



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**

**Εφαρμογές  
Κλωστοϋφαντουργικών  
Προϊόντων στην Ιατρική**

**Πτυχιακή Εργασία**

**Άννα Ντούρο ΑΜ :44226**

**Μαρία Μακρυγιάννη ΑΜ :32234**

**Επιβλέπων:**

**Γεώργιος Πρινιωτάκης**

**Αναπληρωτής Καθηγητής**

**ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ  
2018**

**Applications  
of Textile Products  
in Medical Sector**

**Degree Thesis**

**Anna Ntouro RN:44226**

**Maria Makrigianni RN:32234**

**Supervisor**

**George Priniotakis**

**Associate Professor**

**JANUARY  
2018**

**Copyright ©**

**Άννα Ντούρο, 2018**

**Μαρία Μακρυγιάννη, 2018**

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 ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

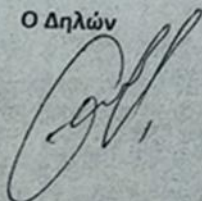
Ο/Η κάτωθι υπογεγραμμένος/η Ελίσα Νάροια του Φίλιππου, φοιτητής του Τμήματος Βιοτεχνολογίας Πορτοφύτων και Σχεδίου του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, πριν αναλάβω την εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου, δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

«Η Πτυχιακή Εργασία (Π.Ε) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του συγγραφέα, όσο και του ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και πρωτότυπο περιεχόμενο.

Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται αυτούσιο ή μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε, ο οποίος φέρει και την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα, σε περίπτωση που το Ίδρυμα του έχει απονεμίσει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφασή της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση Π.Ε με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε πρέπει να ολοκληρωθεί εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού βμήνου από την ημερομηνία ανάθεσής της.

Ο Δηλών



Ημερομηνία

28/12/18

**ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

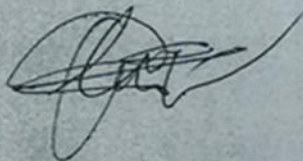
Ο/Η κάτωθι υπογεγραμμένος/η Μαρία Μαργαρίτα του Γεωργίου φοιτητής του Τμήματος Κλινική Φαρμακολογία του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, πριν αναλάβω την εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου, δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

«Η Πτυχιακή Εργασία (Π.Ε) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και πρωτότυπο περιεχόμενο.

Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται αυτούσιο ή μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε, ο οποίος φέρει και την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα, σε περίπτωση που το Ίδρυμα του έχει απονείμει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφασή της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση Π.Ε με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε πρέπει να ολοκληρωθεί εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού βμήνου από την ημερομηνία ανάθεσής της.

Ο Δηλών



Ημερομηνία

28/12/18

## **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.

## **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.....	4
Abstract.....	5
Κατάλογος Πινάκων .....	8
Κατάλογος Εικόνων.....	8
Κατάλογος Όρων και Συντομογραφιών.....	9
<b>1 Κεφάλαιο .....</b>	<b>Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.</b>
1.1 Αντικείμενο της πτυχιακής εργασίας .....	12
1.2 Μεθοδολογία.....	13
1.3 Δομή.....	13
<b>2 Ιατρική και κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα .....</b>	<b>14</b>
2.1 Οικονομικά στοιχεία .....	14
2.2 Κατηγοριοποίηση κλωστοϋφαντουργικών ινών .....	15
2.2.1 Φυσικές Ίνες.....	16
2.2.2 Τεχνητές ίνες .....	18
2.3 Διαδικασίες πρόσβασης σε ιατρικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα.....	19
2.4 Αντιμικροβιακή κατεργασία .....	21
<b>3 Εξωτερικές εφαρμογές.....</b>	<b>23</b>
3.1 Μη Εμφυτεύσιμα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα.....	23
3.1.1 Επίδεσμος.....	23
3.1.2 Γάζα.....	24
3.1.3 Οπτικές ίνες.....	25
3.1.4 Ιατρική (χειρουργική) μάσκα .....	26
3.2 Εξωτερικές συσκευές υποβοήθησης .....	26
3.2.1 Τεχνητό νεφρό (αιμοκάθαρση) .....	27
3.2.2 Μηχανικοί πνεύμονες.....	27
<b>4 Εσωτερικές εφαρμογές κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων για ιατρικές εφαρμογές. 29</b>	
4.1 Εμφυτεύσιμα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα.....	29
4.1.1 Ράμματα – απορροφήσιμα και μη απορροφήσιμα .....	30
4.1.2 Τεχνητές αρθρώσεις .....	31
4.1.3 Αγγειακά εμφυτεύματα .....	32
4.1.4 Χρήση φυσικών πολυσακχαριτών στην εφαρμογή ιατρικών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων .....	32
4.1.5 Τρισδιάστατα στημονοπλεκτά ικρίσματα μηχανικής ιστών.....	33



