικό πυρίτιο με άλατα τριτοταγούς αμμωνίου
Φαινόλη	Biozol, Thimol, άλας νατρίου αλκυλενοδισφαινόλης
Ανιλίνη	3,4,4-τριχλωροκαρβανιλίνη
Φυσικά προϊόντα	Χιτοσάν

4.2 Αντιμικροβιακά φινιρίσματα

Η εφαρμογή φυσικών αντιμικροβιακών παραγόντων στα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα χρονολογείται από την αρχαιότητα, όταν οι αρχαίοι Αιγύπτιοι χρησιμοποίησαν μπαχαρικά και βότανα για να διατηρήσουν τα σώματα των νεκρών τους. Πριν από εκατοντάδες χρόνια, οι Κινέζοι χρησιμοποίησαν το μπαμπού - το οποίο περιέχει μια αντιμικροβιακή ουσία που ονομάζεται μπαμπού - kun - σε δομές στέγασης και σχεδιασμό [52]. Αν και η χρήση αντιμικροβιακών είναι γνωστή εδώ και δεκαετίες, μόνο τα τελευταία δύο χρόνια έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες για την τελική επεξεργασία κλωστοϋφαντουργικών με αντιμικροβιακές ενώσεις.

Η αντιμικροβιακή επεξεργασία κλωστοϋφαντουργικών υλικών είναι απαραίτητη για την επίτευξη των ακόλουθων στόχων [54]:

- Για τον έλεγχο των μικροοργανισμών.
- Προστασία από ιικές λοιμώξεις που προκαλούνται από παθογόνα βακτήρια.
- Βελτιστοποίηση του ρυθμού μεταβολισμού στα μικρόβια για τη μείωση της οσμής

Τα ενδύματα υποτίθεται ότι παρουσιάζουν την μεγαλύτερη φθορά κατά τη διάρκεια της χημικής επεξεργασίας και του χρόνου συντήρησης. Για την ικανοποιητική εκτέλεση του φινιρίσματος θα πρέπει να πληρούνται τα ακόλουθα [54] :

- Ανθεκτικότητα στη πλύση, στεγνό καθάρισμα και διαδικασία θερμής πίεσης.
- Δεν πρέπει να είναι επικίνδυνο για τον παραγωγό, τον τελικό χρήστη και τις περιβαλλοντικές συνθήκες.
- Καταλληλότητα με τις διάφορες χημικές διεργασίες.
- Ευκολία εφαρμογής.
- Διατήρηση της ποιότητας του υφάσματος.
- Αποφυγή με τα σωματικά υγρά.
- Αποφυγή απολύμανσης / αποστείρωσης.

Η χημική ουσία που χρησιμοποιείται ως αντιμικροβιακή δράση, μπορεί να εφαρμοστεί στο υφαντό υλικό με τεχνικές εξάτμισης, ξηράνσεως, επίστρωσης, ψεκασμού και αφρού. Οι ουσίες μπορούν επίσης να εφαρμοστούν με άμεση προσθήκη στο διογκωτικό στρώμα ινών. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι για τη βελτίωση της μονιμότητας του φινιρίσματος, όπως [54]:

- Αδιαλυτοποίηση των ικανών ουσιών εντός / επί των ινών.
- Εφαρμογή ρητίνης στην ίνα και βελτίωση της πρόσφυσης με παράγοντες σταυρωτής σύνδεσης.
- Προστασία της μήτρας των ινών με μικροκάλυψη, με τη βοήθεια των μικροβιακών παραγόντων.
- Εφαρμογή φινιρίσματος στην επιφάνεια των ινών.
- Τροποποίηση της χημικής δομής της ίνας με σχηματισμό του ομοιοπολικού δεσμού.

- Εφαρμογή νανο-πολυμερών, ομο-πολυμερών και / ή συμπολυμερούς σε υπόστρωμα.

4.3 Νανοβιοτεχνολογία και αποτροπή τοξικότητας κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων

Η χρήση των διαδικασιών που βασίζονται σε νανοϋλικά και την νανοτεχνολογία, αυξάνεται με τεράστιο ρυθμό σε όλους τους τομείς της επιστήμης και της τεχνολογίας. Η κλωστοϋφαντουργία βιώνει επίσης τα οφέλη της νανοτεχνολογίας στον τομέα των εφαρμογών της. Τα νανοπροϊόντα με βάση τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα που ξεκινούν από νανოსύνθετες ίνες, σε ευφυή πολυμερή υψηλών επιδόσεων, συνιστούν προηγμένες εφαρμογές υψηλής απόδοσης, αλλά και νανοσωματίδια χρησιμοποιούνται επιτυχώς σε συμβατικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα για να προσδώσουν νέες λειτουργίες και βελτιωμένες επιδόσεις [55].

Μεγαλύτερη επαναληψιμότητα, αξιοπιστία και ευρωστία είναι τα κύρια πλεονεκτήματα της νανοτεχνολογικής εξέλιξης των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. Η εφαρμογή των νανοσωματιδίων κατά τη διάρκεια συμβατικών τεχνικών επεξεργασίας κλωστοϋφαντουργικών, όπως η τελική επεξεργασία, η επικάλυψη και η βαφή, βελτιώνει την πολλαπλή απόδοση του προϊόντος και μεταδίδει μέχρι τώρα σημαντικές λειτουργίες. Νέες τεχνικές επικάλυψης όπως sol-gel, πολυμερισμός πλάσματος κ.λπ. μπορούν να αναπτύξουν πολυλειτουργικότητα, νοημοσύνη, εξαιρετική αντοχή και ανθεκτικότητα στις καιρικές συνθήκες στα υφάσματα [55].

Η στάση των καταναλωτών απέναντι στην υγιεινή και τον ενεργό τρόπο ζωής δημιούργησε μια ταχέως αναπτυσσόμενη αγορά για ένα ευρύ φάσμα αντιμικροβιακών υφασμάτων, γεγονός που με τη σειρά του έχει ενθαρρύνει την εντατική έρευνα και ανάπτυξη. Ως αποτέλεσμα, ο αριθμός των βιολειτουργικών υφασμάτων με αντιμικροβιακή δράση έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια. Στο μέλλον, τα βιοϊατρικά προϊόντα θα είναι πιθανώς η μεγαλύτερη εφαρμογή αντιμικροβιακών υφασμάτων, καθώς βρίσκουν εφαρμογές πρόληψης. Πολλοί αντιμικροβιακοί παράγοντες έχουν δοκιμαστεί σε κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα. Έχουν ισχυρή βακτηριοκτόνο δράση όπως υποδεικνύεται από την τιμή MIC. Ωστόσο, η πλειοψηφία έχει μειωμένο φάσμα μικροβιακής αναστολής και μπορεί να προκαλέσει ερεθισμό του δέρματος, οικοτοξικότητα και αντοχή βακτηρίων [53].

Επιπλέον, το βιοκτόνο μπορεί να χάσει σταδιακά τη δραστηριότητά του κατά τη χρήση και την πλύση του υφάσματος. Επιπλέον, η φθορά αυτών των υφασμάτων με συνεχή τρόπο μπορεί να οδηγήσει σε ευαισθητοποίηση και αντίσταση σε βακτήρια. Ως αποτέλεσμα, και για την ελαχιστοποίηση αυτών των κινδύνων, υπάρχει μεγάλη ζήτηση για αντιμικροβιακά υφάσματα που βασίζονται σε μη τοξικούς και φιλικούς προς το περιβάλλον παράγοντες. Λόγω της σχετικά χαμηλής επίπτωσης των δυσμενών επιδράσεων των φυσικών προϊόντων σε σύγκριση με τα συνθετικά φαρμακευτικά προϊόντα, μπορούν να αξιοποιηθούν ως εναλλακτική λύση για εφαρμογές κλωστοϋφαντουργίας. Η καινοτόμος νανοβιοτεχνολογική προσέγγιση που

βασίζεται στην εφαρμογή φυσικών αμυντικών αμινοξέων και πεπτιδίων, ως αντιμικροβιακών παραγόντων για τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, συνιστά την καλύτερη ίσως επιλογή. Επιπλέον, οι φυσικοί αντιμικροβιακοί παράγοντες που βασίζονται σε πεπτίδια για τη βιολειτουργικότητα των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων σε νανοκλίμακα, δεν θα μπορούσαν να βρουν μόνο μια σφαίρα επιρροής στον τομέα της ευεξίας, αλλά έχουν τη φιλοδοξία να χρησιμοποιηθούν, ως εργαλεία προφύλαξης και θεραπείας [53].

Κεφάλαιο 5

Νανοϊνες

Οι νανοϊνες είναι ίνες με διάμετρο στην περιοχή νανομέτρων. Οι νανοϊνες μπορούν να παραχθούν από διαφορετικά πολυμερή και ως εκ τούτου έχουν διαφορετικές φυσικές ιδιότητες και δυνατότητες εφαρμογής. Παραδείγματα φυσικών πολυμερών περιλαμβάνουν κολλαγόνο, κυτταρίνη, ινώδη μετάξι, κερατίνη, ζελατίνη και πολυσακχαρίτες, όπως χιτοζάνη και αλγινικό [56].

Παραδείγματα συνθετικών πολυμερών περιλαμβάνουν πολυ (γαλακτικό οξύ) (PLA), πολυκαπρολακτόνη(PCL), πολυουρεθάνη (PU) πολύ (γαλακτικό-συν-γλυκολικό οξύ) (PLGA), πολυ (3-υδροξυβουτυρικό-συν-3-υδροξυβαλερικό) (PHBv) και πολύ (αιθυλενο-συν-βινυλοξαικό) [56]. Οι αλυσίδες πολυμερών συνδέονται μέσω ομοιοπολικών δεσμών. Οι διάμετροι των νανοϊνών εξαρτώνται από τον τύπο του χρησιμοποιούμενου πολυμερούς και τη μέθοδο παραγωγής [57].

Όλες οι πολυμερείς νανοϊνες είναι ξεχωρίζουν για τη μεγάλη αναλογία επιφάνειας προς όγκο, το υψηλό πορώδες, την αξιοσημείωτη μηχανική αντοχή που επιδεικνύουν και την ευελιξία στη λειτουργικότητα τους, σε σύγκριση με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά των μικροϊνών τους [58].

5.1 Ηλεκτροσυσσωμάτωση και νανοϊνες

Οι νανοϊνες παρουσιάζουν ένα ιδιαίτερο ενδιαφέρον στον τομέα της νανοϊατρικής λόγω της ομοιότητας τους με την εξωκυτταρική μήτρα (ECM). Όπως συμβαίνει με τα νανοσωματίδια, έτσι και ο υψηλότερος λόγος επιφάνειας προς τον όγκο αλλά και η δυνατότητα προσαρμογής των πολυμερών που χρησιμοποιούνται στη σύνθεση, είναι ιδιαίτερος ευεργετικά. Η αρχιτεκτονική μπορεί να προσαρμοστεί σε σχέση με το πορώδες, τη διάμετρο ινών, τις μηχανικές ιδιότητες, τη δομή ή τη διάταξη ινών και τη λειτουργικοποίηση, μεταξύ άλλων μεταβλητών [59].

Μια τεχνική που έχει κερδίσει μεγάλη δημοτικότητα για τη σύνθεση νανοϊνών, είναι η ηλεκτροσυσσωμάτωση, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή μεμβρανών διήθησης, καταλυτικών νανοϊνών και κριωμάτων μηχανικής ιστών [59]. Η ηλεκτροσυσσωμάτωση είναι μια διαδικασία η οποία περιλαμβάνει τα εξής [60]:

- Ένα εγγενώς πολύπλοκο υλικό πολλαπλών συστατικών όπως συνιστά το διάλυμα πολυμερούς
- Έναν ηλεκτρικό εξοπλισμό που συχνά περιλαμβάνει βελόνες, σύριγγες και μηχανοκίνητα στοιχεία για τον προσεκτικό έλεγχο των ρυθμών ροής καθώς και γεννήτριες που παρέχουν υψηλές τάσεις

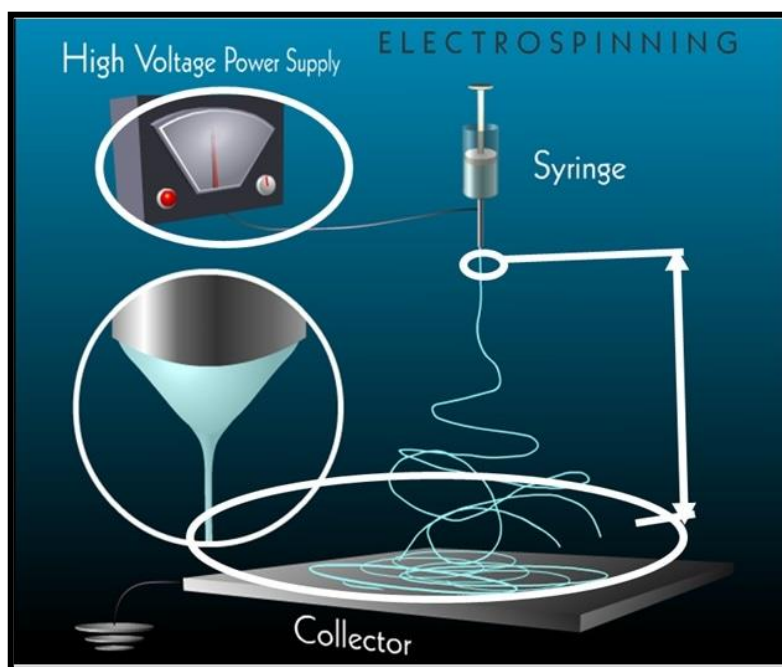
Το εξωτερικό περιβάλλον της διαδικασίας, το οποίο μπορεί να κυμαίνεται από ατμόσφαιρα αέρα έως κλειστούς θαλάμους που λειτουργούν με ελεγχόμενα αέρια ή σε σταθεροποιημένη

θερμοκρασία, συνθήκες κενού κ.λπ. Κατά τη διαδικασία χρησιμοποιείται μια αυτόματη αντλία σύριγγας για την άντληση του υγρού. Παρέχεται τάση (χρησιμοποιώντας πολλά kV) για να φορτίσει θετικά τη βελόνα της σύριγγας. Το προκύπτον ηλεκτρικό πεδίο προκαλεί την εξαγωγή ινών από το σταγονίδιο στο άκρο της κορυφής της σύριγγας, πάνω σε ένα γειωμένο μεταλλικό συλλέκτη [60].

Η ηλεκτροσυσσωμάτωση αποτελεί μια αποτελεσματική τεχνολογία για την παραγωγή της ινώδους μεμβράνης με διάμετρο ινών, που κυμαίνεται από μερικά νανόμετρα έως μερικά μικρόμετρα. Οι ινώδεις μεμβράνες ηλεκτροσύνθεσης εμφανίζουν πλεονεκτήματα όπως υψηλό πορώδες, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα χαμηλή αντίσταση κυττάρων και υψηλή ιοντική αγωγιμότητα. Κατά συνέπεια, η απόδοση των ινώδων ηλεκτροσύνθετων μεμβρανών είναι καλύτερη από τις παραδοσιακές μεμβράνες μικροπορώδους πολυολεφίνης [61].