<b>5</b>	<b>Αντιμικροβιακή προστασία .....</b>	<b>35</b>
5.1	Μικροοργανισμοί και κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα .....	35
5.2	Αντιμικροβιακά φινιρίσματα .....	37
5.3	Νανοβιοτεχνολογία και αποτροπή τοξικότητας κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων .....	38
<b>6</b>	<b>Νανοϊνες.....</b>	<b>39</b>
6.1	Ηλεκτροσυσσωμάτωση και νανοϊνες.....	39
6.2	Δομές ΡΕΑ .....	40
<b>7</b>	<b>Έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα και ιατρική.....</b>	<b>42</b>
7.1	Έξυπνα υλικά περιποίησης πληγών .....	42
7.2	Αισθητήρες για υγειονομική περίθαλψη.....	44
7.3	Έξυπνες βαφές για ιατρικά υφάσματα .....	45
7.4	Τάσεις στα έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά υφάσματα.....	45
<b>8</b>	<b>Επίλογος .....</b>	<b>47</b>
<b>9</b>	<b>Αναφορές/Links .....</b>	<b>48</b>

## **Κατάλογος Πινάκων**

Πίνακας 1: Εμφυτεύσιμα προϊόντα [40] .....	30
Πίνακας 2: Τύποι βακτηρίων και μυκήτων [54] .....	36
Πίνακας 3: Αντιβακτηριακά χημικά [54] .....	36

## **Κατάλογος Εικόνων**

Εικόνα 1: Δαπάνες υγείας ως ποσοστό του ΑΕΠ [4] .....	15
Εικόνα 2: Κατηγορίες κλωστοϋφαντουργικών ινών [6] .....	16
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] .....	26
Εικόνα 6: Απεικόνιση τεχνητού νεφρού [36] .....	27
Εικόνα 7: Απεικόνιση φορητού τεχνητού πνεύμονα [37] .....	28
Εικόνα 8: Τύποι ραμμάτων [43] .....	31
Εικόνα 9: Ηλεκτροσυσσωμάτωση [60] .....	40
Εικόνα 10: Παραδείγματα εφαρμογών οπτικών ινών σε έξυπνα υφάσματα για περιβαλλοντική μηχανική [63] .....	42

## **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

# Εφαρμογές Κλωστοϋφαντουργικών Προϊόντων στην Ιατρική

## 1 Κεφάλαιο

### 1.1 Αντικείμενο της πτυχιακής εργασίας

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.

## 1.2 Μεθοδολογία

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

## 1.3 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 νανοΐνες, και αναλύεται η ηλεκτροσυσσωμάτωση και οι δομές PEA (Polymers Engineering Applications). Η έκτη και τελευταία 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. Στο τέλος υπάρχουν ορισμένα συμπεράσματα καθώς και η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε για την εκπόνηση της εργασίας αυτής.

## **2 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.

### **2.1 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 μονίμους 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 <sup>1</sup>	9,6	6,5	3,1	
Φινλανδία	9,3	7,0	2,4	
Νέα Ζηλανδία	9,2	7,4	1,8	
Κόστα Ρίκα <sup>2</sup>	9,1	6,6	2,5	2014
<b>ΟΟΣΑ35</b>	<b>9,0</b>	<b>6,5</b>	<b>2,5</b>	
Ισπανία	9,0	6,3	2,6	
Πορτογαλία	8,9	5,9	3,0	
Ιταλία	8,9	6,7	2,2	
Νότια Αφρική <sup>2</sup>	8,8	4,2	4,6	2014
Ισλανδία <sup>2</sup>	8,6	7,1	1,5	
Σλοβενία	8,6	6,1	2,4	
Χιλή	8,5	5,1	3,3	
<b>Ελλάδα</b>	<b>8,3</b>	<b>4,8</b>	<b>3,5</b>	
Ιρλανδία	7,8	5,5	2,3	
Κορέα	7,7	4,3	3,3	
Ουγγαρία	7,6	5,2	2,4	
Ισραήλ <sup>2</sup>	7,4	4,5	2,9	
Τσεχική Δημοκρατία	7,3	6,0	1,3	
Κολομβία <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	5,5	3,1	2,4	2014
Ινδία <sup>2</sup>	4,8	1,4	3,3	2014
Τουρκία	4,3	3,4	0,9	
Ινδονησία <sup>2</sup>	2,8	1,1	1,8	2014