Οι νανοϊνες όχι μόνο έχουν πολλά πιθανά τεχνικά πλεονεκτήματα αλλά είναι επίσης εύκολες και δεν είναι δαπανηρές στην παραγωγή τους. Λόγω αυτών των πλεονεκτημάτων, έχουν αποτελέσει αντικείμενο έντονων ερευνών, ιδιαίτερα τις τελευταίες δύο δεκαετίες, και έχουν προσελκύσει την προσοχή πολλών ερευνητών από διάφορους τομείς. Τα πλεονεκτήματα των νανοϊνών είναι τα εξής [61]:

- Υψηλό πορώδες (περίπου 90%).
- Υψηλή επιφάνεια ($1 - 100 \text{ m}^2 / \text{g}$).
- Μικρές διαμέτρους (10 nm - 10 μm).
- Μικρή απόσταση μεταξύ των ινών.



Εικόνα 7: Ηλεκτροσυσσωμάτωση [60]

5.2 Δομές ΡΕΑ

Παραδοσιακά, η εξαγωγή φυσικών βαφών με τη μέθοδο υδατικής εκχύλισης απαιτεί αρκετές ώρες χρόνου για τη διαδικασία της εκχύλισης. Μια ταχεία και βελτιωμένη τεχνική εκχύλισης θα πρέπει να εισαχθεί ειδικά στους κλωστοϋφαντουργικούς βαφείς για τη σύνθεση φυσικών βαφών έτσι ώστε να περιορίσει τον απαιτούμενο χρόνο. Η ακτινοβολία μικροκυμάτων συνιστά μια νέα τεχνική για την εκχύλιση χρωστικών ουσιών από ένα επιλεγμένο φυσικό προϊόν, (ΡΕΑ) το οποίο μπορεί να βρεθεί άφθονα στην Ινδία [62].

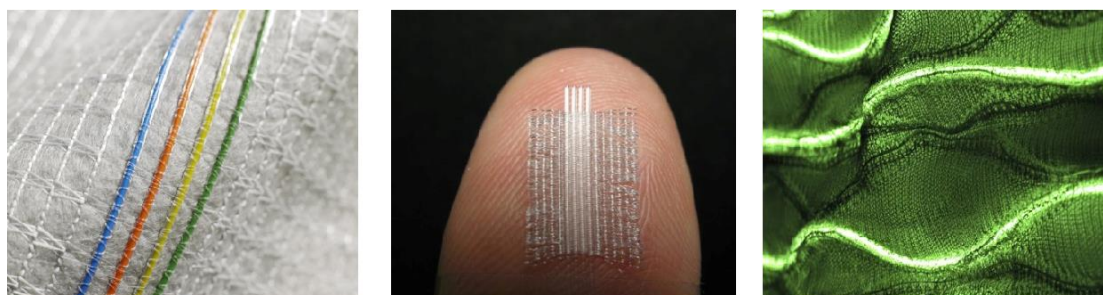
Το χρωστικό από αυτό, εκχυλίζεται σε διαφορετικούς αυξημένους χρόνους που κυμαίνονται από 10 δευτερόλεπτα έως 2 λεπτά χρησιμοποιώντας την τεχνική μικροκυμάτων και τα λαμβανόμενα εκχυλίσματα συγκρίνονται με εκείνα που λαμβάνονται με τη μέθοδο υδατικής εκχύλισης η οποία χρειάζεται από 30 λεπτά έως και 3 ώρες. Η αντοχή χρώματος και η απόδοση των εκχυλισμάτων βαφής αναλύονται χρησιμοποιώντας φασματοφωτόμετρο UV-Visible [62].

Κεφάλαιο 6

Έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα και ιατρική

Τα έξυπνα υφάσματα βρίσκουν εφαρμογές και έχουν εξαιρετικές προοπτικές σχεδόν σε κάθε σφαίρα ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Πολλά ερευνητικά προγράμματα είναι αφιερωμένα στην εξερεύνηση και την ανάπτυξη έξυπνων υφασμάτων για την ιατρική και την υγειονομική περίθαλψη. Η χρήση τέτοιων έξυπνων υφαντικών υλικών ποικίλλει από τις in-vitro εφαρμογές έως την in-vivo χρήση τους [63].

Παρά την μεγάλη ποικιλία έξυπνων εφαρμογών κλωστοϋφαντουργίας, σημαντικό ρόλο επιτελεί η έρευνα που επικεντρώνεται σε ευφυή συστήματα για την υγειονομική περίθαλψη και την ιατρική. Οι κύριοι κινητήριιοι μοχλοί που ενθαρρύνουν την ανάπτυξη αυτού του τμήματος είναι η κοινωνικο-δημογραφική κατάσταση στην Ευρώπη και σε άλλες ανεπτυγμένες χώρες, ο υψηλός ανταγωνισμός στην αγορά κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και τα νέα πεδία των διαθέσιμων τεχνολογιών μηχανικής, πληροφοριών και επικοινωνιών [63].



Εικόνα 8: Παραδείγματα εφαρμογών οπτικών ινών σε έξυπνα υφάσματα για περιβαλλοντική μηχανική [63]

6.1 Έξυπνα υλικά περιποίησης πληγών

Η υγειονομική περίθαλψη είναι μια βασική πτυχή της ανθρώπινης επιβίωσης. Πολυμερικά υλικά σε διάφορες μορφές με ειδικά χαρακτηριστικά έχουν προκαλέσει σημαντικό ενδιαφέρον σε μια σειρά βιοϊατρικών εφαρμογών. Η διαχείριση των πληγών έγινε πρόσφατα πιο περίπλοκη λόγω νέων γνώσεων σχετικά με την επούλωση τραυμάτων και την αυξανόμενη ανάγκη αντιμετώπισης σύνθετων τραυμάτων εκτός του νοσοκομείου. Η βασική λειτουργία και ο ρόλος της διαχείρισης των πληγών προάγει την ταχεία επούλωση των πληγών, προκειμένου να επιτευχθούν λειτουργικά και καλλυντικά αποτελέσματα [64].

Ένα τραύμα μπορεί να οριστεί ως αποκοπή ή διακοπή της συνέχειας οποιουδήποτε ιστού, που προκαλείται από τραυματισμό. Οι σύγχρονοι επίδεσμοι έχουν σχεδιαστεί για να διευκολύνουν τη λειτουργία της επούλωσης των πληγών και όχι μόνο για να την καλύψουν. Μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1900 πίστευαν ακράδαντα ότι τα τραύματα επουλώνονται ταχύτερα εάν διατηρούνται στεγνά και αφήνονται ακάλυπτα. Εντούτοις, η διατήρηση ενός υγρού περιβάλλοντος βοηθά στην επούλωση των πληγών με διάφορους τρόπους, καθώς εμποδίζει την πρόσθετη απώλεια ιστού από την αποξήρανση και προάγει τη δραστηριότητα των ενζύμων που καθαρίζουν τα εναπομείναντα υπολείμματα στην πρόωμη επούλωση πληγών [64].

Η σωστή διαχείριση πληγών έχει γίνει μια από τις κορυφαίες ανησυχίες πολλών κλινικών σε όλο τον κόσμο. Η προηγμένη θεραπεία περιποίησης πληγών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επιτρέψει τη θεραπεία χρόνιων πληγών. Αυτό μειώνει τους κινδύνους μόλυνσης, τον πόνο και τη δυσφορία και βελτιώνει την ποιότητα ζωής. Οι σύνθετες δομές με βάση την κλωστοϋφαντουργία αποτελούν ένα καλό υλικό που πρέπει να στους επιδέσμους τραυμάτων λόγω του μεγάλου πορώδους τους, της επιφάνειας και του αέρα καθώς και της διαπερατότητας της υγρασίας. Αυτά τα υφαντικά υλικά παρέχουν δύναμη, εκτασιμότητα και ευέλικτη στήριξη για την ενίσχυση με τα θεραπευτικά υλικά [65].

Ένας επίδεσμος είναι ένα πρόσθετο που χρησιμοποιείται από ένα άτομο για εφαρμογή σε μια πληγή, προκειμένου να προωθηθεί η θεραπεία και / ή να αποφευχθεί περαιτέρω βλάβη. Έχει σχεδιαστεί ώστε να βρίσκεται σε άμεση επαφή με το τραύμα. Ο επίδεσμος χρησιμοποιείται κυρίως για να κρατήσει ένα ντύσιμο στη θέση του. Μπορεί να έχει πολλούς σκοπούς, ανάλογα με τον τύπο, τη σοβαρότητα και τη θέση της πληγής. Ωστόσο, όλοι οι στόχοι επικεντρώνονται στην πρόληψη της αποκατάστασης και στην πρόληψη περαιτέρω βλάβης από την πληγή. Οι σύγχρονοι επίδεσμοι περιλαμβάνουν γάζες (οι οποίες μπορούν να εμποτιστούν με έναν παράγοντα σχεδιασμένο να βοηθά στην αποστείρωση ή την ταχύτητα επούλωσης), μεμβράνες, αφρούς, υδροκολλοειδή, αλγινικά, υδροπηκτές και πάστες πολυσακχαριτών, κόκκους και σφαιρίδια [66].

Οι ίνες, που χρησιμοποιούνται γενικά στην περίθαλψη των πληγών, μπορούν να ομαδοποιηθούν σε φυσικές (εμφανίζονται φυσικά) και ανθρωπογενείς (που δεν απαντώνται στη φύση, μπορεί να αποτελούνται από φυσικά υλικά) κατηγορίες. Οι πιο σημαντικές φυσικές ίνες είναι το βαμβάκι, το μετάξι και το λινό. Τα τεχνητά συνθετικά πολυμερή καλύπτουν ίνες κατασκευασμένες από χημικά συντιθέμενα πολυμερή όπως πολυεστέρα, πολυαμίδιο, πολυπροπυλένιο, πολυουρεθάνη, πολυτετραφθοροαιθυλένιο κ.λπ. Και ίνες κατασκευασμένες από φυσικά διαθέσιμα πολυμερή όπως αλγινικά, πρωτεΐνες, πολυγλυκολικό οξύ, αναγεννημένη κυτταρίνη, χιτίνη, χιτοζάνη, υαλουρονάνη κ.λπ. Μερικά μη ινώδη υλικά όπως ο άνθρακας και τα μέταλλα (αργύρου) χρησιμοποιούνται επίσης [65].

Οι έξυπνοι επίδεσμοι έχουν προκαλέσει σημαντικό ενδιαφέρον στον τομέα της βιοϊατρικής τις τελευταίες δεκαετίες. Πρόσφατες τάσεις έχουν προκύψει με τη μορφή σύνθετων μεμβρανών όπου ένα υφαντό υλικό επικαλύπτεται με το διάλυμα πολυμερούς. Η ενίσχυση του υφάσματος παρέχει δύναμη στον επίδεσμο και οι επίδεσμοι που περιέχουν φάρμακο προσφέρουν ακριβή έλεγχο της συμπεριφοράς απελευθέρωσης. Από τις διάφορες το CS (chitosan) φαίνεται να είναι ένα εξαιρετικό υλικό επίδεσης για τις εφαρμογές επούλωσης πληγών λόγω των διαφορετικών ιδιοτήτων του όπως η βιοσυμβατότητα, η βιοαποικοδομησιμότητα, η

αντιμικροβιακή φύση και η θεραπεία. Έτσι, φαίνεται ότι αυτό το υλικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως φορέας μιας ποικιλίας φαρμάκων για εφαρμογές ελεγχόμενης απελευθέρωσης. Οι ιδιότητές του, μαζί με το προφίλ ασφαλούς τοξικότητας, καθιστούν την CS ένα συναρπαστικό και ελπιδοφόρο έκδοχο για τη φαρμακευτική βιομηχανία [66].

6.2 Αισθητήρες για υγειονομική περίθαλψη

Το ιδανικό σύστημα αισθητήρων για παραμέτρους σχετιζόμενους με την υγεία θα αναπτύσσεται σε ένα χρονικό σημείο και θα μετράει συνεχώς και θα αναμεταδίδει ασύρματα όλες τις σχετικές με την υγεία πληροφορίες στη συνέχεια. Δεν θα περιορίσει ούτε θα επηρεάσει τον χρήστη με οποιονδήποτε τρόπο και δεν θα χρειαστεί καμία συντήρηση. Μέχρι τώρα συστήματα όπως αυτά που περιγράφηκαν δεν έχουν ακόμα υλοποιηθεί, αλλά λαμβάνοντας υπόψη τις τεχνολογικές εξελίξεις των τελευταίων δεκαετιών, φαίνεται προφανές ότι στο κοντινό μέλλον τέτοια συστήματα θα είναι εφικτά [67].

Σήμερα τα υπάρχοντα συστήματα εξακολουθούν να αγωνίζονται με τις προαναφερθείσες απαιτήσεις. Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα είναι η κατανάλωση ενέργειας, γεγονός που υποδηλώνει την ανάγκη για επαναφόρτιση και συντήρηση των συσκευών συχνά. Αυτό με τη σειρά του επηρεάζει την αποδοχή και τη συμμόρφωση. Το χάσμα μεταξύ των ποσοτήτων ενέργειας που μπορεί να συλλεχθεί και της ανάγκης των σημερινών συστημάτων αισθητήρων είναι ακόμα μεγάλο. Η ανάγκη εξυπηρέτησης των συσκευών δεν οφείλεται μόνο στη διαχείριση ενέργειας, αλλά εξαρτάται και από τη διαδικασία μέτρησης και τη σύνδεση μεταξύ του αισθητήρα και του αισθητού αντικειμένου. Για την οργάνωση αισθητήρων για παραμέτρους σχετιζόμενες με την υγεία προτείνεται η κινητικότητα, η σύνδεση, η μέτρηση ιδιοτήτων και η διαδικασία μέτρησης των τεσσάρων αξόνων [68]. Στην πρόσφατη ανάπτυξη της Συστηματοποιημένης Ονοματολογίας Πλαισίου, Ανάλυση και Προβλήματα στις Τεχνολογίες Ενίσχυσης της Υγείας (SNOCAP-HET) χρησιμοποιήθηκε η προτεινόμενη συστηματοποιημένη ταξινόμηση αισθητήρων ως μέρος του άξονα περιβάλλοντος [69].

Η ύπαρξη και η διαθεσιμότητα συστημάτων αισθητήρων που μπορούν να φορεθούν για παραμέτρους που σχετίζονται με την υγεία, οι οποίοι είναι εύκολο να αναπτυχθούν και χωρίς επιβάρυνση για τον ασθενή, εξακολουθεί να είναι ένας κύριος παράγοντας που παρεμποδίζει την υιοθέτηση και την καθιέρωση τεχνολογιών που προωθούν την υγεία. Τα συστήματα που αναπτύσσονται επί του παρόντος πρέπει να εξισορροπούν τις αντισταθμίσεις στις διάφορες κατηγορίες [69].