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

## 2.2 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].



Εικόνα 2: Κατηγορίες κλωστοϋφαντουργικών ινών [6]

### 2.2.1 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 *karok 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 μακρυνά, 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 κατσίδα του κασμίρ. Η ίνα συλλέγεται με το χτένισμα του ζώου. Μια κατσίδα 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 κατσίδα 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 ινوسίνης, εκκρίνονται και συνδέονται μαζί, σε έναν απλό κλώνο. Κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας, η σερίνη απομακρύνεται αφήνοντας την πρωτεΐνη ινوسίνης. Το μετάξι παράγεται σε πολύ ελεγχόμενες συνθήκες περιβάλλοντος και διατροφής. Το Tussah ή το άγριο μετάξι συλλέγεται από φυσικές πηγές [8].

### 2.2.2 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 Iyocell. 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 αραμίδια, 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].

### **2.3 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 περιθαλψής κυμαίνεται από απλά υλικά γάζας ή επιδέσμου μέχρι ικριώματα 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 ικρίωματα 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].

## 2.4 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].

### 3 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.

#### 3.1 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: επίδεσμους, γάζες, στρώματα επαφής, οπτικές ίνες, ρόμπες, μάσκες, σεντόνια, επιθέματα, κ.λπ.[13].

##### 3.1.1 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 επίδεσμος

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

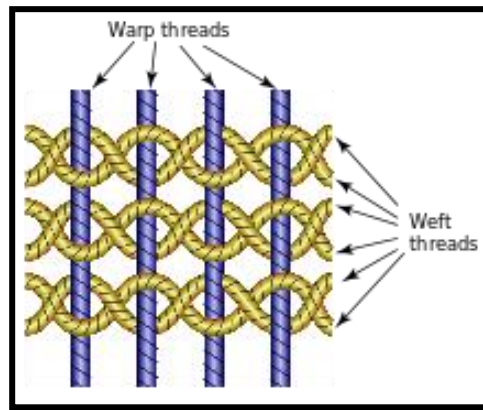
- Να διατηρείται στη θέση του, ανεξάρτητα από την κίνηση του σώματος
- Να τοποθετείται εύκολα σε οποιαδήποτε περιοχή του σώματος (χέρι ή πόδι, κλπ.)
- Να επιτρέπει την κατάλληλη κυκλοφορία του αέρα και να βοηθάει στην πρόληψη της οποιαδήποτε βακτηριακής ανάπτυξης
- Να είναι ευέλικτος για να μπορεί στηρίζει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

### 3.1.2 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]

### 3.1.3 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 μm). 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

### 3.1.4 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. Το επάνω μέρος έχει τη δεξιά πλευρά προς τα επάνω και το κάτω μέρος προς τα πάνω [35]

### 3.2 Εξωτερικές συσκευές υποβοήθησης

Οι εξωτερικές συσκευές υποβοήθησης, είναι μηχανικά όργανα τα οποία χρησιμοποιούνται στον καθαρισμό του αίματος όπως αφαίρεση, αιμοκάθαρση, αιμοδιήθηση, πλασμαφαίρεση, ή εξωσωματική οξυγόνωση μεμβράνης. Οι εξωτερικές (εξωσωματικές) συσκευές προσρόφησης, οι οποίες αποσκοπούν στην απομάκρυνση σημαντικών ποσοτήτων ενώσεων που συμμετέχουν στην παθογένεση ασθενειών στους ανθρώπους, παρέχουν αποτελεσματική θεραπευτική παρέμβαση. Πολλές από αυτές τις συσκευές διατίθενται στην αγορά και χρησιμοποιούνται με επιτυχία.