Το αυξανόμενο ενδιαφέρον για έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα για ιατρικές εφαρμογές οδηγείται από το στόχο να αυξηθεί η κινητικότητα των ασθενών που χρειάζονται συνεχή παρακολούθηση των φυσιολογικών παραμέτρων [70]. Τα έξυπνα υφάσματα είναι σε θέση να αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον. Επομένως ενσωματώνουν έναν ή περισσότερους αισθητήρες για την παρακολούθηση διαφόρων μηχανικών, θερμικών και χημικών παραμέτρων (π.χ. στέλεχος, θερμοκρασία, μετατόπιση, κορεσμός αίματος οξυγόνου) [71].

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, η χρήση αισθητήρων με βάση οπτικές ίνες (FOS) έχει αποκτήσει αποδοχή σε μεγάλο αριθμό εφαρμογών στους τομείς της πολιτικού μηχανικού,

της αυτοκινητοβιομηχανίας και της ιατρικής, μεταξύ άλλων [72]. Αυτοί οι αισθητήρες επιτρέπουν τη μέτρηση των φυσικών και χημικών παραμέτρων που χρησιμοποιούν μεγάλο αριθμό αρχών λειτουργίας και διαμορφώσεων [73]. Τα FOS μπορούν να χωριστούν σε εγγενείς αισθητήρες, όπου το οπτικό στοιχείο αποτελεί το αισθητήριο στοιχείο και οι εξωγενείς, όπου το οπτικό ινώδες χρησιμοποιείται μόνο ως μέσο μεταφοράς φωτός.

Τα FOS έχουν καλές μετρολογικές ιδιότητες (π.χ. χαμηλή μετατόπιση μηδενός και μετατόπιση ευαισθησίας, καλή ακρίβεια και καλή ευαισθησία και μεγάλο εύρος ζώνης), προσφέρουν τη δυνατότητα εφαρμογής καταναμημένων αισθητήρων και είναι άνοσοι σε ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές. Αυτά τα χαρακτηριστικά καθιστούν τα FOS μια αναδυόμενη λύση για την παρακολούθηση των φυσιολογικών παραμέτρων και γενικότερα για εφαρμογές στην ιατρική [74].

6.3 Έξυπνες βαφές για ιατρικά υφάσματα

Το μέλλον της παραγωγής κλωστοϋφαντουργικών και ινωδών υλικών σε οικονομικά ανεπτυγμένα μέρη του κόσμου θα εξαρτηθεί σε μεγάλο βαθμό από καινοτομίες που προσθέτουν νέες λειτουργίες και σκοπό σε μια μάλλον παλιά και απαρχαιωμένη έννοια. Τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα σήμερα σχεδιάζονται και διαμορφώνονται από πρόσφατα αναπτυγμένα πολυμερή και ίνες, που συχνά περιλαμβάνουν ένα σύνθετο υλικό διαφορετικών υλικών, οι οποίες συνεργάζονται με διάφορες φυσικές, χημικές, βιολογικές, ακτινολογικές και κλιματικές επιπτώσεις. Ο σχεδιασμός αυτών των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων απαιτεί διεπιστημονικές ομάδες επιστημόνων και μια ολιστική προσέγγιση που συγκεντρώνει τεράστια "τεχνογνωσία" για την παραγωγή προϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας, όπως είναι τα υφάσματα SMART. Η χρήση φωτοχρωμικών βαφών και θερμοχρωμικών ενθυλακωμένων χρωστικών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή έξυπνων ιατρικών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων που μπορούν να ταξινομηθούν τόσο ως αισθητήρες όσο και ως προστατευτικά υφάσματα [75].

Η χρήση των χρωμικών ουσιών έχει τη δυνατότητα να δημιουργήσει πολλά νέα προσαρμοστικά προϊόντα. Χρωμικές βαφές είναι εκείνες που αλλάζουν, ακτινοβολούν ή σβήνουν το χρώμα λόγω της επαγωγής τους από εξωτερικά ερεθίσματα. Το "χρωμικό" ως επίθημα σημαίνει αναστρέψιμη αλλαγή χρώματος και κατ'επέκταση, αναστρέψιμη αλλαγή άλλων φυσικών ιδιοτήτων. Αυτά τα εξωτερικά ερεθίσματα μπορεί να είναι το φως (φωτοχρωμική), η θερμότητα (θερμοχρωμική), ο ηλεκτρισμός (ηλεκτροχρωμική), η πίεση (πιεζοχρωμική), η υγρασία (solvatechromic) ή δέσμη ηλεκτρονίων (carsolchromic) [75]. Υπάρχει εφαρμογή φωτοχρωμισμού και θερμοχρωματισμού στον τομέα των «έξυπνων» υφασμάτων και ενδυμάτων, τα οποία είναι κατασκευασμένα ώστε να ανιχνεύουν και να ανταποκρίνονται σε εξωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες και ερεθίσματα. Το κλωστοϋφαντουργικό προϊόν που αλλάζει χρώματα θα επέτρεπε στους ανθρώπους να αλλάζουν δυναμικά την αισθητική των ενδυμάτων τους ώστε να ταιριάζουν στη διάθεσή τους, στο στυλ τους κ.λπ., Επιτρέποντας τους να είναι δημιουργικοί και εκφραστικοί με πολλούς τρόπους, ακόμα και να εκφράσουν τη σωματική τους κατάσταση ή την κατάσταση της υγείας τους [76].

6.4 Τάσεις στα έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά υφάσματα

Τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα είναι κοινά υλικά που παρουσιάζουν πολλές ιατρικές εφαρμογές. Χρησιμοποιούνται για παράδειγμα ως επίδεσμοι, επιθέματα, κ.λπ. Οι εξελίξεις κατά τα τελευταία 10 χρόνια στους τομείς των φορητών ηλεκτρονικών, της έξυπνης κλωστοϋφαντουργίας και της έρευνας υλικών προσφέρουν νέες δυνατότητες για τη δημιουργία ιατρικών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων με υψηλότερο επίπεδο λειτουργικότητας και επιτρέπουν την ανάπτυξη εντελώς νέων ενεργών ιατρικών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. Η τάση αυτή κατέστη δυνατή από τη διεπιστημονική συνεργασία μηχανικών και επιστημόνων από την έρευνα κλωστοϋφαντουργικών, την ηλεκτρονική, την πληροφορική και τη μηχανολογία μαζί με ιατρούς [77].

Η ενσωμάτωση των ηλεκτρονικών συσκευών σε υφασμάτινα υλικά βάσης επιτρέπει νέες δυνατότητες για προσωπική παρακολούθηση και θεραπευτικά συστήματα για αθλητικές και ιατρικές εφαρμογές. Όσον αφορά τη δημογραφική εξέλιξη στις βιομηχανικές χώρες, αυτές οι φορητές συσκευές παρακολούθησης θα μπορούσαν να είναι πολύ ενδιαφέρουσες εκτός από τα κοινά συστήματα. Αυτά τα νέα ευφυή υφάσματα είναι αποτέλεσμα του συνδυασμού των κλωστοϋφαντουργικών και μη κλωστοϋφαντουργικών τεχνολογιών. Επιπρόσθετα στις κοινές ιδιότητες κλωστοϋφαντουργίας, νέες λειτουργίες θα υλοποιηθούν με την ενσωμάτωση αγώγιμων καλωδίων. Εκτός από την ενσωμάτωση κοινών ηλεκτρονικών εξαρτημάτων (π.χ. αισθητήρων, ενισχυτών) σε διαφορετικά ρούχα, οι ερευνητικές δραστηριότητες επικεντρώνονται στην ανάπτυξη και εφαρμογή αισθητήρων και ενεργοποιητών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων [77].

Κεφάλαιο 7

ΚΛΩΣΤΟΥΦΑΝΤΟΥΡΓΙΚΑ ΠΡΟΙΟΝΤΑ & THE CORONAVIRUS (SARS-CoV-2)

7.1 Ιστορικό

Από την εμφάνιση του COVID-19 στην πόλη Wuhan στην Κίνα στα τέλη Δεκεμβρίου 2019, οι αρχές δημόσιας υγείας σε όλο τον κόσμο αγωνίστηκαν για να περιορίσουν την εξάπλωση της λοίμωξης. Ο αιτιολογικός παράγοντας, SARS-CoV-2, είναι ένας αναπνευστικός ιός που ανήκει στην οικογένεια Coronaviridae και σχετίζεται στενά με την επιδημία SARS –CoV-1 (Σοβαρό Οξύ Αναπνευστικό Σύνδρομο Corona Virus 1) και το 2013 εκδήλωση αναπνευστικού συνδρόμου Μέσης Ανατολής (MERS) (Τσενγκ και Σαν, 2020). Ο ιός εξαπλώνεται στην κοινότητα μέσω μετάδοσης από άνθρωπο σε άνθρωπο, είτε με εισπνοή μολυσμένων σταγονιδίων του αναπνευστικού συστήματος είτε με μεταφορά από το χέρι στο στόμα από μολυσμένες επιφάνειες. Τα διακριτικά χαρακτηριστικά του SARS-Cov-2 είναι ότι είναι πολύ μεταδοτική, με βασικούς αριθμούς αναπαραγωγής που κυμαίνονται από 1,4 έως 7,2 (Liu et al., 2020a, Liu et al., 2020b) και είναι εξαιρετικά παθογόνος, με ποσοστά θνησιμότητας περιστατικών σε το εύρος 1,4% στη Νέα Ζηλανδία έως 14,9% στο Ηνωμένο Βασίλειο (Dong et al., 2020). Μέσα σε λιγότερο από 7 μήνες από την πρώτη εμφάνισή του, το Covid-19 έχει μολύνει 18 εκατομμύρια ανθρώπους σε περισσότερες από 180 χώρες και σκότωσε περισσότερα από 700.000 άτομα (Dong et al., 2020). Προς το παρόν έχουν βρεθεί κάποια εμβόλια για το Covid-19 όπως το moderna ,pfyzer και της Johnson αλλά είναι ακόμη σε πειραματικό στάδιο και η ιατρική κοινότητα προσπαθεί απεγνωσμένα να βρει ασφαλή και αποτελεσματικά φάρμακα για να περιορίσει τη σοβαρότητα της νόσου και να σώσει ζωές.

Σε αυτές τις περιπτώσεις, οι θεραπευτικές επιλογές είναι σχεδόν ανύπαρκτες, η ιατρική κοινότητα πρέπει να βασίζεται σε παραδοσιακές προληπτικές στρατηγικές για τη δημόσια υγεία, όπως δοκιμές, ταυτοποίηση περιστατικών, ανίχνευση επαφών, απομόνωση περιστατικών και καραντίνα. Όλες αυτές οι παρεμβάσεις βασίζονται στην προϋπόθεση ότι τα συστήματα υγείας μας μπορούν να εντοπίσουν γρήγορα και αποτελεσματικά τα μολυσμένα άτομα και να διασφαλίσουν ότι δεν έρχονται σε στενή επαφή με υγιή μέλη της κοινότητας. Στην πράξη, αυτό είναι σχεδόν αδύνατο, καθώς ένα σημαντικό ποσοστό των περιπτώσεων είτε δεν εμφανίζουν συμπτώματα είτε έχουν ήπια συμπτώματα (Kimball et al., 2020; Pan et al., 2020). Αυτός είναι ακριβώς ο λόγος για τον οποίο κυβερνήσεις σε όλο τον κόσμο προτείνουν καθολικές προφυλάξεις όπως το πλύσιμο των χεριών και η κοινωνική απομάκρυνση, που ονομάζονται ως φυσικές αποστάσεις. Οι συστάσεις για χωρικό διαχωρισμό 2 m (CDC U, 2020a, CDC U, 2020b) βασίζονται στην υπόθεση ότι τα μεγάλα σταγονίδια δεν ταξιδεύουν περισσότερο από 2 m (\approx 6 ft) σε οριζόντια κατεύθυνση. Ωστόσο, η επανεξέταση των στοιχείων,

αν και είναι διαλείπουσα αυτή τη στιγμή, υποδηλώνει ότι τα αναπνευστικά σταγονίδια μπορούν να ταξιδέψουν περισσότερο από 2 μέτρα και πρόσφατα δημοσιευμένα άρθρα υποδηλώνουν έντονα ότι το SARS-CoV-2 μπορεί να μεταφερθεί στον αέρα (Guo et al., 2020). Η άλλη πιο πιθανή περίπτωση όπου το SARS-CoV-2 μπορεί δυνητικά να αεριστεί είναι κατά τη διάρκεια επεμβατικών οδοντικών διαδικασιών, όπως λείανση, στίλβωση και κοπή δραστηριοτήτων σε οδοντικούς ιστούς παρουσία σάλιου (Harrel, 2004).

Για να συμπληρώσουν τα υφιστάμενα μέτρα, οι κυβερνήσεις στην Κίνα και σε άλλες χώρες της Νοτιοανατολικής Ασίας συνέστησαν την καθολική κάλυψη ήδη από τον Φεβρουάριο του 2020 (Leung et al., 2020). Η καθολική χρήση μάσκας για την πρόληψη της κοινοτικής μετάδοσης του ιού αποτελεί αντικείμενο έντονης συζήτησης (Eikenberry et al., 2020; Greenhalgh T, n.d.; Greenhalgh et al., 2020; Martin et al., 2020). Από την αρχή της πανδημίας, πολλές υγειονομικές αρχές έχουν συμβουλεύσει με συνέπεια να μην χρησιμοποιούνται μάσκες στην κοινότητα λόγω έλλειψης αποδείξεων ότι προσφέρει προστασία στο υγιές άτομο που το φοράει. Ωστόσο, η έλλειψη οριστικών αποδεικτικών στοιχείων σχετικά με την αποτελεσματικότητα των масκών για την προστασία των ατόμων που τα φορούν δεν σημαίνει ότι η πρακτική αυτή είναι εντελώς αναποτελεσματική ή επιβλαβής, ειδικά σε μια τόσο τρομερή πανδημία όπου οι άνθρωποι πεθαίνουν από δεκάδες χιλιάδες κάθε μέρα. Πρόσφατες δημοσιεύσεις αποκάλυψαν στερεά δεδομένα που δείχνουν ότι τα ασυμπτωματικά και τα προσυμπτωματικά άτομα μπορεί να είναι πολύ μεταδοτικά (Arons et al., 2020) και έτσι μπορούν να μεταδώσουν τον ιό. Με βάση την εξελισσόμενη επιστήμη σχετικά με τη φυσική ροής και την αεροδυναμική συμπεριφορά των ιογενών σωματιδίων (Asadi et al., 2019; Mittal et al., 2020), υποψιαζόμαστε ότι η μετάδοση από ασυμπτωματικούς φορείς του SARS-Cov-2 θα ήταν πιθανότατα από κατάποση ή εισπνοή αναπνευστικών σταγονιδίων, πυρήνων σταγονιδίων ή αερομεταφερόμενων ιογενών σωματιδίων μέσω περιστασιακής κοινωνικής αλληλεπίδρασης όπως ομιλία, τραγούδι και γέλιο. Υπό το φως αυτών των πρόσφατων ευρημάτων, κυβερνήσεις στον Δυτικό κόσμο (Καναδάς, 2020, ΗΠΑ CDC, 2020^a, Sunjaya και Jenkins, 2020; Tanne, 2020) συμβουλεύουν και, σε ορισμένες περιπτώσεις, επιβάλλουν την καθολική χρήση μάσκας σε δημόσιους χώρους. Η λογική της δημόσιας υγείας για την καθολική κάλυψη είναι ότι τα άτομα που βρίσκονται σε στενή επαφή όχι μόνο μπορούν να προστατευτούν, αλλά προστατεύουν αθέλητα ο ένας τον άλλον (Leung et al., 2020).

Η παγκόσμια έλλειψη μίας χρήσης χειρουργικών και αναπνευστικών масκών είναι ένα πραγματικό και διευρυνόμενο πρόβλημα, έχοντας ήδη δημιουργήσει πανικό στην Ιταλία, τη Γαλλία και την Ισπανία, τις ΗΠΑ και άλλες χώρες (Gunia, 2020). Έτσι, όλες οι συστάσεις για τη χρήση μάσκας σε δημόσιους χώρους συνοδεύονται επίσης από προσοχή να διατηρείτε ειδικές ιατρικές μάσκες (χειρουργικές / FFP2 ή N95) αποκλειστικά για υγειονομική περίθαλψη και άλλο προσωπικό πρώτης γραμμής. Η τρέχουσα επιστήμη και καθοδήγηση δείχνουν ότι υπάρχει μια ιεραρχία αναπνευστικής προστασίας, με ορισμένους αναπνευστήρες (π.χ. N-95) να προσφέρουν υψηλότερα επίπεδα ασφάλειας σε σύγκριση με χειρουργικές μάσκες οι οποίες με τη σειρά τους είναι καλύτερες από τις σπιτικές μάσκες υφασμάτων (van der Sande et al.,

2008). Οι χειρουργικές μάσκες και οι αναπνευστικές συσκευές είναι δύο βασικά μέτρα παρέμβασης για την προστασία του προσωπικού υγειονομικής περίθαλψης. Οι αναπνευστικές συσκευές (N – 95 ή FFP2) είναι μάσκες που έχουν σχεδιαστεί για να προστατεύουν τον χρήστη από τους κινδύνους εισπνοής μειώνοντας την έκθεση σε σωματίδια, συμπεριλαμβανομένων αερολυμάτων μικρών σωματιδίων και μεγάλων σταγονιδίων. (CDC U, 2020a, CDC U, 2020b). Από την άλλη πλευρά, οι χειρουργικές μάσκες, προστατεύουν τον χρήστη από μεγάλα σταγονίδια και πιτσιλιές και προστατεύει τους ανθρώπους που έρχονται κοντά στον χρήστη από τις αναπνευστικές εκπομπές του τελευταίου. Ωστόσο, υπάρχει έντονη και μερικές φορές παθιασμένη συζήτηση σχετικά με την αξιοπιστία των σπιτικών μάσκες υφασμάτων (Eikenberry et al., 2020; Mahase, 2020) για την προστασία τόσο του χρήστη όσο και του κοινού σε κοινότητες υψηλού κινδύνου.

7.2. Η Προστασία των Υφασμάτων Μασκών

Πριν από την πανδημία, έχουν χρησιμοποιηθεί μάσκες υφασμάτων σε πολυσύχναστες πόλεις, ειδικά στην Ασία, για την προστασία από τη ρύπανση σωματιδίων. Η αποτελεσματικότητα διήθησης αυτών των μασκών για προστασία έναντι μη μολυσματικών παραγόντων έχει διερευνηθεί διεξοδικά. Η ευρεία διακύμανση της απόδοσης φιλτραρίσματος ως συνάρτηση του υφάσματος που χρησιμοποιήθηκε αποδείχθηκε ήδη από τους Shakya et al. (2017) και Rengasamy et al., 2010, Rengasamy et al., 2018 που μελέτησαν την απόδοση φιλτραρίσματος χρησιμοποιώντας σωματίδια ντίζελ (<2,5 μm) και σωματίδια NaCl (<1 μm) αντίστοιχα.

Δεδομένης της τρέχουσας κρίσης εξοπλισμού ατομικής προστασίας στον κόσμο, όπου η ζήτηση υπερβαίνει κατά πολύ την προσφορά, η μόνη εναλλακτική λύση για το ευρύ κοινό φαίνεται να είναι η χρήση μάσκας υφασμάτων. Σε αυτήν την πανδημική κατάσταση και σε κατάσταση πανικού, υπήρξε μια αύξηση των διαδικτυακών βίντεο σε μάσκες do-it-yourself (DIY). Ωστόσο, υπάρχουν θεμιτές ανησυχίες τόσο από τους επαγγελματίες του τομέα της υγείας όσο και από το ευρύ κοινό, σχετικά με την αξιοπιστία των μάσκες υφασμάτων που προσφέρουν προστασία τόσο στους χρήστες όσο και στα μέλη της κοινότητας.

Μια ανασκόπηση της ακαδημαϊκής βιβλιογραφίας αποκαλύπτει μια σειρά μελετών που εξετάζουν την αποτελεσματικότητα της μάσκας υφασμάτων στη μείωση της εξάπλωσης των αναπνευστικών λοιμώξεων στην κοινότητα. Μία από τις πιο σχετικές μελέτες για την αποτελεσματικότητα των μάσκες υφασμάτων από τους Davies et al. (2013) αξιολόγησε διάφορα οικιακά υλικά για να αξιολογήσει την ικανότητά τους να αποκλείουν φυσικά βακτηριακά και ιογενή αερολύματα. Οι συγγραφείς αυτής της μελέτης χρησιμοποίησαν προσομοιωμένα εργαστηριακά πειράματα για να συγκρίνουν την αποτελεσματικότητα φιλτραρίσματος διαφόρων υλικών, όπως βαμβακερό μπλουζάκι, λινό, μετάξι, κασκόλ σε μια τυπική χειρουργική μάσκα, χρησιμοποιώντας 2 οργανισμούς δοκιμής, συγκεκριμένα τον *Bacillus atrophaeus* (διάμετρος: 0,95-1,25) μm) και βακτηριοφάγος MS2 (διάμετρος: 23 nm). Για λόγους σύγκρισης, ο ιός SARS-CoV-2 έχει στρογγυλό ή οβάλ σχήμα, με διάμετρο περίπου 60-140 nm. Όσον αφορά τον βακτηριοφάγο, η μέση απόδοση διήθησης της χειρουργικής μάσκας (89,52%) ήταν πολύ υψηλότερη από την πετσέτα τσαγιού (72%), το βαμβάκι (70,24%), τα σεντόνια (61,67%), το μετάξι (54,32%), το βαμβάκι – μπλουζάκι (50,85%) και

κασκόλ (48,87%). Επιπλέον, 21 υγιείς εθελοντές συμμετείχαν στην ίδια μελέτη για να εκτιμήσουν εάν οι σπιτικές μάσκες ήταν αποτελεσματικές στην πρόληψη της διασποράς σταγονιδίων και αερολύματος, και ως εκ τούτου μείωσε τον αριθμό των μικροοργανισμών που εκδιώχθηκαν από τους χρήστες. Ωστόσο, οι χειρουργικές μάσκες ήταν 3 φορές πιο αποτελεσματικές από τις σπιτικές μάσκες στο μπλοκάρισμα της μετάδοσης. Είναι ενδιαφέρον ότι διαπίστωσαν επίσης ότι οι σπιτικές μάσκες είναι καλύτερες από καθόλου μάσκες, αλλά προειδοποίησαν ότι οι σπιτικές μάσκες πρέπει να χρησιμοποιηθούν ως έσχατη λύση.

Οι MacIntyre et al. (2015) διεξήγαγαν μια τυχαιοποιημένη δοκιμή στο Βιετνάμ για να συγκρίνει τις μάσκες υφασμάτων με τις ιατρικές μάσκες στις ικανότητές τους στην πρόληψη αναπνευστικών λοιμώξεων μεταξύ των εργαζομένων στον τομέα της υγείας. Οι συγγραφείς ανέφεραν ότι οι εργαζόμενοι στη φροντίδα υγείας που χρησιμοποιούν μάσκες υφασμάτων έχουν 7 φορές υψηλότερο κίνδυνο εμφάνισης λοιμώξεων όπως η γρίπη (Σχετικός κίνδυνος = 6,64, 95% διάστημα εμπιστοσύνης 1,45 έως 28,65) και 2 φορές υψηλότερος κίνδυνος εργαστηριακής επιβεβαιωμένης ιογενούς λοίμωξης (Σχετικός κίνδυνος = 1,72, 95% διάστημα εμπιστοσύνης 1,01 έως 2,94) σε σύγκριση με εκείνους που χρησιμοποιούν χειρουργικές μάσκες.

Πρόσφατη μελέτη των Ma et al. (2020) χρησιμοποιώντας τον ιό της γρίπης των πτηνών σε εργαστηριακό περιβάλλον, έδειξε ότι οι σπιτικές μάσκες από ύφασμα πολυεστέρα ενός στρώματος συν χαρτί κουζίνας τεσσάρων στρωμάτων (Hengan Company, Fujian, Κίνα. Κάθε στρώμα περιέχει τρία λεπτά στρώματα μη υφασμένων) θα μπορούσε να εμποδίσει το 95,15% σωματίδια σε αερολύματα. Για λόγους σύγκρισης, οι μάσκες N95 και χειρουργικής επέμβασης μπόρεσαν να μπλοκάρουν το 99,98% και το 97,14% των ιών αερολύματος αντίστοιχα. Αν και η πτώση της πίεσης δεν μετρήθηκε, οι συγγραφείς ανέφεραν ότι η μάσκα υφάσματος ήταν πιο αναπνεύσιμη από τις μάσκες N95. Οι συγγραφείς ανέφεραν το πλεονέκτημα της αλλαγής του χαρτιού κουζίνας συχνά, αλλά δεν δόθηκε καμία λεπτομέρεια σχετικά με τη δομή και τη δυνατότητα πλύσης του υφάσματος από πολυεστέρα.

Βασισμένο σε μια εξελιγμένη εργαστηριακή μεθοδολογία, που χρησιμοποιείται συνήθως από το Εθνικό Ινστιτούτο Ασφάλειας και Υγείας στην Εργασία των ΗΠΑ (NIOSH) για τη δοκιμή αναπνευστικών, Konda et al. (2020) πραγματοποίησαν διάφορα πειράματα για να επιβεβαιώσουν την αποτελεσματικότητα διήθησης ορισμένων υφασμάτων, ως συνάρτηση των μεγεθών σωματιδίων αερολύματος στο εύρος 10 nm έως 10 μm, το οποίο είναι ιδιαίτερα σχετικό για τους αναπνευστικούς ιούς. Οι συγγραφείς ανέφεραν μεγάλη μεταβλητότητα στην αποτελεσματικότητα διήθησης (5-80%) υφασμάτων μονής στιβάδας για μέγεθος σωματιδίων <300 nm. Είναι ενδιαφέρον ότι οι αποδόσεις φιλτραρίσματος αυξήθηκαν σε τιμές υψηλότερες από 80% όταν χρησιμοποιήθηκαν πολλαπλά υβριδικά στρώματα (π.χ. βαμβάκι-μετάξι, βαμβάκι-σιφόν, βαμβάκι-φλάντζα), αν και η διαφορά πίεσης ήταν λίγο ελαφρώς υψηλότερη (3,0 Pa) από το N95 και χειρουργικές μάσκες (2.2-2.5 Pa). Το σιφόν που χρησιμοποιήθηκε κατασκευάστηκε από ένα μείγμα από 90% πολυεστέρα και 10% spandex, και η φλάντζα αποτελείται από 65% βαμβάκι και 35% πολυεστέρα. Οι βελτιωμένες ικανότητες

φιλτραρίσματος των υβριδίων πιθανώς συνδέθηκαν με το συνδυασμένο αποτέλεσμα των μηχανικών και ηλεκτροστατικών τρόπων διήθησης. Ένα βαμβακερό πάπλωμα και ένα σφιχτά υφασμένο βαμβακερό ύφασμα που χρησιμοποιούνται μόνο του, οδήγησαν σε υψηλή απόδοση φιλτραρίσματος: 96% (για μέγεθος σωματιδίων <300 nm και > 300 nm) για το βαμβακερό πάπλωμα αποτελούμενο από 90% βαμβάκι, 5% πολυεστέρα και 5% άλλες ίνες και 82% (για μέγεθος σωματιδίων <300 nm και 98% για μέγεθος σωματιδίων > 300 nm) για το σφιχτό 100% βαμβακερό ύφασμα. Αυτά τα ενθαρρυντικά αποτελέσματα από τους Konda et al. Επιβεβαιώστε την πιθανή χρήση μάσκας υφάσματος για διήθηση μεγάλου εύρους σωματιδίων (έως 10 nm) συμπεριλαμβανομένων των βιοαεροσολών (100 nm – 1000 nm). Αυτή η εργασία προσθέτει σημαντικά δεδομένα στην επιστημονική συζήτηση σχετικά με την πιθανή χρήση συγκεκριμένων υφασμάτων για να φιλτράρει σωματίδια μεγέθους βιοαεροζόλης, με αποτελεσματικότητα φιλτραρίσματος κοντά σε εκείνη των ιατρικών μασκών. Έτσι, λεπτές ίνες, σφιχτά υφασμένα υφάσματα, και επιφάνεια ινών με ηλεκτροστατικά εφέ, και υβριδικές συνθέσεις, μπορούν δυνητικά να οδηγήσουν σε αποτελεσματική διήθηση σε κλίμακα έως νανομέτρων (10 nm), συμπεριλαμβανομένων των βιοαεροσολών.

7.3. Η Απόδοση Φιλτραρίσματος των Υφασμάτων Μασκών

Με μια τόσο τρομερή κατάσταση να ξεδιπλώνεται τόσο γρήγορα, είναι επιτακτική ανάγκη, να εξετάσουμε τις βασικές επιστημονικές αρχές πίσω από τον μηχανισμό φιλτραρίσματος των μασκών προσώπου. Στην ιδανική περίπτωση, μια καλή μάσκα προσώπου θα πρέπει να έχει τις ακόλουθες ιδιότητες (A) καλή ικανότητα διήθησης για μικροοργανισμούς τόσο για εισπνεόμενο όσο και για εκπνεόμενο αέρα, (B) χαμηλή αντίσταση στην αναπνοή, (Γ) υποαλλεργικό, (Δ) άνετο για τον χρήστη και (E) πλένεται και (F) προσιτό. Ωστόσο, στο πλαίσιο της πανδημίας Covid-19, η πιο σημαντική ιδιότητα της μάσκας προσώπου είναι η ικανότητα φιλτραρίσματος μικροσκοπικών αναπνευστικών σταγονιδίων, πυρήνων σταγονιδίων και αερολυμένων σωματιδίων.