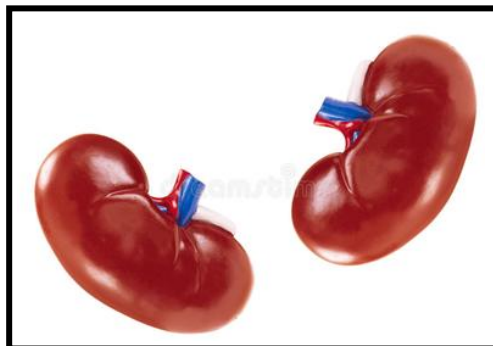
Χρησιμοποιούνται νέες τεχνολογίες όπως προσροφητές επικαλυμμένοι με αντισώματα καθώς και αποτοξίνωσης με μικροσφαίρες που στοχεύουν σε συγκεκριμένους θεραπευτικούς στόχους. Αυτές οι συσκευές πρέπει να πληρούν κάποιες συγκεκριμένες προδιαγραφές, όπως για παράδειγμα να είναι [27]:

- Αντιαλλεργιογόνες
- Αντικαρκινογόνες
- Να παρουσιάζουν ανθεκτικότητα σε μικροοργανισμούς
- Να έχουν αντιβακτηριακή δράση
- Να είναι μη τοξικές
- Να έχουν ικανότητα αποστείρωσης

Τα κλωστοϋφαντουργικά υλικά χρησιμοποιούνται σε διάφορα μηχανικά όργανα όπως σε τεχνητά νεφρά (αιμοκάθαρση), σε τεχνητό ήπαρ, σε τεχνητούς πνεύμονες (οξυγόνωση του αίματος) αλλά και για τον καθαρισμό του αίματος, τα οποία μηχανικά όργανα, καλούνται εξωτερικές συσκευές υποβοήθησης [13].

### 3.2.1 Τεχνητό νεφρό (αιμοκάθαρση)

Στη μηχανή αιμοκάθαρσης, το αίμα κυκλοφορεί μέσω μιας μεμβράνης που διατηρεί τα ανεπιθύμητα απόβλητα. Η μεμβράνη μπορεί να είναι ένα επίπεδο φύλλο ή μια δέσμη κοίλων ινών κυτταρίνης που έχουν αναγεννηθεί. Τα υφάσματα πολλαπλών στρώσεων που αποτελούνται από βελόνα διάτρητου υφάσματος με διαφορετική πυκνότητα χρησιμοποιούνται επίσης εδώ. Η αιμοκάθαρση είναι μια αποτελεσματική θεραπεία για τον ασθενή με νεφρική ανεπάρκεια [27].



Εικόνα 6: Απεικόνιση τεχνητού νεφρού [36]

### 3.2.2 Μηχανικοί πνεύμονες

Οι μηχανικοί πνεύμονες συνιστούν ένα μικρο-πορώδες υλικό που παρέχει υψηλή διαπερατότητα για ροή αερίου και χαμηλή διαπερατότητα για ροή υγρών, η οποία είναι παρόμοια με αυτή που συναντάται στους φυσικούς πνεύμονες όπου το οξυγόνο και το αίμα έρχονται σε επαφή μεταξύ τους. Στη συσκευή αυτή, το οξυγόνο ρέει γύρω από κοίλες ίνες σε εξαιρετικά χαμηλή πίεση, ενώ το αίμα ρέει μέσα στις ίνες [13].

Το οξυγόνο διαπερνά μέσω μικρο-πορώδους ινών και έρχεται σε επαφή με το αίμα. Με αυτόν τον τρόπο, οι τεχνητοί πνεύμονες δίνουν οξυγόνο στο αίμα. Οι κοίλες ίνες χρησιμοποιούνται επίσης σε

τεχνητά κύτταρα του ήπατος και του παγκρέατος, ενώ τοποθετούνται γύρω από τις ίνες και τις ροές αίματος [27].