7.4 Θεωρία της Διήθησης

Με βάση την προηγούμενη βιβλιογραφία (Hinds, 1999) που περιγράφει τη βασική επιστήμη της διήθησης, οι Konda et al. (2020) επιβεβαίωσαν τους πέντε κύριους μηχανισμούς διήθησης από αναπνευστικά σταγονίδια και βιοαεροσώματα, συγκεκριμένα: καθίζηση βαρύτητας, αδρανειακή πρόσκρουση, παρακολούθηση, διάχυση και ηλεκτροστατική έλξη. Για μεγάλα αναπνευστικά σταγονίδια, διαμέτρου περίπου 10 μm, η καθίζηση με βαρύτητα και η αδρανειακή πρόσκρουση είναι οι κύριοι τρόποι διήθησης. Για σωματίδια μικρότερων διαμέτρων, η διάχυση και η μηχανική παρεμπόδιση από τις ίνες του φίλτρου είναι ένας σημαντικός μηχανισμός διήθησης: η ηλεκτροστατική έλξη και η σύνδεση με τις ίνες στις μάσκες είναι η κύρια μέθοδος με την οποία συλλέγονται βιοαεροζόλ από 0,1 έως 1 μm μέσω ενός προσώπου μάσκα.

7.5 Μέγεθος Σωματιδίων που θα Φιλτραριστούν και Φίλτρα που Χρησιμοποιούνται

Στο τρέχον πλαίσιο της πανδημίας COVID-19, είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη η τύχη των αναπνευστικών σταγονιδίων σε άτομα που φορούν μάσκα προσώπου. Επί του παρόντος, ο όρος σταγονίδιο συχνά αναφέρεται σε σταγονίδια διαμέτρου > 5 μm που πέφτουν γρήγορα στο έδαφος υπό βαρύτητα. Τα αναπνευστικά σταγονίδια παράγονται με διάφορα μέσα όπως αναπνοή, ομιλία, βήχας, φτέρνισμα (Toth et al., 2004). Κατά την εξάτμιση των αναπνευστικών σταγονιδίων, σχηματίζονται ξηρά υπολείμματα σταγονιδίων που ονομάζονται πυρήνες σταγονιδίων με διάμετρο <5 μm (Setti et al., 2020). Εξ ορισμού, οι ασυμπτωματικοί και προσυμπτωματικοί φορείς του ιού δεν βήχουν και φτερνίζονται και συνεπώς δεν αποβάλλουν τα μεγάλα μολυσμένα αναπνευστικά σταγονίδια. Με βάση τις τρέχουσες γνώσεις μας για τον ιό SARS-CoV-2, υπάρχουν λοιπόν μόνο δύο τρόποι για να μολύνουν άλλους: (1) μολυσμένες επιφάνειες απλωμένες (2) μικροσκοπικά σωματίδια (<5 μm) αερομεταφερόμενη εξάπλωση.

Ενώ το πλύσιμο των χεριών μπορεί να φροντίσει για τη μόλυνση της επιφανειακής εξάπλωσης, η κοινότητα της δημόσιας υγείας πρέπει ακόμη να αντιμετωπίσει τον κίνδυνο αεροπορικής εξάπλωσης. Με βάση προηγούμενα δημοσιευμένα δεδομένα για την επιστήμη αερολύματος (Morawska et al., 2009), Asadi et al. (2020) προέβαλε ένα ισχυρό και συναρπαστικό επιχείρημα ότι τα αερολυμένα ιικά σωματίδια μπορούν να δημιουργηθούν κατά τη διάρκεια μιας συνομιλίας πρόσωπο με πρόσωπο μεταξύ 2 ατόμων. Σύμφωνα με τους Morawska et al. (2009) σωματίδια στο εύρος <0,8 έως 2,0 μm δημιουργούνται κατά τη διάρκεια της κανονικής αναπνοής ενώ σωματίδια <0,8 μm έως 7,0 μm παράγονται ενώ μιλούν. Μια προσεκτικά σχεδιασμένη σπιτική μάσκα προσώπου θα πρέπει να μπορεί να φιλτράρει πιθανά σταγονίδια και πυρήνες σταγονιδίων που παράγονται κατά τη διάρκεια περιστασιακών συνομιλιών πρόσωπο με πρόσωπο.

7.6 Αποδοτικότητα Διήθησης Ιατρικών Μασκών

Ο πρωταρχικός σκοπός μιας χειρουργικής μάσκας είναι να αποτρέψει την αποβολή βιολογικών σωματιδίων από τον χρήστη στο άμεσο περιβάλλον. Υπάρχουν τρεις τύποι χειρουργικών μασκών (3M, 2020^a) ικανών έως και 98% απόδοσης βακτηριακής διήθησης (μέση διάμετρος του αερολύματος 3,0 μm) – Οι χειρουργικές μάσκες τύπου I χρησιμοποιούνται για να βοηθήσουν στη μείωση του κινδύνου εξάπλωσης λοιμώξεων μέσω του σταγονιδιακή οδός (είτε φοριούνται από ασθενείς και εργαζόμενους στην υγειονομική περίθαλψη). Οι χειρουργικές μάσκες τύπου II και Type IIR προορίζονται κυρίως για χρήση από επαγγελματίες του τομέα της υγείας, ενώ ο τύπος IIR έχει σχεδιαστεί ώστε να είναι επιπλέον ανθεκτικός στα υγρά σε πιτσιλίσματα και πιτσιλίσματα αίματος και άλλων μολυσματικών υλικών.

Για τους αναπνευστήρες, η αποτελεσματικότητα διήθησης σωματιδίων μετριέται γενικά έναντι ενός αερολύματος χλωριούχου νατρίου. Για αναπνευστήρες N95, η απόδοση φιλτραρίσματος σωματιδίων είναι πάνω από 95% για ρυθμό ροής αέρα 85 L / min, με πτώση πίεσης να φτάνει τα 343 Pa και 245 Pa κατά την εισπνοή και την εκπνοή, αντίστοιχα, σύμφωνα με το πρωτόκολλο δοκιμής NIOSH 42 CFR Part 84 (3M , 2020β) Οι αναπνευστήρες FFP2 της Ευρωπαϊκής Ένωσης θεωρούνται λειτουργικά ισοδύναμοι με τους αναπνευστήρες N95 (Standard North American) και τους αναπνευστήρες KN95 της Κίνας. Ωστόσο, χρησιμοποιούνται ελαφρώς διαφορετικά κριτήρια για την πιστοποίηση της απόδοσής τους, όπως η απόδοση του φίλτρου, ο παράγοντας δοκιμής και ο ρυθμός ροής και η αποδεκτή πτώση πίεσης. Ωστόσο, χρησιμοποιούνται ελαφρώς διαφορετικά κριτήρια για την πιστοποίηση της απόδοσής τους, όπως η απόδοση του φίλτρου, ο παράγοντας δοκιμής και ο ρυθμός ροής και η αποδεκτή πτώση πίεσης.

7.7 Ινώδη Φίλτρα που Χρησιμοποιούνται σε Ιατρικές Μάσκες

Τα μη υφαντά ινώδη πολυπροπυλένιο με τήγμα περιλαμβάνονται τόσο σε χειρουργικές όσο και σε ιατρικές αναπνευστικές μάσκες (FFP2 ή N95) για βελτιωμένη απόδοση φιλτραρίσματος. Αυτά τα υφασμένα υφάσματα έχουν διαμέτρους ινών που μπορούν να φτάσουν τα 250 nm, παρέχοντας υψηλό βαθμό διήθησης λόγω της αυξημένης πιθανότητας πρόσκρουσης που προκύπτει από μεγαλύτερο αριθμό ινών. Επιπρόσθετα ηλεκτροστατικά φορτία επιφανείας από ίνες πολυπροπυλενίου αυξάνουν την αποτελεσματικότητα διήθησης βιοαερόλης (Tsai et al., 2002).

Η χειρουργική μάσκα αποτελείται από 3 στρώσεις μη υφασμένων: Sprunbond-melblown-sprunbond, όπου το meltblown είναι το στρώμα διήθησης και, η εξωτερική υδατοαπωθητική επιφάνεια sprunbond είναι ένα εμπόδιο στα εξωτερικά σταγονίδια (Cheng et al., 2020). Οι μάσκες FFP2 ή N95 αποτελούνται από μια σύνθετη πολυστρωματική δομή αποτελούμενη από πολλά στρώματα μη υφασμένων υφασμάτων, συμπεριλαμβανομένου του μη υφασμένου απωθητικού νερού για μεγαλύτερη διήθηση σωματιδίων, και εσωτερικά μη υφασμένα στρώματα με τήξη για απομάκρυνση σωματιδίων σε μικρότερο εύρος μεγεθών συμπεριλαμβανομένων των βιοαεροσολών. Τα παρεμβαλλόμενα βαμβακερά στρώματα βελτιώνουν την απορρόφηση υγρασίας.

7.7.1. Απαιτούνται Χαρακτηριστικά Ινών για Μάσκες Υφασμάτων για Βελτιωμένη Απόδοση Φιλτραρίσματος

Προηγούμενες εργασίες έχουν δείξει τον κυρίαρχο ρόλο των χαρακτηριστικών ινών στην αποτελεσματικότητα διήθησης των μη υφασμένων υφασμάτων. Ως εκ τούτου, βάσει παρόμοιου βάρους βάσης, ένα ύφασμα με αυξημένη λεπτότητα ινών και τραχύτητα επιφάνειας, συγκεκριμένες διατομές (multi-lobal) και πτύχωση ινών, μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερη απόδοση φιλτραρίσματος (Steffens and Coury, 2007). Ωστόσο, δεν συνιστάται μείωση της διαμέτρου των ινών για τη βελτίωση της απόδοσης διήθησης, καθώς η πτώση της πίεσης θα γίνει φυσιολογικά απαράδεκτη. Ως εκ τούτου, η έρευνα σχετικά με τους ιστούς

νανοϊνών electrospun για φίλτρα, θα πρέπει επίσης να λάβει υπόψη αυτήν την τελευταία πτυχή (Payen et al., 2012).

Το έργο των Konda et al. (2020) προτείνει έντονα ότι οι μάσκες υφασμάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να διηθήσουν αποτελεσματικά σωματίδια μεγέθους βιοαεροζόλης, με αποτελεσματικότητα διήθησης σχεδόν αυτή των χειρουργικών масκών. Η χρήση λεπτών ινών, σφικτά υφασμένων υφασμάτων, επιφάνειας ινών με ηλεκτροστατικά φορτία και υβριδικής σύνθεσης, μπορεί να οδηγήσει σε αποτελεσματική διήθηση σε κλίμακα νανομέτρου (10 nm).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΦΑΣΜΑΤΩΝ

8.1 Τεχνικές Συμβουλές για την Επιλογή Υφασμάτων για Διήθηση Covid-19

Ενώ τα αποτελέσματα της έρευνας των Konda (Konda et al., 2020) και Davies (Davies et al., 2013) ανοίγουν την προοπτική ενός ευρέος φάσματος κλωστοϋφαντουργικών δομών που μπορούν να εξασφαλίσουν αποτελεσματική διήθηση υψηλότερη από το 80% των σωματιδίων που κυμαίνονται και από τα δύο σωματίδια μεγέθους σταγονιδίων και σταγονιδίων, πρέπει να ληφθεί μέριμνα ώστε οι άνθρωποι να μην χρησιμοποιούν τυχαία επιλεγμένα υφάσματα, καθώς κάθε κλωστοϋφαντουργικό προϊόν λαμβάνεται με ειδική διαδοχική μηχανική και χημική επεξεργασία από ίνες σε ύφασμα (Mao and Russell, 2015) Φύση ινών, (μέγεθος, μορφολογία, υφή) και επεξεργασία νήματος (τύπος νήματος – πολυήματα ή συρραπτικά νήματα, αριθμός νημάτων / ινών ανά τμήμα νήματος, ανάμειξη ινών, βαθμός συστροφής), η ύφανση ή πλεκτή δομή καθώς και χημική και μηχανικό φινίρισμα (υφή υφάσματος), θερμοδιαμόρφωση, είναι σημαντικοί παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν το πορώδες του υφάσματος (Ogulata and Mezarciroz, 2012; Purchas and Sutherland, 2002, Mao and Russell, 2015, Dubrovski and Brezočnik, 2012) μέγεθος πόρων και η επιφάνεια των ινών ιδιότητες, συμπεριλαμβανομένων επιφανειακών ηλεκτροστατικών φορτίων, και συνεπώς η αποτελεσματικότητα διήθησης και η αναπνοή μιας μάσκας υφάσματος.

Παράλληλα με τις συστάσεις για τη δημόσια υγεία για την καθολική κάλυψη, η ποιότητα της μάσκας υφάσματος θα πρέπει επίσης να παρακολουθείται με τη χρήση τυποποιημένων συνδυασμών στρώσεων υφάσματος που έχουν ήδη δοκιμαστεί για ικανότητα αναπνοής και διήθησης. Εντός πρόσφατης εργασίας των Konda et al. (2020), και άλλοι που ανέφεραν προηγουμένως εργασία, υπάρχουν ενδείξεις ότι οι συνδυασμοί υφασμένων και πλεκτών υφασμάτων μπορούν να είναι αποτελεσματικοί για τη διήθηση βιοαερόλης (50 nm). Στο τρέχον πλαίσιο της πανδημίας Covid-19, θα πρέπει να διατεθεί μια πιο ισχυρή βάση δεδομένων στο ευρύ κοινό και στους κατασκευαστές μάσκας προσώπου για την καλύτερη επιλογή υφασμάτων και αριθμού στρώσεων που μπορούν να ενσωματωθούν σε μάσκες προσώπου για φίλτράρισμα και των δύο αναπνευστικά σταγονίδια και πυρήνες (βιοαεροζόλ). Με βάση την επιστήμη του φίλτραρίσματος που χρησιμοποιεί τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα και την τρέχουσα πανδημία, τα κατάλληλα υφάσματα / συνδυασμοί θα πρέπει να παράγονται μαζικά από μεγάλες εταιρείες παραγωγής κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων ώστε να επιτρέπεται η παραγωγή μάσκας προσώπου από την τοπική βιομηχανία ενδυμάτων ή από άτομα (σπιτικά). Ως εκ τούτου, τα τοπικά παραγόμενα ή διαθέσιμα υφάσματα μπορούν να γίνουν ένας καθορισμένος πόρος για την παραγωγή μάσκες υφασμάτων, απουσία των εξελεγχόμενων μη υφασμένων πολυπροπυλενίων που εκτοξεύονται με τήξη electret που χρησιμοποιούνται σε ιατρικές μάσκες. Αυτή είναι μια εξαιρετική ευκαιρία για να γεφυρωθεί το χάσμα μεταξύ των ιατρών, της δημόσιας υγείας και των επαγγελματιών κλωστοϋφαντουργικών.

8.2 Μηχανικές Τροποποιήσεις σε Μάσκες Υφασμάτων

Κατά την τελευταία δεκαετία, πραγματοποιήθηκε εκτεταμένη έρευνα για την ενίσχυση της σύλληψης σωματιδίων και της προστασίας που παρέχουν ιατρικές μάσκες. Έχουν πραγματοποιηθεί πολυάριθμες εργασίες σε προηγμένες μη υφασμένες δομές ηλεκτροσύνδεσης (Ren et al., 2018; Shimasaki et al., 2020) με νανοπόρους και νανοϊνες που μπορούν να παραχθούν για να φιλτράρουν αποτελεσματικά ιικά σωματίδια και μολυσμένα αναπνευστικά σταγονίδια. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται με τους ιστούς ηλεκτροσύνδεσης, καθώς η χρήση πολύ λεπτών ινών (έως 50 nm) μπορεί να οδηγήσει σε πτώση υψηλής πίεσης και εμπόδιο στην αναπνοή. Επιπλέον, η παραγωγή ινών ηλεκτροσύνδεσης σε βιομηχανική κλίμακα περιορίζεται επίσης σε ορισμένες χώρες και δεν μπορεί να καλύψει παγκόσμιες ανάγκες υγείας κατά τη διάρκεια της πανδημίας Covid-19.