Εικόνα 7: Απεικόνιση φορητού τεχνητού πνεύμονα [37]

## **4 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].

### **4.1 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
<b>Ράμματα</b>		
Βιοαποικοδομήσιμο	Κολλαγόνο, πολυλακτίδιο, πολυγλυκολίδιο	Μονόινα νήματα, πλεγμένα
Μη βιοαποικοδομήσιμο	Πολυαμίδιο, πολυεστέρας, PTFE, πολυπροπυλένιο, χάλυβας	Μονόινα νήματα, πλεγμένα
<b>Εμφυτεύματα μαλακών μορίων</b>		
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	
<b>Ορθοπεδικά εμφυτεύματα</b>		
Τεχνητές αρθρώσεις / κόκαλα	Σιλικόνη, πολυακετάλη, πολυαιθυλένιο	
<b>Καρδιαγγειακά εμφυτεύματα</b>		
Αγγειακά μοσχεύματα	PET, PTFE	Πλεκτά, υφασμένα
Βαλβίδες καρδιάς	PET	Πλεκτά, υφασμένα

#### 4.1.1 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 8: Τύποι ραμμάτων [43]

#### 4.1.2 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].

#### **4.1.3 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 υφιδίου. 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].

#### **4.1.4 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].

#### 4.1.5 Τρισδιάστατα στημονοπλεκτά ικρίωματα μηχανικής ιστών

Διάφορες τεχνικές κατασκευής ικρίωμάτων έχουν διερευνηθεί για τη δημιουργία τρισδιάστατων (3D) πορώδων σύνθετων πολυμερών ικρίωμάτων για μηχανική οστικού ιστού [47].

Ο θερμικά διεγερμένος διαχωρισμός φάσεων χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ικρίωμάτων αφρού με ψύξη πολυμερούς διαλύματος σε καλούπια και εξάχνωση του διαλύτη σε χαμηλές οι θερμοκρασίες που αφήνουν ένα διασυνδεδεμένο πορώδες δίκτυο πίσω [48].

Η χύτευση διαλυτών με έκπλυση σωματιδίων συνεπάγεται τη χρήση πορογόνων (σακχάρου αλατιού ή σωματιδίων παραφίνης) που ενσωματώνονται στο πολυμερές διάλυμα και στη συνέχεια χύνονται σε 3D καλούπια. Μόλις ρυθμιστεί το πολυμερές, ο διαλύτης εξατμίζεται και το πορώδες ξεπλένεται, αφήνοντας πίσω του ένα πορώδες δίκτυο. Ενώ το μέγεθος πόρων μπορεί να ελεγχθεί με έλεγχο του μεγέθους των σωματιδίων πορογόνου, το πορώδες που παγιδεύεται και κλείνει τους πόρους μπορεί να είναι προβληματικό [48].

Τα ικροσφαιρίδια πυροσυσσωμάτωσης παράγονται με τη συσσώρευση πολυμερικών μικροσφαιριδίων σε 3D καλούπια και θερμαίνονται με θερμοσυσσωμάτωση πάνω από τη θερμοκρασία μετάβασης σε γυαλί. Λόγω του σχήματος των μικροσφαιριδίων, το διασυνδεδεμένο δίκτυο πόρων δημιουργείται μεταξύ των μικροσφαιρών και το μέγεθος των πόρων μπορεί να ελεγχθεί με έλεγχο του μεγέθους της μικροσφαιράς. Αυτά τα ικρίωματα έχουν αναφερθεί ότι έχουν μηχανικές ιδιότητες στο εύρος του δοκιδωτού οστού, με ενσωμάτωση είτε των νανοσωματιδίων άμορφου φωσφορικού ασβεστίου είτε του υδροξυαπατίτη (HA) [49].

Διάφορα φυσικά και συνθετικά υλικά έχουν επιτυχώς ηλεκτροενσωματωθεί σε ικρίωματα που περιλαμβάνουν: πολυ (ε-καπρολακτόνη) (PCL), πολυ (L-λακτίδιο) (PLLA), πολυ (D, L- λακτίδιο), πολυ (λακτίδιο-συν-γλυκολίδιο) (PLGA), κολλαγόνο τύπου I, ζελατίνη τύπου Β. Διάφορα μίγματα συνθετικών πολυμερών είτε με φυσική πολυμερή ζελατίνη ή κολλαγόνο είτε με ανόργανο

υδροξυαπατίτη (HA), ή και τα δύο, έχουν διερευνηθεί για να αυξήσουν την κυτταρική προσκόλληση, τον πολλαπλασιασμό και τη διαφοροποίηση των κυττάρων [50,51].