Λαμβάνοντας υπόψη την τρέχουσα πανδημία Covid-19, όπου οι αρχές δημόσιας υγείας ενθαρρύνουν την καθολική κάλυψη, πιστεύουμε ότι είναι έγκαιρο και σχετικό να αξιοποιήσουμε το υπάρχον στέρεο σύνολο γνώσεων σχετικά με την τεχνολογία κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων για να βελτιώσουμε την αποτελεσματικότητα φιλτραρίσματος και προστασίας των υφασμάτων. Με αυτό τον τρόπο συζητάμε μερικά πιθανά μονοπάτια.

8.3 Ενίσχυση της Απωθητικότητας των Αναπνευστικών Σταγονιδίων

Βάσει του γεγονότος ότι ο COVID-19 μεταδίδεται ουσιαστικά από αναπνευστικά σταγονίδια, θα ήταν λογικό να έχουμε κάποιο είδος σούπερ απωθητικού φινιρίσματος και στις δύο πλευρές του εξώτατου στρώματος για βελτιωμένη επίδραση προστασίας για τον χρήστη (υγιές άτομο) από αναπνευστικά σταγονίδια, ακριβώς όπως μερικές χειρουργικές μάσκες (Shen and Leonas, 2005). Για παράδειγμα, οι Katoh et al. (Katoh et al., 2019) απέδειξαν την αποτελεσματικότητα μιας υπερ-υδρόφοβης επικάλυψης με βάση φθοράνθρακα σε μια χειρουργική εσθήτα, αποτρέπει την προσκόλληση του ιού επιτρέποντας σταγονίδια μολυσματικών σωματικών υγρών να ξετυλίγονται εύκολα από την επιφάνεια του υφάσματος. Επιπλέον, οι συγγραφείς ανέφεραν ότι τα υψηλά απωθητικό υγρού, που σχετίζεται με χαμηλή γωνία ολίσθησης, αντιστρόφως σχετίζεται με την προσκόλληση του ιού. Σχετικά με το θέμα της υπερ-υδροφοβίας, πρόσφατα δεδομένα (Jonas et al., 2020) έχουν δείξει ότι, εκτός από την επιφανειακή ενέργεια των ινών, η έμφυτη μικρο-κλίμακα τραχύτητας υδρόφοβων υφασμάτων (όπως ο πολυεστέρας) μπορεί να έχει αντίκτυπο στην απωθητικότητα του νερού, αποφεύγοντας τη χρήση νανο φορτίων, όταν εφαρμόζεται ένα μη τοξικό φθοριούχο πολυμερές φινιρίσμα και αποδίδει μικρές γωνίες κλίσης ή κύλισης (Zimmermann et al., 2009). Η επιλογή κατάλληλης υφασμάτινης φύσης και δομής που διασφαλίζει τόσο αποτελεσματικότητα φιλτραρίσματος όσο και την σούπερ απωθητικότητα όταν εφαρμόζεται φθοριούχο φινιρίσμα, μπορεί σίγουρα να ενισχύσει την προστασία που προσφέρεται από τη μάσκα υφάσματος.

Επιπλέον, η έρευνα έχει δείξει ότι οι υδρατμοί στον εκπνεόμενο αέρα τείνουν να συμπυκνώνονται και να προκαλούν απόφραξη των πόρων προκαλώντας χαμηλή απόδοση διήθησης στην πρόσοψη του προσώπου (Hussainy H, 2016). Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική αναπνευστική αντίσταση (Roberge et al., 2012) και να αυξήσει τον καρδιακό ρυθμό, το θερμικό στρες, δημιουργώντας έτσι μια υποκειμενική αντίληψη της δυσφορίας (Li et al., 2005) για τον χρήστη. Όταν τα αναπνευστικά σταγονίδια συσσωρεύονται στην επιφάνεια των υπερ-υδρόφοβων φίλτρων ινών, σχηματίζουν μεγαλύτερα σταγονίδια και στη συνέχεια μπορούν να απομακρυνθούν, ελαχιστοποιώντας την πτώση πίεσης (Liu et al., 2019) και βελτιώνοντας την απόδοση της διήθησης.

8.4 Οφέλη από ένα Αντιμικροβιακό Υφασμάτινο Στρώμα

Δεύτερον, υπάρχει πληθώρα γνώσεων σχετικά με χημικές ενώσεις, όπως άλατα τεταρτοταγούς αμμωνίου, ιόντα αργύρου (Verma and Maheshwari, 2019) και βιοχημικά με βάση τα φυτά όπως η κουερκετίνη (Maalik et al., 2014), έλαιο ευκαλύπτου ή έλαιο τσαγιού (Usachev et al., 2013) καθώς επίσης και η βιο-βασισμένη χιτοζάνη (Liu et al., 2019) που μπορούν να προσδώσουν αντι-ικές ιδιότητες στα υφάσματα. Πιστεύουμε ότι με την επιτυχή δοκιμή τοξικότητας και οικοτοξικότητας στον άνθρωπο, οι βιομηχανίες κλωστοϋφαντουργίας και μεταποίησης μπορούν ενδεχομένως να κατασκευάσουν ορισμένες από αυτές τις ενώσεις στα υφάσματα και να τις διαθέσουν σε λογικές τιμές στο ευρύ κοινό.

Ωστόσο, σε αυτήν την πανδημική κατάσταση, η πιο βολική μέθοδος για την απενεργοποίηση του ιού φαίνεται να είναι αυτή που παρέχεται από ίνες επικαλυμμένες με άλας NaCl. Οι ίνες με τήξη πολυπροπυλενίου προ-διαβρέχτηκαν και μετά επικαλύφθηκαν με υδατικό διάλυμα χλωριούχου νατρίου και τασιενεργού, απενεργοποιήθηκαν αποτελεσματικά ο ιός της γρίπης H1N1 (Quan et al., 2017). Η αύξηση της ωσμωτικής πίεσης όταν τα σταγονίδια έρχονται σε επαφή με τους κρυστάλλους άλατος, καθώς και η φυσική βλάβη των ιών από το κρυσταλλωμένο άλας, ήταν οι κύριες αιτίες της απενεργοποίησης του ιού.

Αυτές οι μέθοδοι μπορούν να εφαρμοστούν σε μη υφασμένα μαφομάντηλα μιας χρήσης τα οποία μπορούν στη συνέχεια να εισαχθούν μεταξύ των εσωτερικών και εξωτερικών στρωμάτων της σπιτικής μάσκας υφασμάτων, για να αποφευχθεί η άμεση επαφή με το δέρμα, αλλά φυσικά πρέπει να επικυρωθεί η αναπνοή τέτοιων μασκών.

8.5 Βελτίωση της Αποτελεσματικότητας Φιλτραρίσματος Χρησιμοποιώντας Κατιονικά Φορτία

Ένας πιθανός τρόπος βελτίωσης της διήθησης των ιογενών σωματιδίων χωρίς να μπλοκάρει τους πόρους του υφάσματος είναι η επικάλυψη των ινών με κατιονικά πολυμερή χρησιμοποιώντας τη διαδικασία επένδυσης (Behary et al., 2015). Μια τέτοια στρατηγική έχει ήδη υιοθετηθεί για το φιλτράρισμα ανθρώπινων παθογόνων ιογενών ιών χρησιμοποιώντας κατιονικό πολυμερές πολυαιθυλενοϊμίνη (PEI) (Sinclair et al., 2019), καθώς και για αποτελεσματική διήθηση σωματιδίων (<2,5 μm) (Liu et al., 2020a, Liu et al., 2020b) και απορρόφηση βακτηριακών λιποπεπτιδίων (Behary et al., 2015) χρησιμοποιώντας κατιονική

χιτοζάνη. Εάν αυτή η επιλογή έχει επιλεγεί εκτός από την απωθητικότητα του νερού, μπορούν να χρησιμοποιηθούν δύο διαφορετικά στρώματα υφάσματος για τις δύο διαφορετικές λειτουργίες. Ωστόσο, τα οφέλη από την εναπόθεση πολυμερούς (απωθητικό φινίρισμα ή κατιονικό πολυμερές) δεν θα πρέπει να εμποδίζουν την αποτελεσματικότητα διήθησης που προκαλείται μέσω ηλεκτροστατικών φορτίων από ίνες υφασμάτων.

8.6 Ασπίδες Προσώπου

Αν και δεν σχετίζεται άμεσα με το κύριο θέμα αυτού του εγγράφου, είναι επιτακτική ανάγκη να δώσουμε σοβαρή προσοχή στη χρήση ασπίδων στο κοινό, εκτός από μια μάσκα προσώπου. Δεν υπάρχει αμφιβολία στην ιατρική βιβλιογραφία σχετικά με την αποτελεσματικότητα των ασπίδων προσώπου ως φυσικού φραγμού για την πρόληψη της μετάδοσης του ιού σε εργαζόμενους στον τομέα της υγείας (Naroli et al., 2020). Έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους Bischoff et al. (2011) επιβεβαίωσε την υψηλότερη προστασία που παρέχεται από έναν πρόσθετο εξοπλισμό προστασίας των ματιών, όταν χειρουργικές ή μάσκες N95 φοριούνται από υγιή άτομα. Η χρήση της ασπίδας προσώπου είναι ένα επιπλέον εργαλείο για την ενίσχυση της προστασίας τόσο για τον χρήστη όσο και για την προστασία άλλων από τον χρήστη, θα ήταν να φοράτε προστατευτικό πρόσωπο. Αυτά μπορούν να γίνουν εύκολα τοπικά χρησιμοποιώντας εκτυπωτή 3D ή εύκολα χειροποίητα χρησιμοποιώντας για παράδειγμα διαφανείς διαφάνειες ή φιάλες. Φορεμένο από έναν μολυσμένο ή υγιή χρήστη, θα μειώσει ριζικά τη μετάδοση των σταγονιδίων στον υγιή χρήστη και θα αποφύγει τη διακυτταρική μετάδοση.

Συμπεράσματα

Η άνευ προηγουμένου πανδημία COVID-19 έχει αποδείξει πόσο απροετοίμαστο και ευάλωτο είναι τα συστήματα υγείας μας. Παρά την ιατρική, επιστημονική και τεχνολογική πρόοδο που έχει σημειωθεί τον περασμένο αιώνα από την πανδημία της ισπανικής γρίπης το 1918, κυβερνήσεις σε όλο τον κόσμο έπρεπε να καταφύγουν στο παλιό παραδοσιακό μοντέλο πρόληψης ασθενειών, όπως απομόνωση, καραντίνα και κλειδώματα. Το αίτημα για καθολική απόκρυψη για να σπάσει την αλυσίδα μετάδοσης είναι ένα ακόμη εύγλωττο παράδειγμα μιας απλής φθηνής επέμβασης ενός αιώνα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ξανά, παρά όλες τις εξελιγμένες γνώσεις και τεχνολογίες που έχουμε στη διάθεσή μας σήμερα. Ωστόσο, υπάρχει ο κίνδυνος το ευρύ κοινό να κάνει κακή επιλογή χωρίς ενημέρωση επιλέγοντας τυχαίους τύπους υφάσματος για τις μάσκες υφασμάτων τους, αγνοώντας ακούσια το γεγονός ότι κάθε συγκεκριμένο κλωστοϋφαντουργικό προϊόν έχει τη δική του ικανότητα διήθησης και αναπνοή.

Σε αντίθεση με την εποχή της ισπανικής γρίπης, είμαστε τώρα σε καλύτερη θέση να αξιοποιήσουμε τη νέα επιστήμη της κλωστοϋφαντουργίας και της χημείας πολυμερών για να βελτιώσουμε την απόδοση των μάσκες υφασμάτων στη μάχη μας ενάντια στο Covid-19. Στην ουσία, πιστεύουμε ότι υπάρχουν αρκετά βασικά επιστημονικά στοιχεία στην ακαδημαϊκή βιβλιογραφία με κριτές που υποδηλώνουν ότι η αποτελεσματικότητα φιλτραρίσματος και οι αντι-ικές ιδιότητες των μη χειρουργικών μασκών υφασμάτων μπορούν να βελτιωθούν σημαντικά χωρίς σημαντικές οικονομικές επενδύσεις. Επιπλέον, εστίασαμε επίσης σε ένα άλλο σημαντικό στοιχείο της καθολικής πολιτικής κάλυψης: προσφέροντας προστασία στον χρήστη. Αυτό είναι συχνά ένα παραμελημένο μέρος ολόκληρης της καθολικής πολιτικής κάλυψης, καθώς έχασε ένα βασικό στοιχείο της επιστήμης της συμπεριφοράς για την υγεία, καθώς οι άνθρωποι πρέπει να δουν πώς μπορούν να προστατευθούν υιοθετώντας ένα συγκεκριμένο πρότυπο συμπεριφοράς.

Πρόσφατες εργασίες που πραγματοποιήθηκαν επιβεβαιώνουν την πιθανή χρήση ορισμένων υβριδικών υφασμάτων (συνδυασμών) για τη μέγιστη αποτελεσματικότητα διήθησης των αναπνευστικών σταγονιδίων και βιοαεροσολών. Η λεπτότητα των ινών και τα ηλεκτροστατικά φορτία θα ενισχύσουν αυτήν τη διήθηση. Ωστόσο, οι συνδυασμοί υφάσματος που προσδίδουν αποτελεσματική διήθηση και αναπνοή πρέπει να επιλέγονται προσεκτικά και να καταγράφονται σε βάσεις δεδομένων για χρήση από εταιρείες ή άτομα.

Με βάση ορισμένες πρόσφατες έρευνες, γίνονται κάποιες προτάσεις για την ενίσχυση της αποτελεσματικότητας των υφασμάτων, αν και συμπεραίνεται ότι η παρουσία ιώδους στρώματος με επικάλυψη με αλάτι και μια ασπίδα προσώπου θα ελαχιστοποιούσαν σημαντικά τη μετάδοση του ιού.

Ενώ η συζήτησή μας επικεντρώθηκε κυρίως σε τρόπους και μέσα για τη βελτίωση της ποιότητας των μασκών προσώπου, προορίζεται να είναι μέρος ολόκληρου του πακέτου παρεμβάσεων δημόσιας υγείας, όπως αυτό-απομόνωση για θετικούς ασθενείς με COVID-19, κοινωνικές αποστάσεις και αυστηρές πρακτικές υγιεινής των χεριών. Τα μηνύματα δημόσιας υγείας πρέπει να προειδοποιούν ότι η χρήση μάσκας δεν πρέπει να τους δίνει μια ψευδή αίσθηση προστασίας που μπορεί ενδεχομένως να τους ενθαρρύνει να συμμετάσχουν σε άλλες επικίνδυνες συμπεριφορές.

Επίλογος

Ένα σημαντικό και αναπτυσσόμενο τμήμα της κλωστοϋφαντουργίας αποτελεί ο ιατρικός τομέας και οι συναφείς τομείς υγειονομικής περίθαλψης και υγιεινής. Το κλωστοϋφαντουργικό προϊόν ήταν πάντα αναπόσπαστο κομμάτι της υγειονομικής περίθαλψης. Η ποικιλία των διαθέσιμων προϊόντων είναι τεράστια, αλλά συνήθως χρησιμοποιούνται στο χειρουργείο ή στο νοσοκομείο για την υγιεινή, τη φροντίδα και την ασφάλεια του προσωπικού και των ασθενών. Ο αριθμός των εφαρμογών κυμαίνεται από τον απλό τοπικό καθαρισμό της πληγής, έως τα προηγμένα υφάσματα φραγμού που χρησιμοποιούνται για χειρουργεία.

Οι κατασκευαστές κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων για ιατρικές εφαρμογές γνωρίζουν τις προκλήσεις και την ανάγκη να αναπτυχθούν νέοι οικονομικά αποδοτικοί τρόποι προστασίας τόσο του νοσοκομειακού προσωπικού όσο και των ασθενών τους από τα βακτήρια. Οι εισβολές ιών και σωματικών υγρών σε περιβάλλοντα χειρουργικών εγκαταστάσεων έχουν απασχολήσει ερευνητικά εργαστήρια και εγκαταστάσεις δοκιμών τα τελευταία χρόνια. Η ανάπτυξη νέων μεθόδων για τη βελτίωση των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, αποτελεί έναν από τους βασικότερους στόχους των αρμόδιων ερευνητικών ομάδων.

Βιβλιογραφία

- [1] J.E. McIntyre, P.N. Daniels (1995). Textile terms and definitions. 10th ed. Manchester: Textile Institute, pp.206-210
- [2] Akter, S., Azim, A., Al Faruque, A.: Medical Textiles: Significance and Future Prospect in Bangladesh (Issue 10) (2014)
<https://www.eujournal.org/index.php/esj/article/view/3196/3023>
- [3] Ε. Πάβη, Κ. Αθανασάκης, Μ. Ολλανδέζος, Γ.Κυριόπουλος (2017). Υγεία, φροντίδα υγείας και οικονομία της υγείας. Αθήνα: Παπαζήσης, σ.60-79, 113-129, 145
- [4] OECD, EU (2016). Health at a Glance: Europe 2016 – State of Health in the EU Cycle. Paris: OECD Publishing, pp.113-122.
- [5] E.E. Stout (1970). Introduction to textiles. Wiley, pp.130-168, 227-301
- [6] T for Textile, URL: <http://gpktt.weebly.com/classification-of-textile-fibers.html#> , προσπελάστηκε στις 17/4/2018.
- [7] J.E. Gordon, P. Ball (2006). The new science of strong materials, or, why you don't fall through the floor. New York: Princeton University Press, pp.243-289
- [8] A. Gullingsrud (2017). Fashion Fibers: Designing for Sustainability. New York: Fairchild Books, pp.123-163, 178
- [9] A. Cherif (2016). The Textile Process Chain and Classification of Textile Semi-finished Products. Springer-Verlag, pp. 89-91, 114-117, 192-243
- [10] A. Ekarius, D. Robson (2011). The Fleece & Fiber Sourcebook: More Than 200 Fibers, from Animal to Spun Yarn. 1st ed. USA: Storey Publishing, pp.17-45, 67-110, 240-250, 318-348
- [11] V.B. Gupta, V.K. Kothari (1997). Manufactured Fibre Technology. Springer-Verlag, pp. 18-90, 230-256, 314-398
- [12] J.S. Kadoiph (2015). Κλωστοϋφαντουργία Ι, Τεχνολογία Ινών και Νημάτων. Αθήνα: Ίων, κεφ.3, 4, 6, 11
- [13] W.Zhong (2013). An Introduction to Healthcare and Medical Textiles. Lancaster: DEStech Publications, chap. 2,3,4,5, 8, 9, 10, 11, 14
- [14] C.P. Poole, J. Frank, J. Owens (2003). Introduction to Nanotechnology. New York: John Wiley & Sons, pp.62-88
- [15] FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), ICAC (Cotton Advisory Committee) (2011). A Summary of the World Apparel Fiber Consumption Survey 2005–2008. Rome: FAO and ICAC, pp.1-13
- [16] B.J. Collier, P.G. Tortora (2001). Understanding Textiles. Englewood Cliffs: Prentice Hall, chapt.1,2,3,7

- [17] S. Shahidi, J. Wiener (2012). Antibacterial Agents in Textile Industry. Antimicrobial Agents Varaprasad Bobbarala, IntechOpen, Croatia, chap. 19
- [18] Gao, Y., Cranston, R.: Recent advances in antimicrobial treatments of textiles. Textile Research Journal (Issue 78) (2008), pp.60–72
- [19] Zanoaga, M., Tanasa, F: Antimicrobial reagents as functional finishing for textiles intended for biomedical applications. I. Synthetic organic compounds. Chemistry Journal of Moldova (Issue 9) (2014), pp.14-32
- [20] Bshena, O., Heunis, T.D., Dicks, L.M., Klumperman, B.: Antimicrobial fibers: Therapeutic possibilities and recent advances. Future Medicine and Chemistry (Issue 3) (2011), pp. 1821–1847
- [21] Simoncic, B., Tomsic, B.: Structures of novel antimicrobial agents for textiles—A review. Textile Research Journal (Issue 80) (2010), pp.1721–1737
- [22] Windler, L., Height, M., Nowack, B.: Comparative evaluation of antimicrobials for textile applications. Journal of International Environment (Issue 53) (2013), pp.62–73
- [23] Weinstein, R.A.: Controlling antimicrobial resistance in hospitals: Infection control and use of antibiotics. Emerging Infectious Diseases Journal (Issue 7) (2001), pp.188–192
- [24] Parveen Banu, K., Subramaniam, V., Pradeepa, P.: Non implantable materials in medical textiles (Issue4) (2014) <http://www.journalcra.com/sites/default/files/5372.pdf>
- [25] Grace, S.A.: Recent Developments in Medical Textiles Implantable Devices – An Overview GRA. Global Research Analysis (Vol. 2) (2013), pp.2277-8160
- [26] Chellamani, K.P., Vignesh Balaji, R.S., Veerasubramanian, D.: Medical Textiles: The Spunlace process and its application possibilities for hygiene textiles. Journal of Academia and Industrial Research (Issue 1) (2013), pp.735-739
- [27] V.T. Bartes (2011). Handbook of Medical Textiles, A volume in Woodhead Publishing Series in Textiles. Woodhead Publishing, chap. 1,3,5, 11, 18,19, 21,22, 2
- [28] Emery (1966). The Primary Structure of Fabrics. Washington, D.C.: Thames and Hudson, p. 180
- [29] Wikipedia, URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Gauze> , προσπελάστηκε στις 27/5/2018
- [30] G. Agrawal (2010). Fiber-Optic Communication Systems (4 ed.). Wiley, chap.1,2,3
- [31] Fibernet, URL: <http://www.fibernet.it/en/optical-fiber-made/> , προσπελάστηκε στις 1/4/2018.
- [32] Epstein, M.: Fiber optics in medicine. Critical Reviews in Biomedical Engineering (Issue 2, Vol. 7) (1982), pp. 79-120
- [33] U.S. Department of Health and Human Services (DHHS), Centers for Disease Control and Prevention (CDCP), National Center for Health Statistics (NCHS) (2010). Health, United

States, 2009, with Special Feature on Medical Technology. Hyattsville: DHHS, CDCP, NCHS, pp.59-102

[34] M. Vincent, P. Edwards (2016). Disposable surgical face masks for preventing surgical wound infection in clean surgery. Cochrane Database of Systematic Reviews. John Wiley & Sons, Ltd, chap. 4

[35] Wikipedia, URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Surgical_mask, προσπελάστηκε στις 29/3/201

[36] Dreams Time, URL: <https://gr.dreamstime.com/>, προσπελάστηκε στις 11/4/2018

[37] Onmed, URL: <https://www.onmed.gr/ygeia-eidhseis/story/353777/foritos-texnitos-pneymonas-poy-metaferetai-se-sakidio-platis>, προσπελάστηκε στις 28/3/201

[38] Textile Mates, URL: <https://www.textilemates.com/textile-business-global-market-present-future/>, προσπελάστηκε στις 3/7/2018.

[39] R.W. Fairlie, E.J. Reedy, A. Morelix, J. Russell (2016). The Kauffman Index 2016, Startup Activity, National Trends. Kansas City, Missouri: Kauffman Foundation, pp.23-38.

[40] Indian Textile Journal, URL: <http://www.indiantextilejournal.com/articles/FAdetails.asp?id=485>, προσπελάστηκε στις 12/5/2018.

[41] Ethicon, URL: http://www.ups.upenn.edu/surgery/Education/facilities/measey/Wound_Closure_Manual.pdf, προσπελάστηκε στις 1/4/2018

[42] H.R. Mankodi, Studies of different type of sutures using aloe vera gel coating. International Journal of Textile and Fashion Technology (Issue 4, Volume 1) (2013), pp. 2250-2378

[43] Dolphin Sutures, URL: <http://www.dolphinsutures.com/types-of-sutures>, προσπελάστηκε στις 3/4/2018.

[44] Technical Textiles, URL: <http://www.technicaltextile.net/medical-textiles/artificial-joints/index.aspx>, προσπελάστηκε στις 18/4/2018.

[45] Manian, A.P., Široká, B., Bechtold, T., Polysaccharide Applications in Textiles and Materials Technologies. Lenzinger Berichte (Issue 91) (2013), pp.98 – 102.

[46] M. Fouda (2008). Use of Natural Polysaccharides in Medical Textile Applications. Polysaccharides and its Medical Applications. Duisburg: University of Duisburg-Essen, chapt. 1,2.

[47] Khan, Y., Yaszemski, M.J., Mikos, A.G., Laurencin, C.T., Tissue engineering of bone: Material and matrix considerations. Journal of Bone and Joint Surgery in America (Issue 9, Volume 1) (2008), pp.36-42.

- [48] Rezwan, K., Chen, Q.Z., Blaker, J.J., Boccaccini, A.R., Biodegradable and bioactive porous polymer/inorganic composite scaffolds for bone tissue engineering. *Biomaterials* (Issue 27) (2006), pp.3413–3431.
- [49] Yoshimoto, H., Shin, Y.M., Terai, H., Vacanti, J.P., A biodegradable nanofiber scaffold by electrospinning and its potential for bone tissue engineering. *Biomaterials* (Issue 24) (2003), pp.2077–2082.
- [50] Kim, H.W., Yu, H.S., Lee, H.H., Nanofibrous matrices of poly(lactic acid) and gelatin polymeric blends for the improvement of cellular responses. *Journal of Biomedical Materials Research* (Issue 87) (2008), pp.25–32.
- [51] Sui, G., Yang, X., Mei, F., Hu, X., Chen, G., Deng, X., Ryu, S., Poly-L-lactic acid/hydroxyapatite hybrid membrane for bone tissue regeneration. *Journal of Biomedical Materials Research* (Issue 82) (2007), pp.445–454.
- [52] Textile World, URL: <http://www.textileworld.com/textile-world/features/2017/02/antimicrobial-fibers-history-uses-applications/> , προσπελάστηκε 13/3/2018
- [53] Gouveia, I.C. (2010). Nanobiotechnology: A new strategy to develop non-toxic antimicrobial textiles. *Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology*, pp. 406-414.
- [54] Textile Today, URL: <https://www.textiletoday.com.bd/antimicrobial-finishes-textile-materials/> , προσπελάστηκε 6/3/2018.
- [55] Joshi, M., Bhattacharyya, A., Nanotechnology – a new route to high-performance functional textiles. *Textile Progress* (Issue 43, Volume 3) (2011), pp.155-233
- [56] Vasita, R., Katti, D., Nanofibers and their applications in tissue engineering. *International Journal of Nanomedicine* (Issue 1, Volume 1) (2006), pp.15-30.
- [57] Reneker, D., Chun, I., Nanometre diameter fibres of polymer produced by electrospinning. *Nanotechnology* (Issue 7, Volume 3) (1996), pp.216-223.
- [58] Li, D., Xia, Y., Electrospinning of nanofibers: reinventing the wheel?. *Advances in Materials* (Issue 16, Volume 14) (2004), pp. 1151–1170
- [59] B.L. Banik, L.B. Justin (2014). *Natural and Synthetic Biomedical Polymers*. Netherlands: Elsevier, pp.387–395.
- [60] Azonano, URL: <https://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=4377> , προσπελάστηκε 4/5/2018.
- [61] T. Blair (2015). *Biomedical Textiles for Orthopaedic and Surgical Applications, Fundamentals, Applications and Tissue Engineering* (1st edition). UK: Woodhead Publishing, chapt.3,4,5.
- [62] Sinha, K., Das Saha, P., Ramya, V., Datta, S., Improved Extraction of Natural Blue dye from Butterfly Pea using Microwave Assisted Methodology to Reduce the Effect of

Synthetic Blue Dye. *International Journal of Chemical Technology* (Issue 4, Volume 2) (2012), pp. 57-65.

[63] Mečnika, V., Hoerr, M., Krieviņš, I., Schwarz, A., Smart textiles for healthcare: applications and technologies. *Rural Environment, Education, Personality* (Issue 7) (2014), pp.150- 161

[64] Kokabi, M., Sirousazar, M., Hassan, Z.M., PVA-clay nanocomposite hydrogels for wound dressing. *European Polymers Journal* (Issue 43) (2007), pp.773-781.

[65] Petruyte, S., Advanced textiles material and biopolymers in wound management. *Danish Medical Bulletin* (Issue 55, Volume 1) (2008), p.72.

[66] Gupta, B., Agarwal, R. & Alam, M.S., Textile-based smart wound dressings. *Indian Journal of Fibre and Textile Research* (Issue 35) (2018), p.174.

[67] Marschollek, M., Gietzelt, M., Schulze, M., Kohlmann, M., Song, B., Wolf, K.H., Wearable Sensors in Healthcare and Sensor-Enhanced Health Information Systems: All Our Tomorrows? *Healthcare Informatics Research* (Issue 18, Volume 2) (2012), pp.97-104.

[68] Wolf, K.H., Bott, O.J., Howe, J., Haux, R., Sensors for health-related parameters and data fusion approaches, *Proceedings of the European Conference on eHealth, 2007*, pp.155–162.

[69] Gietzelt, M., Wolf, K.H., Haux, R., A nomenclature for the analysis of continuous sensor and other data in the context of health-enabling technologies. *Studies on Health Technological Informatics* (Issue 169) (2011), pp.460–464.

[70] Lymberis A., Olsson S., *Intelligent Biomedical Clothing for Personal Health and Disease Management: State of the Art and Future Vision*. *Telemed. Journal of E-Health* (Issue 9) (2003), pp.379–386.

[71] Zhang X., Tao X., Smart textiles: Passive smart. *Textiles in Asia* (Issue 21) (2001), pp.45–49.

[72] Li, H.N., Li, D.S., Song, G.B., Recent applications of fiber optic sensors to health monitoring in civil engineering. *Engineering Structures* (Issue 26) (2014), pp.1647–1657.