## 5 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 επιφάνεια 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].

### 5.1 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 Moraes 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	Chaetomiunglulosum
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, οξειδίο 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

## 5.2 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.

### 5.3 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 νανοςύνθετες 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].

## 6 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].

### 6.1 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 ικριωμάτων 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

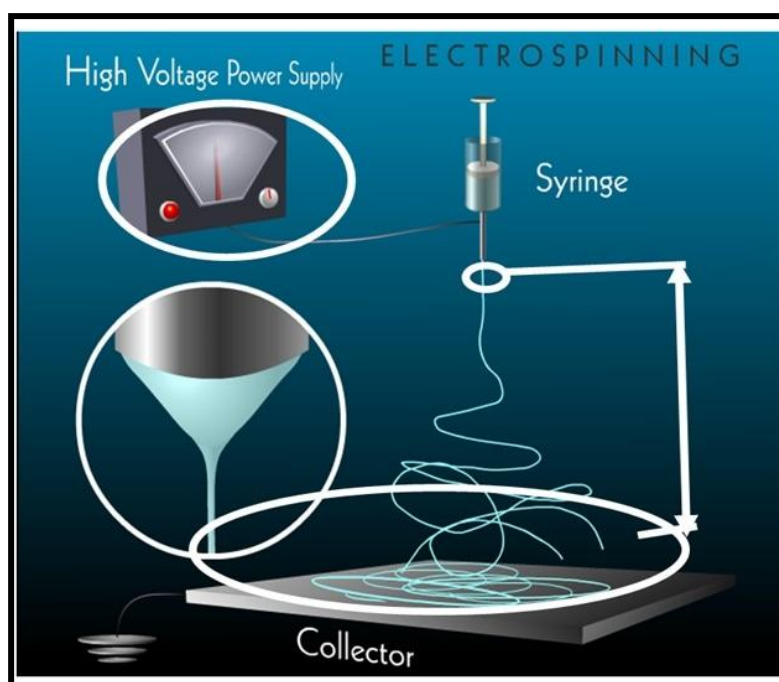
Το εξωτερικό περιβάλλον της διαδικασίας, το οποίο μπορεί να κυμαίνεται από ατμόσφαιρα αέρα έως κλειστούς θαλάμους που λειτουργούν με ελεγχόμενα αέρια ή σε σταθεροποιημένη θερμοκρασία, συνθήκες κενού κ.λπ. Κατά τη διαδικασία χρησιμοποιείται μια αυτόματη αντλία σύριγγας για την άντληση του υγρού. Παρέχεται 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 ινωδών ηλεκτροσύνδετων μεμβρανών είναι καλύτερη από τις παραδοσιακές μεμβράνες μικροπορώδους πολυολεφίνης [61].

Οι νανοΐνες 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 mm).
- Μικρή απόσταση μεταξύ των ινών.



Εικόνα 9: Ηλέκτροσυσσωμάτωση [60]

## 6.2 Δομές PEA

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, (PEA) 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].

## 7 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 10: Παραδείγματα εφαρμογών οπτικών ινών σε έξυπνα υφάσματα για περιβαλλοντική μηχανική [63]

### 7.1 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 πρόιμη 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 ενσωματωθεί στους επίδεσμούς 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 προώθηση 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].

## 7.2 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 κατανεμημένων 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].

### **7.3 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].

### **7.4 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 αγωγίμων 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].

## 8 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.

## 9 Αναφορές/Links

- [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://gpkt.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. 1<sup>st</sup> 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. Kadolph (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, 24
- [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](https://en.wikipedia.org/wiki/Surgical_mask), προσπελάστηκε στις 29/3/2018
- [36] [Dreams Time](https://gr.dreamstime.com/), URL: <https://gr.dreamstime.com/>, προσπελάστηκε στις 11/4/2018
- [37] Onmed, URL: <https://www.onmed.gr/yeia-eidhseis/story/353777/foritos-texnitos-pneymonas-poy-metaferetai-se-sakidio-platis>, προσπελάστηκε στις 28/3/2018
- [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.uphs.upenn.edu/surgery/Education/facilities/measey/Wound\\_Closure\\_Manual.pdf](http://www.uphs.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] Mečnik, 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] Petrulyte, 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.