[73] Inan, O.T., Etemadi, M., Wiard, R.M., Giovangrandi, L., Kovacs, GT., Robust ballistocardiogram acquisition for home monitoring. *Physiology Measures* (Issue 30) (2009), pp.169–185.

[74] Da Silva, A.F., Gonçalves, A.F., de Almeida Ferreira, L.A., Araújo, F.M.M., Mendes, P.M., Correia, J.H., PVC smart sensing foil for advanced strain measurements. *IEEE Sensors Journal* (Issue 10) (2010), pp. 1149–1155.

[75] H.R. Mattila (2006). *Intelligent textile & clothing*. UK: Woodhead Publishing, p.296.

[76] E. Wilusz (2008). *Military Textiles*. UK: Woodhead Publishing, p.193.

[77] R. Kramme, K.P. Hoffmann, R.S. Pozos (2011). *Springer Handbook of Medical Technology*. Berlin: Springer, pp. 1321-1336.

- [78] 3M. 2020a. Respirators and surgical masks: a comparison. Technical Bulletin March, 2020 Revision 1. (3M). (MN USA).
- [79] 3M . Comparison of FFP2 2, KN95, and N95 and other filtering facepiece respirator classes. In: Company M, editor. Technical bulletin. May 2020. Revision 2. 3M; MN, USA: 2020. [Google Scholar]
- [80] Arons M.M., Hatfield K.M., Reddy S.C., Kimball A., James A., Jacobs J.R. Presymptomatic sars-cov-2 infections and transmission in a skilled nursing facility. *N. Engl. J. Med.* 2020;382:2081–2090. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
- [81] Asadi, Bouvier, Wexler, Ristenpart The coronavirus pandemic and aerosols: Does covid-19 transmit via expiratory particles? *Aerosol Sci. Technol.* 2020;54:635–638. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
- [82] Asadi S., Wexler A.S., Cappa C.D., Barreda S., Bouvier N.M., Ristenpart W.D. Aerosol emission and superemission during human speech increase with voice loudness. *Sci. Rep.* 2019;9:10. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
- [83] Behary N., Lecouturier D., Perwuelz A., Dhulster P. Elucidating membrane surface properties for preventing fouling of bioreactor membranes by surfactin. *Journal of Applied Polymer Science.* 2015:132. [Google Scholar]
- [85] Bischoff W.E., Reid T., Russell G.B., Peters T.R. Transocular entry of seasonal influenza-attenuated virus aerosols and the efficacy of n95 respirators, surgical masks, and eye protection in humans. *J. Infect. Dis.* 2011;204:193–199. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
- [86] Canada . 2020. Coronavirus Disease (COVID-19): Travel Restrictions, Exemptions and Advice. [Google Scholar]
- [87] CDC U . 2020. Recommendation Regarding the Use of Cloth Face Coverings, Especially in Areas of Significant Community-based Transmission. (Atlanta, Georgia, USA) [Google Scholar]
- [88] CDC U . 2020. Social Distancing, Quarantine, and Isolation. (Atlanta, Gorgia, USA) [Google Scholar]
- [89] Cheng Z.J., Shan J. 2019 novel coronavirus: where we are and what we know. *Infection.* 2020;48:155–163. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
- [90] Cheng K.K., Lam T.H., Leung C.C. Wearing face masks in the community during the covid-19 pandemic: altruism and solidarity. *Lancet.* 2020 doi: 10.1016/S0140-6736(20)30918-1. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
- [91] Davies A., Thompson K.-A., Giri K., Kafatos G., Walker J., Bennett A. Testing the efficacy of homemade masks: would they protect in an influenza pandemic? *Disaster Med Public Health Prep.* 2013;7:413–418. [PMC free article] [PubMed] [Google Schola]

- [92] Dong E., Du H., Gardner L. An interactive web-based dashboard to track covid-19 in real time. *Lancet Infect. Dis.* 2020;20:533–534. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
- [93] Dubrovski P Brezočnik M. 2012. The usage of genetic programming to predict woven fabric porosity parameters. In: *The Usage of Genetic Methods for Prediction of Fabric Porosity*, (Ventura S). (Slovenia).
- [94] Eikenberry S.E., Mancuso M., Iboi E., Phan T., Eikenberry K., Kuang Y. To mask or not to mask: modeling the potential for face mask use by the general public to curtail the covid-19 pandemic. *Infectious Disease Modelling.* 2020;5:293–308. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
- [95] Greenhalgh T. Face coverings for the public: laying straw men to rest. *Journal of Evaluation in Clinical Practice* (n/a:e13415). [PubMed]
- [96] Greenhalgh T., Schmid M.B., Czypionka T., Bassler D., Gruer L. Face masks for the public during the covid-19 crisis. *BMJ.* 2020;369:m1435. [PubMed] [Google Scholar]
- [97] Gunia A. Here's Why It's Not Going to Get Better Anytime Soon. *Time* (Hong Kong) 2020. There aren't enough medical masks to fight coronavirus. [Google Scholar]
- [98] Guo Z.D., Wang Z.Y., Zhang S.F., Li X., Li L., Li C. Aerosol and surface distribution of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 in hospital wards, Wuhan, China, 2020. *Emerg. Infect. Dis.* 2020;26 [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
- [99] Harrel S.K. Airborne spread of disease—the implications for dentistry. *Journal of the California Dental Association.* 2004;32:901–906. [PubMed] [Google Scholar]
- [100] Hinds W. *Aerosol Technology: Properties, Behavior, and Measurement of Airborne Particles*. 2nd ed. New York; John Wiley & Sons: 1999. Chapter 9 – filtration; Pp. 182–205. [Google Scholar]
- [101] Hussainy H K.F. Eliminating fogging in surgical visor masks. *The Bulletin of the Royal College of Surgeons of England.* 2016;98:164–167. [Google Scholar]
- [102] Jonas A.M., Cai R.G., Vermeyen R., Nysten B., Vanneste M., De Smet D. How roughness controls the water repellency of woven fabrics. *Mater. Des.* 2020;187 [Google Scholar]
- [103] Katoh I., Tanabe F., Kasai H., Moriishi K., Shimasaki N., Shinohara K. Potential risk of virus carryover by fabrics of personal protective gowns. *Front. Public Health.* 2019;7(121) [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
- [104] Kimball A., Hatfield K.M., Arons M., James A., Taylor J., Spicer K. Asymptomatic and presymptomatic sars-cov-2 infections in residents of a long-term care skilled nursing facility – King County, Washington, March 2020. *MMWR Morb. Mortal. Wkly Rep.* 2020;69:377–381. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]

- [105] Konda A., Prakash A., Moss G.A., Schmoldt M., Grant G.D., Guha S. Aerosol filtration efficiency of common fabrics used in respiratory cloth masks. *ACS Nano*. 2020;14:6339–6347. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
- [106] Leung C.C., Lam T.H., Cheng K.K. Mass masking in the covid-19 epidemic: people need guidance. *Lancet*. 2020;395:945. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
- [107] Li Y., Tokura H., Guo Y.P., Wong A.S.W., Wong T., Chung J. Effects of wearing n95 and surgical facemasks on heart rate, thermal stress and subjective sensations. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*. 2005;78:501–509. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
- [108] Liu H., Huang J.Y., Mao J.J., Chen Z., Chen G.Q., Lai Y.K. Transparent antibacterial nanofiber air filters with highly efficient moisture resistance for sustainable particulate matter capture. *Iscience*. 2019;19 (214–+) [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
- [109] Liu Y., Gayle A.A., Wilder-Smith A., Rocklöv J. The reproductive number of covid-19 is higher compared to sars coronavirus. *Journal of Travel Medicine*. 2020;27 [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
- [110] Liu Y., Qian X., Zhang H., Wang L., Zou C., Cui Y. Preparing micro/nano-fibrous filters for effective pm 2.5 under low filtration resistance. *Chemical Engineering Science*. 2020:217. [Google Scholar]
- [111] Ma Q.X., Shan H., Zhang H.L., Li G.M., Yang R.M., Chen J.M. Potential utilities of mask-wearing and instant hand hygiene for fighting sars-cov-2. *J. Med. Virol*. 2020 doi: 10.1002/jmv.25805. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
- [112] Maalik A., Khan F.A., Mumtaz A., Mehmood A., Azhar S., Atif M. Pharmacological applications of quercetin and its derivatives: a short review. *Trop. J. Pharm. Res*. 2014;13:1561–1566. [Google Scholar]
- [113] MacIntyre C.R., Seale H., Dung T.C., Hien N.T., Nga P.T., Chughtai A.A. A cluster randomised trial of cloth masks compared with medical masks in healthcare workers. *BMJ Open*. 2015;5:e006577. Doi: 10.1136/bmjopen-2014-006577. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
- [114] Mahase E. Covid-19: what is the evidence for cloth masks? *Bmj-British Medical Journal*. 2020;369 [PubMed] [Google Scholar]
- [115] Mao N., Russell S.J. Chapter 13 – fibre to fabric: nonwoven fabrics. In: Sinclair R., editor. *Textiles and Fashion*. Woodhead Publishing; 2015. Pp. 307–335. [Google Scholar]
- [116] Martin G.P., Hanna E., Dingwall R. Urgency and uncertainty: Covid-19, face masks, and evidence informed policy. *BMJ*. 2020;369:m2017. [PubMed] [Google Scholar]
- [117] Mittal R., Ni R., Seo J.H. The flow physics of covid-19. *J. Fluid Mech*. 2020;894:14. [Google Scholar]
- [118] Morawska L., Johnson G.R., Ristovski Z.D., Hargreaves M., Mengersen K., Corbett S. Size distribution and sites of origin of droplets expelled from the human respiratory tract during expiratory activities. *J. Aerosol Sci*. 2009;40:256–269. [Google Scholar]

- [119] Napoli P.E., Nioi M., d'Aloja E., Fossarello M. The ocular surface and the coronavirus disease 2019: does a dual 'ocular route' exist? *J. Clin. Med.* 2020;9 [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
- [120] Ogulata R.T., Mezarciroz S. Total porosity, theoretical analysis, and prediction of the air permeability of woven fabrics. *The Journal of The Textile Institute.* 2012;103:654–661. [Google Scholar]
- [121] Pan M., Eiguren-Fernandez A., Hsieh H., Afshar-Mohajer N., Hering S.V., Lednicky J. Efficient collection of viable virus aerosol through laminar-flow, water-based condensational particle growth. *J. Appl. Microbiol.* 2020;120:805–815. [PubMed] [Google Scholar]
- [122] Payen J., Vroman P., Lewandowski M., Perwuelz A., Callé-Chazelet S., Thomas D. Influence of fiber diameter, fiber combinations and solid volume fraction on air filtration properties in nonwovens. *Text. Res. J.* 2012;82:1948–1959. [Google Scholar]
- [123] Purchas D.B., Sutherland K. Chapter 2 – woven fabric media. In: Purchas D.B., Sutherland K., editors. *Handbook of Filter Media*. Second edition. Elsevier Science; Amsterdam: 2002. Pp. 35–80. [Google Scholar]
- [124] Quan F.-S., Rubino I., Lee S.-H., Koch B., Choi H.-J. Universal and reusable virus deactivation system for respiratory protection. *Sci. Rep.* 2017;7 [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
- [125] Ren T., Dormitorio T.V., Qiao M.Y., Huang T.S., Weese J. N-halamine incorporated antimicrobial nonwoven fabrics for use against avian influenza virus. *Vet. Microbiol.* 2018;218:78–83. [PubMed] [Google Scholar]
- [126] Rengasamy S., Eimer B., Shaffer R.E. Simple respiratory protection—evaluation of the filtration performance of cloth masks and common fabric materials against 20–1000 nm size particles. *Ann Occup Hyg.* 2010;54:789–798. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
- [127] Rengasamy, Zhuang, Niezgod, Walbert, Lawrence, Boutin A comparison of total inward leakage measured using sodium chloride (NaCl) and corn oil aerosol methods for air-purifying respirators. *J. Occup. Environ. Hyg.* 2018;(15):616–627. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
- [128] Roberge R.J., Kim J.H., Coca A. Protective facemask impact on human thermoregulation: an overview. *Ann. Occup. Hyg.* 2012;56:102–112. [PubMed] [Google Scholar]
- [129] Setti L. Airborne transmission route of COVID-19: why 2 meters/6 feet of inter-personal distance could not be enough. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2020;17(8):2932. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]

- [130] Shakya K.M., Noyes A., Kallin R., Peltier R.E. Evaluating the efficacy of cloth facemasks in reducing particulate matter exposure. *J Expo Sci Environ Epidemiol.* 2017;27:352–357. [PubMed] [Google Scholar]
- [131] Shen H., Leonas K.K. Study of Repellent finish of filtration ability of surgical face masks. *International Nonwovens Journal.* 2005;os-14(4) (1558925005os-1551400403) [Google Scholar]
- [132] Shimasaki N., Okaue A., Morimoto M., Uchida Y., Koshiha T., Tsunoda K. A multifaceted evaluation on the penetration resistance of protective clothing fabrics against viral liquid drops without pressure. *Biocontrol Science.* 2020;25:9–16. [PubMed] [Google Scholar]
- [133] Sinclair T.R., Patil A., Raza B.G., Reurink D., van den Hengel S.K., Rutjes S.A. Cationically modified membranes using covalent layer-by-layer assembly for antiviral applications n drinking water. *J. Membr. Sci.* 2019;570:494–503. [Google Scholar]
- [134] Steffens J., Coury J.R. Collection efficiency of fiber filters operating on the removal of nano-sized aerosol particles: I – homogeneous fibers. *Sep. Purif. Technol.* 2007;58:99–105. [Google Scholar]
- [135] Sunjaya A.P., Jenkins C. Rationale for universal face masks in public against covid-19. *Respirology.* 2020;25:678–679. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
- [136] Tanne J.H. Americans are told to wear cloth masks. *BMJ.* 2020;369:m1411. [PubMed] [Google Scholar]
- [137] Toth A., Fackelmann J., Pigott W., Tolomeo O. Tuberculosis prevention and treatment. *Can Nurse.* 2004;100:27–30. [PubMed] [Google Scholar]
- [138] Tsai P.P., Schreuder-Gibson H., Gibson P. Different electrostatic methods for making electret filters. *J. Electrostat.* 2002;54:333–341. [Google Scholar]
- [139] Usachev E.V., Pyankov O.V., Usacheva O.V., Agranovski I.E. Antiviral activity of tea tree and eucalyptus oil aerosol and vapour. *J. Aerosol Sci.* 2013;59:22–30. [Google Scholar]
- [140] Van der Sande M., Teunis P., Sabel R. Professional and home-made face masks reduce exposure to respiratory infections among the general population. *PLoS One.* 2008;3:e2618. Doi: 10.1371/journal.pone.0002618. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
- [141] Verma P., Maheshwari S.K. Applications of silver nanoparticles in diverse sectors. *International Journal of Nano Dimension.* 2019;10:18–36. [Google Scholar]
- [142] Zimmermann, Seeger, Reifler Water shedding angle: A new technique to evaluate the water-repellent properties of superhydrophobic surfaces. *Text. Res. J.* 2009;79:1565–1570. [Google Scholar]